



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS DEL SUELO Y SUS ASOCIACIONES  
CON LA DIVERSIDAD ARBÓREA EN AGROSISTEMAS AGRÍCOLAS  
TROPICALES DEL NOROESTE DEL ECUADOR**

**AUTOR: YAZÁN AYALA, JESSICA KAROLINA**

**DIRECTOR: Dr. POZO-RIVERA, WILMER EDISON, Ph. D.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “*DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS DEL SUELO Y SUS ASOCIACIONES CON LA DIVERSIDAD ARBÓREA EN AGROSISTEMAS AGRÍCOLAS TROPICALES DEL NOROESTE DEL ECUADOR*” fue realizado por la señorita *Jessica Karolina Yazán Ayala*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 de diciembre de 2018

Firma:

**Wilmer Edison Pozo Rivera**

C.C: 1802191351



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Yazán Ayala, Jessica Karolina*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: “*Diversidad de escarabajos del suelo y sus asociaciones con la diversidad arbórea en agrosistemas agrícolas tropicales del noroeste del Ecuador*” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 06 de diciembre de 2018**

Firma:

**Jessica Karolina Yazán Ayala**

CC: 1723152623



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

*Yo, Yazán Ayala, Jessica Karolina, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Diversidad de escarabajos del suelo y sus asociaciones con la diversidad arbórea en agrosistemas agrícolas tropicales del noroeste del Ecuador" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

**Sangolquí, 06 de diciembre de 2018**

Firma:

**Jessica Karolina Yazán Ayala**

CC: 1723152623

## DEDICATORIA

A:

*Mi mami Sandra Lucia Ayala y mi papi Luis Bastidas, por el amor, el tiempo, la dedicación y por enseñarme los valores y principios que se requiere para ser una mejor persona.*

*Mis abuelitos Esperanza Delgado y Marcial Ayala, por el apoyo y la guía que me han brindado en estos años de preparación universitaria.*

*Mi abuelita Carmen, por las oraciones y por estar siempre pendiente de mí.*

*Mis hermanos Santiago Yazán y Salomé Bastidas por ser mis primeros amigos y por alegrarme con sus locuras.*

*Dr. Wilmer Pozo-Rivera, por ser mi ayuda, mi consejero y mi amigo en esta etapa tan importante como lo son los estudios universitarios.*

*Fernando Salazar, por ser el apoyo, la motivación y la fuerza en los últimos semestres de mi carrera.*

## AGRADECIMIENTO

A:

Dios por las bendiciones, la fortaleza, la fuerza y la paciencia para culminar esta etapa de mi vida.

La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por brindarme los conocimientos técnicos, prácticos y científicos por medio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA I, y permitirme conocer a grandes profesionales y compañeros en mi vida estudiantil.

Mis padres por darme la vida y por ser mi ejemplo de lo que es correcto y lo que no.

Familia por brindarme su ayuda y paciencia en este largo camino.

Wilmer Pozo Rivera, mi director de tesis, por la guía, los conocimientos, su amistad, dedicación y su ayuda tanto en la etapa estudiantil como en la elaboración de mi investigación.

A los Ings, Marcelo Arce, Juan Tigrero y Jaime Villacís, docentes de la ESPE, por aportar con observaciones y correcciones en la elaboración de la tesis, y por ser muy buenos amigos.

Mis amigos (Salomé, Bryan, Antonio, Katalina, Dayana, Víctor, Jessica, Mauricio): por las bromas, los consejos, los trabajos, el apoyo, módulos y momentos que compartimos juntos.

Al Ministerio del Ambiente del Ecuador por otorgar la autorización de investigación No. N00-2015-IC-FAU-DPAP-MA y el permiso de movilidad No. 015-FAU-2015-DPAP-MA.

M.Sc. Vladimir Carvajal, Curador de la sección de invertebrados del Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional, por brindarme su ayuda en la identificación de especies de los escarabajos capturados.

M. Sc. Álvaro Barragán, Curador de la Sección de Invertebrados del QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por las facilidades brindadas en el depósito de los especímenes.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....ii

AUTORIZACIÓN.....iii

DEDICATORIA.....iv

AGRADECIMIENTO ..... v

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... vi

ÍNDICE DE TABLAS ..... viii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... ix

LISTADO DE ABREVIATURAS.....xiii

RESUMEN.....xiv

ABSTRACT..... xv

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos ..... 3

1.1.1 General ..... 3

1.1.2 Específicos ..... 3

1.2 Hipótesis..... 3

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Coleópteros.....4

2.1.1 Características generales.....4

2.1.2 Alimentación .....4

2.1.3 Características para separar en familias .....5

2.1.4 Diversidad de escarabajo en agrosistemas .....5

2.1.5 Ensamble y ensamblaje.....6

2.2 Coberturas arbóreas ..... 7

2.2.1 Cercas vivas..... 7

2.2.2 Árboles dispersos en pasturas ..... 7

2.2.3 Plantaciones de árboles perennes ..... 8

2.2.4 Plantaciones mixtas ..... 8

2.3 Diversidad de escarabajos en paisajes agrícolas ..... 8

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

	vii
3.1	Área de estudio ..... 9
3.2	Selección de formas de cobertura ..... 10
3.3	Muestreo de escarabajos ..... 11
3.4	Caracterización de la diversidad arbórea ..... 14
3.5	Medición de la biodiversidad..... 14
3.5.1	Abundancia..... 14
3.5.2	Diversidad alfa..... 15
3.5.3	Diversidad beta..... 16
3.5.3.1	Curvas rango-abundancia ..... 17
3.6	Análisis estadístico ..... 17

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1	Composición de especies de escarabajos del suelo en cuatro formas de cobertura arbórea ..... 19
4.1.1	Abundancia, riqueza y estructura de escarabajos ..... 19
4.1.2	Diversidad beta ..... 22
4.2	Diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas ..... 24
4.3	Asociaciones entre la diversidad de escarabajos y arbórea entre coberturas arbóreas ..... 33

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

5.1	Composición de especies de escarabajos presentes en el suelo de cuatro formas de cobertura arbórea ..... 37
5.2	Diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas ..... 39
5.3	Asociaciones entre la diversidad de escarabajos del suelo y la diversidad de las formas de cobertura arbórea ..... 41

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones ..... 43
6.2	Recomendaciones ..... 43
6.3	Bibliografía..... 44



**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Abundancia específica y abundancia proporcional de especies (Pi) de escarabajos capturados en cuatro tipos de cobertura arbórea presentes en fincas de Santo Domingo y Puerto Quito, Ecuador</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Índices de biodiversidad de escarabajos colectados en los tipos de coberturas arbóreas investigados</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Pruebas de hipótesis marginales de los índices de biodiversidad de escarabajos evaluando los efectos individuales de coberturas, cebos y su interacción</i> .....	25
<b>Tabla 4</b> <i>Promedio <math>\pm</math> error estándar de tasa de captura de escarabajos bajo la interacción de 4 coberturas arbóreas por 3 tipos de cebo</i> .....	26
<b>Tabla 5</b> <i>Pruebas de asociación de matrices de distancias euclidianas de Mantel aplicados a los índices de biodiversidad arbórea y coleopterológica presentes en Santo Domingo de los Tsáchilas y Puerto Quito. El grado de asociación está expresado por el estadístico <math>r</math> de Pearson, el valor de <math>p</math> se presenta entre paréntesis.</i> .....	33
<b>Tabla 6</b> <i>Distribución y nuevos registros para especies de escarabajos capturados</i> .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Localización de los sitios evaluados (S1 y S2).....	9
<b>Figura 2</b>	Coberturas arbóreas seleccionadas para el estudio. A) Cercas monoespecíficas, B) plantaciones de cacao C) cercas poliespecíficas, D) plantaciones mixtas de palma-banano...11	11
<b>Figura 3</b>	Distribución de trampas en las estaciones de muestreo. A) Distribución lineal (transecto), B) distribución circular (parcela). Tipos de cebo: D= excremento de vaca, F= papaya S= carroña de pez. ....	12
<b>Figura 4</b>	Instalación de las trampas <i>pitfall</i> en A) plantación de palma, B) plantación de cacao.....	13
<b>Figura 5</b>	Clasificación y montaje de escarabajos en los laboratorios de Entomología y de Zoología del IASA. ....	13
<b>Figura 6</b>	Curvas de rango-abundancia de especies de escarabajos en cuatro tipos de coberturas arbóreas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Puerto-Quito, Ecuador. Las abreviaturas de los llamados de puntos representan las especies registradas en el estudio, su significado se presenta en la lista de abreviaturas. MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. ....	20
<b>Figura 7</b>	Evaluación de la riqueza observada con la esperada, según el índice de Chao 2. La riqueza representa el 96 % cercas monoespecíficas (A), 100 % cercas poliespecíficas (B), 93 % plantaciones de cacao (C) y 94 % en plantaciones mixtas de palma-banano (D). En el anexo 3 se presentan los valores de riqueza estimados $\pm$ desviaciones estándar. ....	21
<b>Figura 8</b>	Curvas de rango abundancia de especies de escarabajos en tres tipos de cebo. <i>Scavenger</i> = Carroña, <i>Dung</i> = estiércol, <i>Fruit</i> = fruta. Las abreviaturas que se ven en los llamados de puntos representan las especies registradas en el estudio y su significado se presenta en la lista de abreviaturas.....	22
<b>Figura 9</b>	Dendograma de Bray-Curtis basado en el porcentaje de similitud de especies de escarabajos entre coberturas arbóreas. C= Plantaciones de cacao, PLF= cercas poliespecíficas, MLF= cercas monoespecíficas, PB= plantaciones de palma-banano. ....	23
<b>Figura 10</b>	Variación de los índices que expresan abundancia, riqueza y estructura entre formas de cobertura arbórea. <i>Rate of capture</i> = tasa de captura que representa el número de individuos capturados por m <sup>2</sup> . S= Riqueza, 1-D= diversidad de Simpson, H'= diversidad de Shannon, J'= equitatividad de Pielou, MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas	

- poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Los datos representan los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas. ....24
- Figura 11** Comparación de la tasa de captura de escarabajos (Rate of capture= número escarabajos/m<sup>2</sup>) para la interacción forma de cobertura\*cebo. Los datos indican la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) obtenidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 iteraciones. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. ....26
- Figura 12** Diagrama de punto que representa la riqueza específica (S) obtenida por forma de cobertura arbórea (A) y tipo de cebo (B). Gráfico representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Acorde con la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. ....27
- Figura 13** Comparación de riqueza de escarabajos para la interacción forma de cobertura arbórea\*cebo. Los datos se visualizan con los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas. A) Cercas monoespecíficas, B) plantaciones de cacao. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. ....27
- Figura 14** Comparación de riqueza de escarabajos para la interacción forma de cobertura arbórea\*cebo. Los datos se visualizan con los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas. A) Cercas poliespecíficas, B) plantaciones mixtas de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. ....28
- Figura 15** Diagrama de punto que indica la diversidad de escarabajos con el índice de 1- Simpson (1-D) obtenida por tipo de cebo. Gráfico representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Aplicando la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Cebos: F= fruta, D= estiércol, S= carroña. ....28
- Figura 16** Comparación de índice de diversidad de Simpson de escarabajos por forma de cobertura\*cebo. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos muestran la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) conseguidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. ....29

- Figura 17** Gráfico de punto que representa la diversidad de escarabajos aplicando el índice de Shannon ( $H'$ ) realizada por forma de cobertura arbórea (A) y tipo de cebo (B). Análisis se basado en modelos mixtos, según la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El cuadro representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. ....30
- Figura 18** Comparación de índice de diversidad de Shannon de escarabajos ( $H'$ ) por forma de cobertura arbórea\*cebo. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos representan intervalos de confianza al 95% aplicando el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. ....31
- Figura 19** Comparación de índice de equidad de Pielou de escarabajos ( $J'$ ) de la interacción cobertura\*cebo. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos representan intervalos de confianza al 95% aplicando el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. Los datos representan la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) obtenidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. ....32
- Figura 20** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la densidad arbórea con las matrices de distancias euclidianas de riqueza (A) y equitatividad de Pielou de escarabajos (B). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos. ....33
- Figura 21** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la riqueza arbórea con las matrices de distancias euclidianas de riqueza (A) y equitatividad de escarabajos (B). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos. ....34
- Figura 22** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la diversidad arbórea de Simpson ( $I - D$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la riqueza (A) y equitatividad de escarabajos (B). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos. ....34
- Figura 23** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la heterogeneidad de coberturas arbóreas ( $H'$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la riqueza (A) y la equitatividad de escarabajos con el índice de Pielou (B), MLF= Cercas monoespecíficas,

PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos. ....35

**Figura 24** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la equitatividad arbórea de Pielou ( $J'$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la tasa de captura (A), tasa de captura (B) 1- Simpson (C) diversidad de Shannon, MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos. ....36

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>ABREVIATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>Ae</b>	<i>Ateuchus ecuadoriensis</i>
<b>Ap</b>	<i>Ateuchus parvus</i>
<b>Bs</b>	<i>Blapstinus</i> sp.
<b>C</b>	Plantación de cacao
<b>Cd</b>	<i>Canthon delicatulus</i>
<b>Ci</b>	<i>Copris insertus</i> Say
<b>Cs</b>	<i>Cyclocephala</i> sp.
<b>DAP</b>	Diámetro a la altura del pecho
<b>Ds</b>	<i>Diplostethus</i> sp.
<b>Ev</b>	<i>Eurysternus vastiorum</i> Martínez
<b>H'</b>	Diversidad de Shannon
<b>J'</b>	Equitatividad de Pielou
<b>Mh</b>	<i>Metamasius hemipterus</i>
<b>MLF</b>	Cercas monoespecíficas
<b>N</b>	Abundancia
<b>Oac</b>	<i>Onthophagus acuminatus</i> ,
<b>Oba</b>	<i>Onthophagus batesi</i>
<b>Oc</b>	<i>Onthophagus confusus</i>
<b>Ocu</b>	<i>Onthophagus curvicornis</i>
<b>Odi</b>	<i>Onthophagus dicranius</i>
<b>Odo</b>	<i>Onthophagus dicranoides</i>
<b>OI</b>	<i>Onthophagus lojanus</i>
<b>On</b>	<i>Onthophagus nabeleky</i>
<b>PB</b>	Plantación de palma- banano
<b>Pi</b>	Abundancia proporcional de especies
<b>PLF</b>	Cercas Poliespecíficas
<b>S</b>	Riqueza
<b>Ssp</b>	<i>Sitophilus</i> sp.
<b>1-D</b>	1 - Simpson

## RESUMEN

Los estudios de la diversidad coleopterológica en el Ecuador, se priorizan en áreas naturales. A pesar de que los escarabajos son bioindicadores, su estudio en los agrosistemas se refiere sobre temáticas del control biológico. Esta investigación evaluó la diversidad de escarabajos del suelo como bioindicadores ecológicos en diferentes tipos de cobertura arbórea y, sus asociaciones con la diversidad arbórea de cercas monoespecíficas, cercas poliespecíficas, plantaciones de cacao, y plantaciones mixtas de Palma-Banano en agrosistemas de Santo Domingo y Puerto Quito. Se estableció una estación por cobertura arbórea con seis necrotrampas cebadas con estiércol de vaca, carroña de pez y papaya. Todos los árboles con DAP > 5 cm, fueron contados e identificados. Se extrajo índices de abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad para escarabajos y árboles presentes en las coberturas. Se realizaron pruebas de Mantel con matrices de distancias euclidianas, análisis de ANAVA con modelos mixtos, prueba de Montecarlo con 10 000 iteraciones y dendrogramas basados en el índice de Bray-Curtis. Se capturaron 1 913 escarabajos pertenecientes a 18 especies, las más altas abundancias se presentaron en plantaciones de cacao y cercas poliespecíficas, mismas que también obtuvieron los mayores índices de diversidad; las coberturas que favorecen la conservación de la diversidad de escarabajos son las plantaciones de cacao y las cercas poliespecíficas; la prueba de Mantel demostró que a menor densidad, riqueza y diversidad arbórea, mayor es la riqueza y equitatividad de escarabajos y, a mayor equitatividad arbórea, la tasa de captura y la diversidad de coleópteros es menor.

### Palabras clave:

- **ÍNDICES ECOLÓGICOS**
- **COLEOPTERA**
- **COBERTURAS ARBÓREAS**
- **PAISAJES AGRÍCOLAS**
- **NOROCCIDENTE ECUATORIANO**

## ABSTRACT

Researches about coleopterological diversity in Ecuador are prioritized in natural areas. Although beetles are bioindicators, their study in agrosystems refers to the topics of biological control. This research evaluated the beetle's diversity on soil as ecological bioindicators in different forms of tree cover, and their associations within diversity arboreal of monospecific live fences, polyspecific live fences, cocoa plantations, and palm-banana mixed crop of Santo Domingo and Puerto Quito's agrosystems. It was established a sample points for each tree cover with six pitfall traps with dung, scavenger and fruit. All trees with DBH > 5 cm were counted and identified. We extracted indices of abundance, richness, diversity and equity for the trees present in all forms of tree cover. Mantel tests were carried out with the matrices of Euclidean distance, ANOVA analysis using mixed models, Montecarlo's test with 10 000 iterations, and cluster analysis based on the Bray-Curtis index. We captured 1 913 beetles of 18 species, were cocoa plantation and polyspecific fences obtained highest abundance and diversity indexes; tree cover that improve the beetles' diversity indexes were cocoa plantations and polyspecific live fences. Mantel test showed that the lower density, richness and arboreal diversity, let increase richness and equitativity of beetles and, in tree cover with greater equitativity of arboreal component, capture rate and diversity of Coleoptera turn lower.

### KEY WORDS

- **ECOLOGICAL INDICES**
- **COLEOPTERA**
- **TREE COVER**
- **AGRICULTURAL LANDSCAPES**
- **ECUADORIAN NORTHWEST**



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La biodiversidad se refiere a la variedad de organismos vivos, comunidades y procesos bióticos presente en una determinada zona geográfica (Swingland, 2001); de una forma amplia la diversidad ecológica, sostiene que los procesos bióticos y abióticos naturales y antropogénicos, mantienen el funcionamiento de los ecosistemas (Krebs, 1985). Este elemento es gran importancia en los agrosistemas manejados con técnicas de agricultura sostenible (Swingland, 2001; Altieri, Funes - Monzote, & Petersen, 2011)

La biota de los agrosistemas incluye a organismos benéficos, entre los que están los insectos, mismos que mantienen su equilibrio (Altieri & Nicholls, 1994). Los insectos mayormente son considerados plagas de cultivos y rara vez se valoran los servicios ecosistémicos que pueden brindar a los cultivos. Por ejemplo, muchos grupos son polinizadores, dispersores de semillas o actúan como controladores biológicos ya que, particularmente, algunos escarabajos se alimentan de ciertas plagas como son los pulgones (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011). Las familias de Coleoptera más representativas de Sudamérica son: Curculionidae, Carabidae y Tenebrionidae (Muñoz-Escobar & Jerez, 2017).

Algunos taxa de coleópteros, han sido utilizados como indicadores de salud ambiental y biodiversidad, debido a que presentan una taxonomía ampliamente estudiada y roles ecológicos bien identificados, son relativamente fáciles de muestrear y se distribuyen en amplios rangos geográficos (Toro, Chiappa, & Tobar, 2003). Además se conoce que existe una relación paisaje - escarabajos emparejada con la heterogeneidad de los hábitats vecinos, encontrándose inclusive relaciones entre árboles y escarabajos (Vilchez, 2009).

En el Ecuador existen escasos estudios de diversidad entomológica, los pocos que existen se han llevado a cabo en áreas naturales, excluyéndose ecosistemas de importancia para estos animales como son los agrosistemas.

Es importante indicar que la diversidad también se puede conservar en sitios cultivados (Pozo-Rivera & Eras-M, 2012; Pozo-Rivera, Recalde-Samaniego, Cárdenas-T, Morejón-García, & Berovides-Álvarez, 2015; Pozo-Rivera, 2017), donde los factores climáticos pueden asociarse con las poblaciones animales subsistentes en estos tipos de ecosistemas (Dangles, Barragán, Cárdenas, Onore, & Keil, 2009).

Tomando en cuenta lo anteriormente anotado, es necesario estudiar las características de la diversidad de escarabajos en diferentes formas de cobertura arbórea presentes en paisajes agrícolas tropicales. Esto permitirá conocer su composición, abundancia relativa, riqueza y estructura (diversidad y equitatividad) de estos bioindicadores, y además facilitará detectar sus relaciones con la diversidad arbórea presente en plantaciones de palma-banano (PB), cacao (C), cercas monoespecíficas (MLF) y cercas polidiversas (PLF).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 General**

Evaluar la diversidad de escarabajos del suelo presentes en diferentes tipos de cobertura arbórea y sus asociaciones con la diversidad arbórea de los agrosistemas agrícolas tropicales del Noroeste de Ecuador.

### **1.1.2 Específicos**

- Determinar la composición de especies de escarabajos del suelo presentes en cuatro tipos de cobertura arbórea en agrosistemas del noroccidente del Ecuador.
- Valorar el tipo de cobertura arbórea que favorece el incremento de índices de diversidad de escarabajos del suelo en agrosistemas del trópico húmedo noroccidental ecuatoriano.
- Detectar las asociaciones entre la diversidad de escarabajos del suelo y la diversidad de las formas de cobertura arbórea.

## **1.2 Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La diversidad de coleópteros del suelo de sistemas de producción agrícola, no difieren entre tipos de cobertura arbórea.

**H<sub>1</sub>:** La diversidad de coleópteros del suelo de sistemas de producción agrícola, difieren entre tipos de cobertura arbórea.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Coleópteros**

##### **2.1.1 Características generales**

Los escarabajos son el grupo más numeroso de invertebrados, en el se encuentran más de 375 000 especies (Gil-Recio, 2016), clasificados en aproximadamente 169 familias, presentes en diferentes hábitats (da Silva & da Silva, 2011).

Este grupo animal muestra una gran variedad de formas y colores incluyendo a los metalizados (da Silva & da Silva, 2011; Gil-Recio, 2016). Presentan alas anteriores endurecidas conocidas como élitros, y alas posteriores membranosas usadas para volar (da Silva & da Silva, 2011), sus tácticas de defensa son: el mimetismo, el camuflaje, y peleas en las que usan sus mandíbulas y liberan veneno o sustancias tóxicas (Gil-Recio, 2016).

Especies de las familias Coccinellidae y Curculionidae son de gran beneficio para el humano, ya que pueden ayudar en el control de plagas y plantas invasoras. Otras especies pueden influir en pérdidas de cosechas de madera y productos almacenados, como es el caso de los barrenadores y gorgojos (Alonso-Zarazaga, 2015) e inclusive los escarabajos son bioindicadores del grado de perturbación de los ecosistemas (Granados, Kohlmann, & Russo, 2010).

##### **2.1.2 Alimentación**

Al habitar en diferentes ecosistemas, la alimentación puede cambiar con el lugar en el que viven; consumen principalmente vegetales y animales, incluyendo en su dieta la materia en descomposición, excrementos de animales y larvas de otros escarabajos (Gil-Recio, 2016).

### **2.1.3 Características para separar en familias**

Según Alonso-Zarazaga (2015), para separar escarabajos adultos en familias se debe considerar los siguientes caracteres:

- Número y estructura de los tarsómeros en cada par de patas.
- Número y estructura de las uñas tarsales.
- Número y estructura de los espolones tibiales.
- Presencia, tamaño y estructura de los élitros.
- Venación de las alas metatorácicas.
- Estructura, posición e interrelación entre los tres pares de coxas.
- Presencia, posición e interrelación de diversos escleritos y suturas en la cara ventral del cuerpo.
- Estructura cefálica.
- Estructura de las piezas bucales.
- Número y disposición de los ventritos abdominales.
- Terminalia y genitalia.

### **2.1.4 Diversidad de escarabajo en agrosistemas**

La región Neotropical es la más rica y abundante en cuanto a la diversidad de escarabajos (Medina, Lopera-Toro, Vítolo, & Gill, 2001; Ibarra-Polesel, Damborsky, & Porcel, 2015). Dada esta gran diversidad de especies, los estudios se focalizan a familias o subfamilias específicas (Uribe, & Vallejo. E, 2013; Jiménez-Sánchez, Quezada-García, & Padilla-Ramírez, 2013).

Araujo y otros (2005) colectaron 1 054 morfoespecies arbóreas en el Chocó-ecuatoriano y estimaron que esta cifra podría ascender a 140 000 diferentes morfoespecies. En la Amazonía ecuatoriana se ha encontrado que el bosque Muy Húmedo Premontano alberga mayor riqueza de escarabajos estercoleros que el bosque Húmedo Montano Bajo (Celi, Terneus, Torres, & Ortega, 2004). Recientemente Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Melo (2018) sostienen que la diversidad coleopterológica del Ecuador está representada por a 33 géneros con 220 especies.

No se conoce a profundidad sobre las características de la diversidad de escarabajos en agrosistemas. Sin embargo estudios previos muestran que en los bosques intervenidos por actividades agrícolas se han registrado menor riqueza de Scarabaeidae que en bosques no intervenidos (Luzuriaga-Quichimbo, 2013). Por otro lado, la intensificación del uso de tierra influye en la diversidad y abundancia de insectos como abejas, hormigas, escarabajos entre otros (Tschardtke, y otros, 2008). Las características de los remanentes boscosos así como el manejo agroecológico de las fincas influyen positivamente en la riqueza, abundancia y biomasa de los ensamblajes de escarabajos (Hutton & Giller, 2003; da Silva & Hernández M, 2016).

### 2.1.5 Ensamble y ensamblaje

Los términos ensamblaje y ensamble provienen del término *enssembler*, palabra francesa antigua que quiere decir unión o conjunto (Monge-Nájera, 2015). Fauth y otros (1996) definen el término **ensamblaje** como un conjunto de especies de una determinado taxón que no necesariamente utilizan los mismos recursos, y a la palabra **ensamble** como un grupo de especies filogenéticamente emparentadas que utilizan los mismos recursos naturales.

Para fines de esta investigación, el conjunto de las especies registradas en el estudio es el ensamblaje, mientras que las especies que utilizan los mismos recursos ofertados por las mismas coberturas arbóreas, son los ensambles.

## **2.2 Coberturas arbóreas**

Existen varias definiciones de cobertura arbórea, la más simple sostiene que es un espacio del agroecosistemas que incluyen a especies arbóreas (Harvey, y otros, 2005; Harvey, y otros, 2006; Harvey, y otros, 2011; Chacón & Harvey, 2006; FRA, 2015). Los árboles de las coberturas no tienen fines de producción de la madera. Además, ha sido también tratada, como una unidad de área de tierra cubierta por un conjunto de coronas arbóreas (Morales-Hidalgo, 2006).

Entre los tipos más comunes de coberturas arbórea en el paisaje agrícola del Noroccidente ecuatoriano están: las cercas vivas, árboles dispersos en pasturas, plantaciones de árboles perennes con fines productivos (plantaciones de cacao, café, palma, caucho, entre otros) y cultivos mixtos (Pozo-Rivera, 2017).

### **2.2.1 Cercas vivas**

Es una práctica agrosilvicultural, que consiste en líneas de árboles leñosos plantados que se complementan con el uso de alambres de púas, y que se utilizan para delimitar un terreno, producción de leña, alimentos y promoción de la biodiversidad (Jiménez & Muschler, 2001).

### **2.2.2 Árboles dispersos en pasturas**

Este tipo de cobertura corresponde a la combinación de árboles y arbustos con pasturas (Pezo & Ibrahim, 1999). También son conocidos como árboles aislados o dispersos en potreros o pastizales. Pueden aparecer por rebrote de árboles talados, germinación natural de semillas sobrantes en los pastizales o por plantación de especies de interés para el producto, sea para generar sombra, madera o frutos.

### **2.2.3 Plantaciones de árboles perennes**

Es el manejo de especies arbóreas o arbustivas cuyo rubro de explotación no es la madera, por ejemplo plantaciones de café (*Coffea arabica*), té (*Camellia sinensis*), cacao (*Theobroma cacao*) y frutales como naranjas, mandarinas (*Citrus* spp.) o guabas (*Inga* spp.) (Jiménez & Muschler, 2001).

### **2.2.4 Plantaciones mixtas**

Producción de dos especies vegetales, de las cuales, por lo menos una de ellas es un árbol. Por ejemplo, el manejo de café o cacao bajo sombra, Para Jiménez y Muscheler (2001), este tipo de cobertura es un sistema agrosilvicultural llamado árboles con cultivos perennes.

## **2.3 Diversidad de escarabajos en paisajes agrícolas**

Vilchez (2009) demostró que, si se desea aumentar la presencia de escarabajos, se debería incrementar la cobertura arbórea de las cercas vivas y potreros, ya que estos responden mejor a variables como altura y diámetro de árboles. Algunas otras técnicas agropecuarias pueden ayudar a conservar especies animales y vegetales en paisajes agrícolas (Pozo-Rivera, Cárdenas-T, Oreal-I, & Morejón-G, 2014).

Vilches (2009), encontró que la biodiversidad puede relacionarse con la configuración espacial del paisaje. Por lo que no solo se debe examinar las variables como el hábitat y diversidad de organismos, sino también, incluir las relaciones entre factores bióticos y abióticos de los ecosistemas (Krebs, 1985).

En las matrices de uso ganadero y agrícola, los fragmentos de bosques presenta mayor riqueza de organismos, en comparación con las otras terngelas del paisaje agrícola (plantaciones, cultivos, etc); sin embargo, algunas coberturas como cercas y bosques riparios pueden mantener refugios para ciertos elementos de la vida sivistre , animal y vegetal (Pozo-Rivera & Eras-M, 2012).

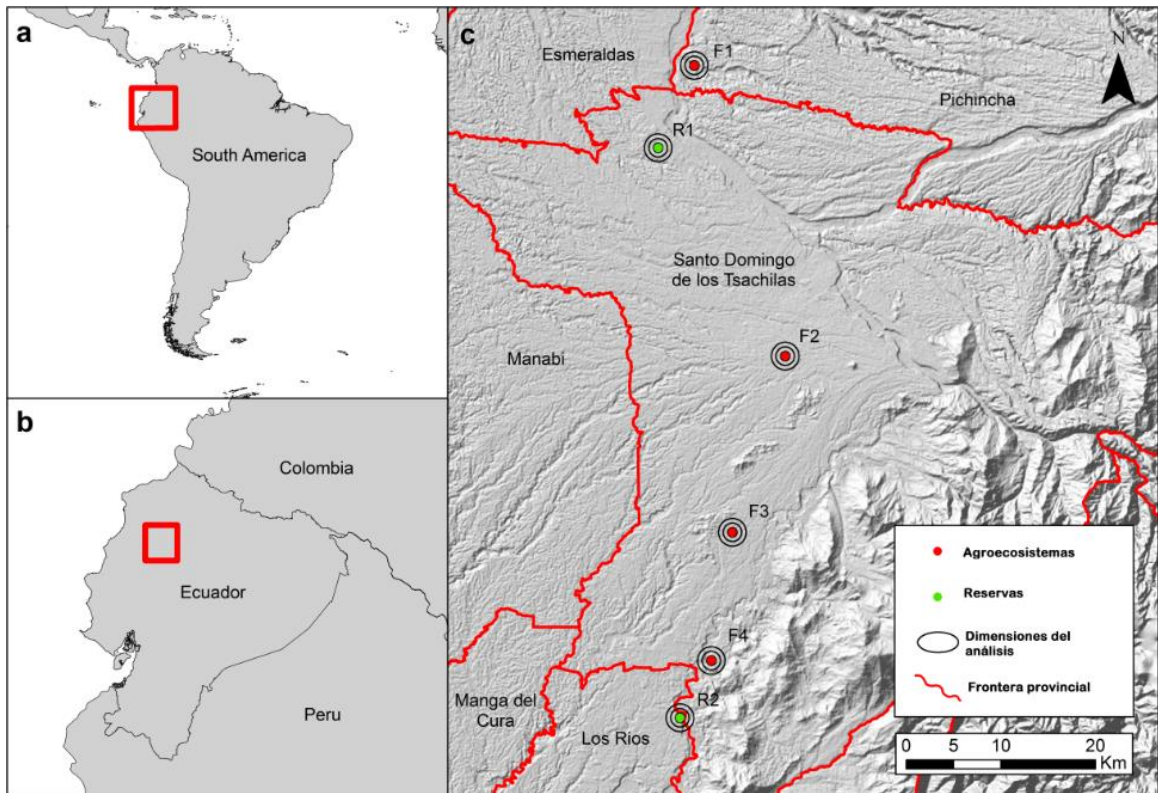


## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

La investigación se realizó en dos sitios (S1 y S2), localizados en el Noroccidente del Ecuador. S1 se ubica en el cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha ( $0^{\circ}3'59''$  N;  $79^{\circ}15'0,4$  O'', 410 m snm), limitado al norte por las provincias de Esmeraldas e Imbabura, al sur por la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al este por el Cantón Pedro Vicente Maldonado (provincia de Pichincha) y al oeste por la provincia de Esmeraldas (Figura 1) (GAD Puerto Quito, 2017).



**Figura 1** Localización de los sitios evaluados (S1 y S2)  
Fuente: Pozo-Rivera, 2017

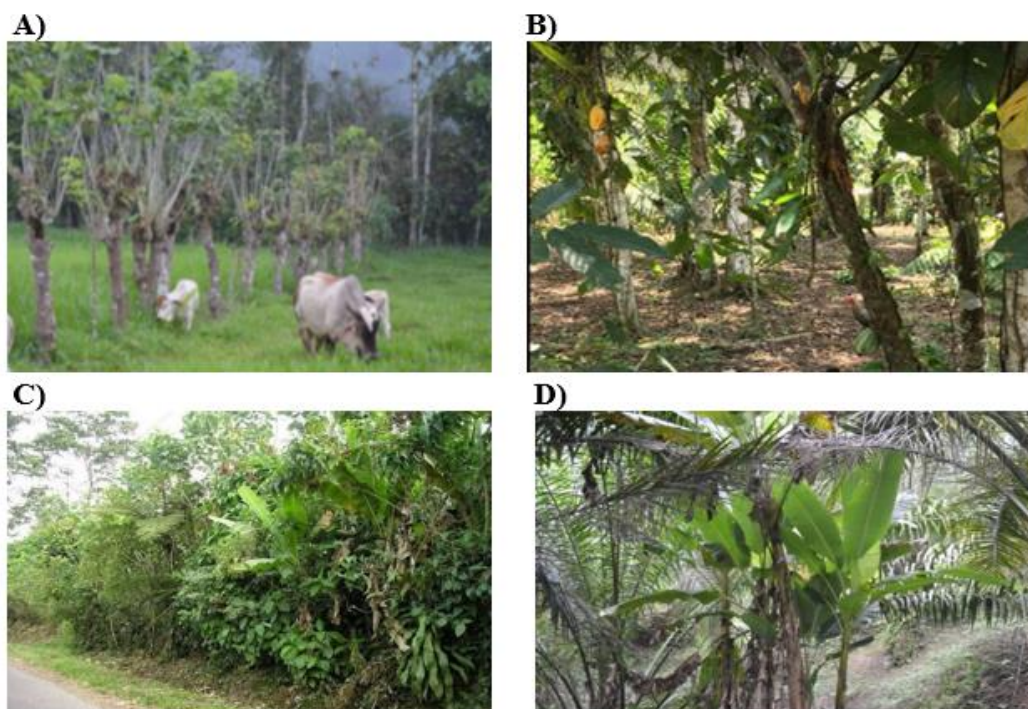
S2 se localiza en el km 11 de la vía Santo Domingo-Chone en el cantón Santo Domingo (0°15'15" S; 79° 10'19 O'', 560 m snm), pertenece a la parte centro-norte de la región litoral, limitando al norte y al este con la provincia de Pichincha, al oeste con la provincia de Manabí, al noroeste con la provincia de Esmeraldas , sureste con la provincia de Cotopaxi y al sur con la provincia de Los Ríos (Figura 1).

Según la información proveniente de la estación la Concordia (INAMHI, 2015) el área de estudio tiene un clima cálido-húmedo, con una temperatura media anual de 24,4 °C y una precipitación anual de 3 301,1 mm (Pozo-Rivera, 2017).

Acorde con Holdridge (1982) el área de estudios pertenece a la zona de vida es el Bosque húmedo Tropical, a la formación vegetacional Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Costa Ecuatoriana (Sierra, 1999) y al piso zoogeográfico Tropical Noroccidental (Albuja, y otros, 2012).

### **3.2 Selección de formas de cobertura**

A fin de homogeneizar los muestreos, se tomó en cuenta que los sitios seleccionados presenten formas de cobertura arbórea que se compartan entre los sitios; acorde con estudios previos, realizados por Morales (2015) y Pozo-Rivera (2017), las coberturas arbóreas que se comparten, entre los sistemas agrícolas de Puerto Quito y Santo Domingo, son las plantaciones mixtas de palma (*Elaeis guineensis*) y banano (*Musa x paradisiaca*) (PB), plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) (C), cercas monoespecífica de *Erythrina smithiana* (MLF), y cercas conformadas por un conjunto de varias especies arbóreas o poliespecíficas (PLF) (Pozo-Rivera, 2017) (Figura 2).

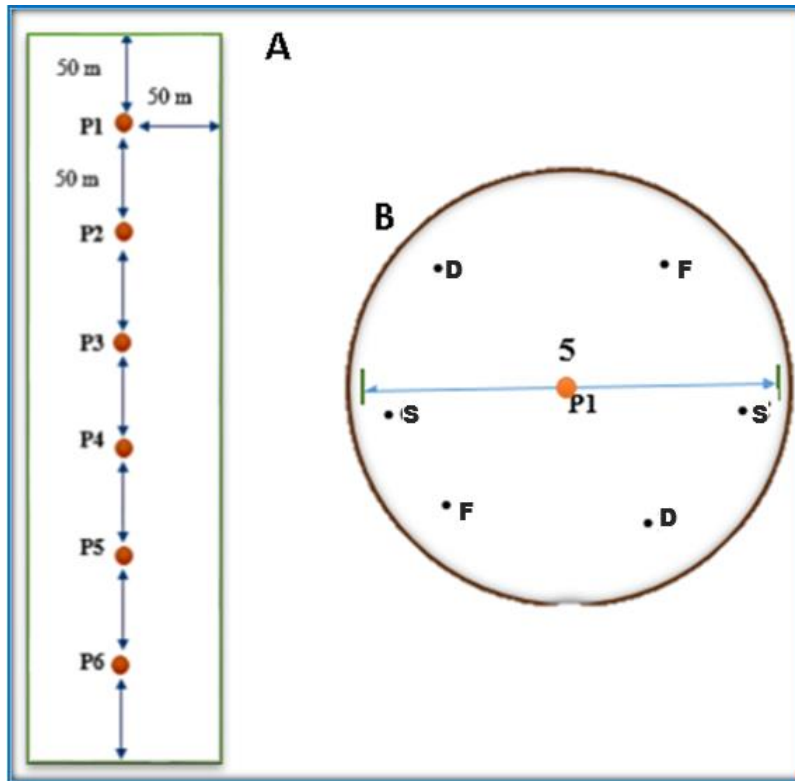


**Figura 2** Coberturas arbóreas seleccionadas para el estudio. A) Cercas monoespecíficas, B) plantaciones de cacao C) cercas poliespecíficas, D) plantaciones de palma-banano.  
Fuente: Figuras C y D (Pozo-Rivera, 2017)

### 3.3 Muestreo de escarabajos

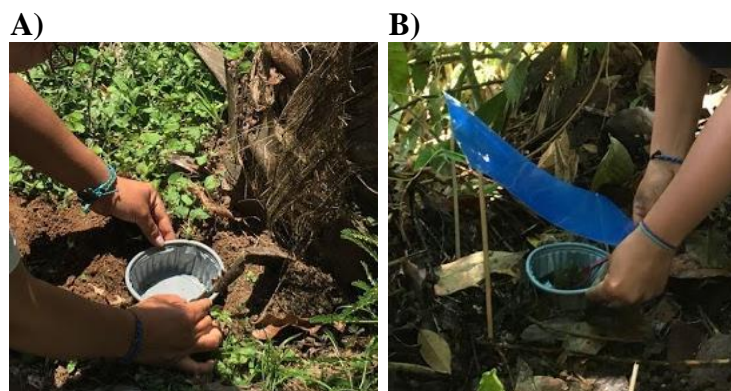
En cada cobertura, de cada sitio, se implementó una estación de muestreo conformada por seis trampas *pitfall* (necrotrampas), separadas a una distancia de 50 m (Figura 3A). Atendiendo a la disposición de las coberturas, las estaciones de muestreo fueron de forma lineal para PLF y MLF, y circulares en PB y C. Con el fin de recolectar los gremios alimenticios más frecuentes, las trampas fueron cebadas de forma alternada con estiércol de vaca (D), carroña de pez (S), y papaya (F).

En cuanto al esfuerzo de muestreo, se utilizaron un total de 48 trampas (6 trampas\*4 formas de cobertura arbórea\*2 sitios), las que se estuvieron activas dos días al mes, durante un lapso de 5 meses correspondientes a meses muy secos, acorde con la clasificación de Trojer (Arce, com. pers.). Cada estación de muestreo fue georreferenciada con la ayuda de un GPS Garmin® de  $\pm 3$  m de precisión (Figura 3B).



**Figura 3** Distribución de trampas en las estaciones de muestreo. A) Distribución lineal (transecto), B) distribución circular (parcela). Tipos de cebo: D= excremento de vaca, F= papaya, S= carroña de pez.

Para la instalación de las necrotrampas se realizó un hoyo en el suelo, en el que se colocó un recipiente plástico de 1 000 ml con la boca al nivel del suelo; en el interior del recipiente se depositó 100 ml de alcohol etílico y agua (50:50 v:v). En cada trampa se colocó 30 g de cebo, el cual fue ubicado en una cuchara plástica la que fue fijada con un palillo de madera al suelo a una altura de 3 cm del recipiente. Cada trampa se protegió con una cubierta plástica de las lluvias y del probable sabotaje de animales o personas (Figura 4).



**Figura 4** Instalación de las trampas *pitfall* en: A) plantación de palma, B) plantación de cacao.

Los animales recolectados se colocaron en fundas plásticas de cierre hermético (*zip-loc*®) con su respectiva etiqueta de identificación. Los especímenes se transportaron a los laboratorios de Zoología y de Entomología del IASA I (Sangolquí-Ecuador), guardados en recipientes de cristal con alcohol al 70 %. Los escarabajos fueron limpiados y montados en cajas entomológicas separadas por taxa (Figura 5). La identificación genérica y/o específica se realizó con claves dicotómicas (Medina & Lopera-Toro, 2000; Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011; Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Melo, 2018) la misma que fue verificada por Vladimir Carvajal, M.Sc., curador de la Sección de Invertebrados del Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional. El depósito de los *voucher* se realizó en la Sección de Invertebrados del Museo QCAZ perteneciente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.



**Figura 5** Clasificación y montaje de escarabajos en los laboratorios de Entomología y de Zoología del IASA.



### 3.4 Caracterización de la diversidad arbórea

En cada sitio se instauraron cuatro parcelas de 100 m<sup>2</sup>, una por forma de cobertura arbórea; en ellas fueron contados e identificados todos los árboles con diámetros a la altura del pecho (DAP) > 5 cm (de la Torre, Navarrere, Muriel, Macía, & Balslev, 2008), esta condición se consideró ya que árboles con DAPs > 10 cm fueron escasos, en los sitios seleccionados para el estudio.

### 3.5 Medición de la biodiversidad

La diversidad arbórea y de escarabajos presentes en los tipos de cobertura evaluadas, se analizaron en términos de abundancia, diversidad alfa y diversidad beta, tomando en cuenta el ensamble y ensamblajes de especies.

#### 3.5.1 Abundancia

Se utilizó: a) la abundancia absoluta (número de individuos capturados por forma de cobertura arbórea - $N$ -), b) la abundancia relativa, la que fue medida con dos indicadores: la abundancia proporcional de especies ( $P_i$ ) y la tasa de captura de escarabajos.  $P_i$  se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

donde:

$n_i$  = abundancia específica

$N$  = abundancia absoluta de las coberturas arbóreas a la que pertenece la especie

La tasa de captura se calculó mediante la división de  $N$  para el total de área de cobertura de la trampa (175,15 m<sup>2</sup>).

La abundancia arbórea se estimó con la densidad arbórea, la que se estimó dividiendo el número total de árboles censados en un área de 100 m<sup>2</sup>, mediante la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{N}{a}$$

donde:

$N$  = Número total de árboles censados

$a$  = área total

### 3.5.2 Diversidad alfa

Para evaluar la diversidad alfa, se obtuvo la riqueza específica y los índices que representan la estructura de la comunidad por forma de cobertura arbórea muestreada y por tipo de cebo utilizado.

Para la **riqueza específica** se tomaron en cuenta el número absoluto de especies capturadas, ésta fue evaluada con el estimador de riqueza esperada Chao 2, que es el menos sesgado en muestras pequeñas (Pozo-Rivera, 2017). Este estimador se calculó con el programa EstimateS (Colwell, 2013) mediante la siguiente ecuación.

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

donde:

$L$  = número de especies que ocurren solamente en un muestra.

$M$  = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

La estructura de la comunidad se midió con los índices de diversidad de 1-Simpson ( $I-D$ ) y de Shannon ( $H'$ ), y el índice de equitatividad con el índice de Pielou ( $J'$ ). Las fórmulas de cálculo de estos índices se presentan en las siguientes:

$$D = \sum P_i^2$$

$$H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i$$

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

donde:

$$H'_{max} = \ln(S)$$

### 3.5.3 Diversidad beta

La diversidad beta se analizó mediante dendrogramas de similitud de especies, los que fueron elaborados con el índice de Bray-Curtis, este método permite visualizar, a la vez, la similitud y disimilitud de especies entre ecosistemas (Pozo-Rivera, 2017). Estos gráficos fueron elaborados con en el programa BioDiversity Pro ® (McAleece, Gage, Lambshead, & Paterson, 1997). Según Michie (1982), la ecuación de Bray-Curtis mide las distancias euclidianas de las similitudes de especies, mismas que al pasar en un software BioDiversity Pro ®, se transforman en porcentajes, dicha ecuación, se muestra a continuación:

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_{k=1}^n (x_{ij} + x_{jk})}$$

donde:

$d_{ij}$ = similitud entre dos unidades taxonómicas operativas (UTO) i y j

$x_{ik}$  y  $x_{jk}$ = conjunto de n atributos.



### 3.5.3.1 Curvas rango-abundancia

Para evaluar la diferencia de las características de la diversidad de escarabajos entre formas de cobertura evaluadas se utilizó curvas rango-abundancia (Pozo-Rivera, 2017).

Para lo cual a los valores de  $P_i$  de cada uno de las coberturas, como de cebos fueron transformados a  $\log_{10}$ , y fueron ordenados en forma descendente, con estos valores se hicieron gráficos de puntos en el programa Excel.

Atribuyendo a los resultados del presente estudio, estas curvas, tan solo se utilizaron para interpretar la abundancia relativa por el orden de apareamiento las especies en el gráfico (Feinsinger, 2001; de la Peña-Cuéllar, Benítez-Malvido, Ávila-Cabadilla, Martínez-Ramos, & Estrada, 2015).

## 3.6 Análisis estadístico

El experimento fue diseñado por el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \delta_{j(i)} + T_j + CT_{ij} + e_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Abundancia, riqueza, diversidad o equitatividad

$\mu$  = media general

$C_i$  = efecto del  $i$ -ésimo cobertura arbórea

$\delta_{j(i)}$  = error para la cobertura arbórea

$T_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tipo de cebo

$C_{ij}$  = efecto de la interacción de la cobertura arbórea \* tipo de cebo

$e_{ij}$  = error para tipo de cebo

La unidad experimental fueron dos trampas por cada tipo de cebo que corresponden a pseudo replicas, empleando un total de 24 unidades experimentales.

La información fue analizada con análisis de varianza utilizando modelos lineales mixtos en el programa InfoStat (Di Rienzo, y otros, 2017), permitiendo realizar comparaciones de la diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas, los cebos y sus interacciones. Para los índices en los que no se encontraron diferencias significativas para la interacción cobertura\*cebo, se utilizó el análisis de Montecarlo con 10 000 iteraciones (modelos nulos), este método permitió la construcción de intervalos de confianza al 95 %.

Para detectar las asociaciones entre las características de la diversidad arbórea y la de escarabajos, fueron elaboradas dos matrices de distancias euclidianas con los indicadores de tasa de captura o densidad arbórea, S, diversidad (1-D y H') y J'. Estas fueron sometidas a la prueba no paramétrica de Mantel en el programa InfoStat, el grado de asociación de esta prueba fue medido con el coeficiente de correlación de Pearson (Balzarini, y otros, 2013).

La fórmula en la que se basa la prueba de Mantel es:

$$Z = \sum_{i < j}^n x_{ij} y_{ij}$$

donde:

$X_{ij}$  e  $Y_{ij}$  son los elementos  $i,j$  (elementos fuera de la diagonal principal) de las matrices  $X$  e  $Y$ , respectivamente.

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS

#### 4.1 Composición de especies de escarabajos del suelo en cuatro formas de cobertura arbórea

##### 4.1.1 Abundancia, riqueza y estructura de escarabajos

Se registraron un total de 1 913 individuos de escarabajos pertenecientes a 18 especies, y cuatro familias. Scarabaeidae fue la familia más abundante, con 14 especies (77, 77 %) y 1 636 individuos capturados (85,52 %) (Tabla 1).

**Tabla 1**

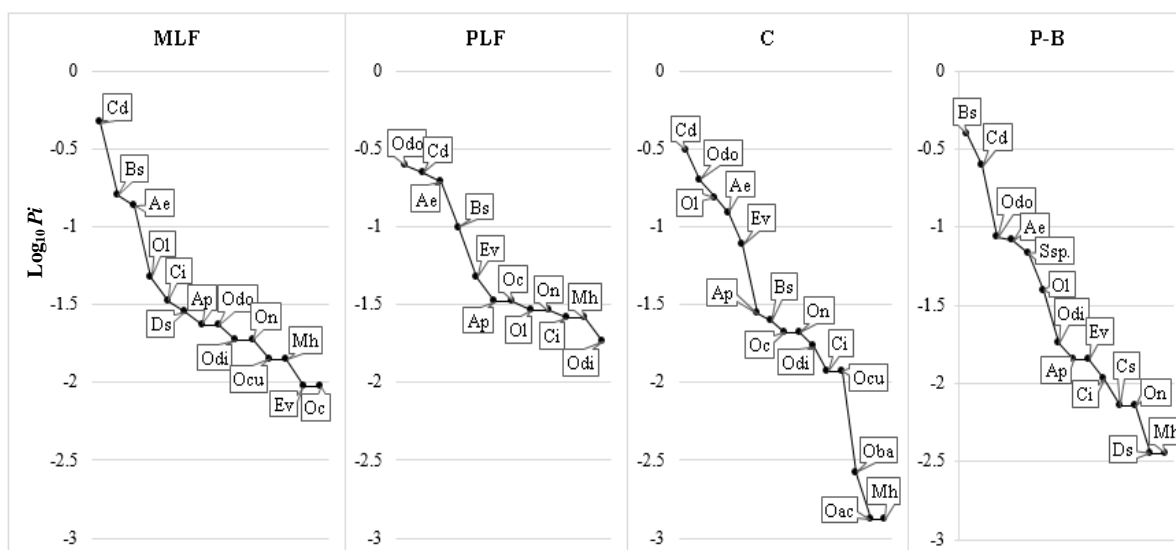
*Abundancia específica y abundancia proporcional de especies (Pi) de escarabajos capturados en cuatro formas de cobertura arbórea presentes en fincas de Santo Domingo y Puerto Quito, Ecuador.*

Family Species	MLF (Pi)	PLF (Pi)	C (Pi)	PB (Pi)	Total (Pi)
<b>Scarabaeidae</b>					
<i>Ateuchus ecuadoriensis</i>	29 (0,14)	127 (0,19)	93 (0,12)	23 (0,08)	272 (0,14)
<i>Ateuchus parvus</i>	5 (0,02)	22 (0,03)	21 (0,03)	4 (0,01)	52 (0,03)
<i>Canthon delicatulus</i>	99 (0,46)	145 (0,22)	234 (0,31)	69 (0,25)	547 (0,29)
<i>Copris insertus</i>	7 (0,03)	17 (0,03)	9 (0,01)	3 (0,01)	36 (0,02)
<i>Cyclocephala</i> sp.				2 (0,01)	2 (0,00)
<i>Eurysternus vastiorum</i>	2 (0,01)	31 (0,05)	59 (0,08)	4 (0,01)	96 (0,05)
<i>Onthophagus batesi</i>			2 (0,00)		2 (0,00)
<i>Onthophagus acuminatus</i>			1 (0,00)		1 (0,00)
<i>Onthophagus confusus</i>	2 (0,01)	22 (0,03)	16 (0,02)		40 (0,02)
<i>Onthophagus curvicornis</i>	3 (0,01)		9 (0,01)		12 (0,01)
<i>Onthophagus dicranus</i>	4 (0,02)	12 (0,02)	13 (0,02)	5 (0,02)	34 (0,02)
<i>Onthophagus dicranoides</i>	5 (0,02)	164 (0,25)	151 (0,20)	24 (0,09)	344 (0,18)
<i>Onthophagus lojanus</i>	10 (0,05)	19 (0,03)	117 (0,15)	11 (0,04)	157 (0,08)
<i>Onthophagus nabeleky</i>	4 (0,02)	19 (0,03)	16 (0,02)	2 (0,01)	41 (0,02)
<b>Tenebrionidae</b>					
<i>Blapstinus</i> sp.	34 (0,16)	65 (0,10)	19 (0,02)	111 (0,40)	229 (0,12)
<b>Elateridae</b>					
<i>Diplostethus</i> sp.	6 (0,03)			1 (0,00)	7 (0,00)
<b>Curculionidae</b>					
<i>Metamasius hemipterus</i>	3 (0,01)	17 (0,03)	1 (0,00)	1 (0,00)	22 (0,01)
<i>Sitophilus</i> sp.				19 (0,07)	19 (0,01)

MLF= Cercas mono-específicas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.

Cuatro fueron las especies más abundantes: *Canthon delicatulus* (29 %), *Onthophagus dicranoides* (18 %), *Ateuchus ecuadoriensis* (14 %). y *Blapstinus* sp. (12 %) (Tabla 1).

La especie de escarabajo capturada con mayor frecuencia fue *Canthon delicatulus* en cercas monoespecíficas con 46,48 %. En las plantaciones de cacao *C. delicatulus* presentó una frecuencia de 30,75 %, seguida de *O. dicranoides* con 19,84 %, *O. lojanus* con 15% y *Ateuchus ecuadoriensis* con 12 %. En las plantaciones mixtas de palma-banano las especies con mayor abundancia fueron *Blapstinus* sp. con 39,78 % y *C. delicatulus* con 24,73 %. En las cercas poliespecíficas *O. dicranoides* (24,84 %), *C. delicatulus* (21,96 %), y *Ateuchus ecuadoriensis* (19 %) fueron las especies más frecuentes (Figura 6).



**Figura 6** Curvas de rango-abundancia de especies de escarabajos en cuatro tipos de coberturas arbóreas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Puerto-Quito, Ecuador. Las abreviaturas de los llamados de puntos representan las especies registradas en el estudio, su significado se presenta en la lista de abreviaturas. MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.

La abundancia absoluta fluctuó entre 213 y 761 individuos por cobertura arbórea; la mayor tasa de captura se localizó en las plantaciones de cacao (4,34 individuos/m<sup>2</sup>), seguida de las cercas poliespecíficas (3,77 escarabajos/m<sup>2</sup>) (Tabla 2). La riqueza entre coberturas arbórea varió entre 12 y 15 especies, esta variable representó entre el 93 y el 100 % de las especies esperadas acorde con el estimador de riqueza Chao 2; los valores estimados de riqueza no presentaron diferencias significativas al ser comparados con los observados (Tabla 2; Figura 7; Anexo 3).

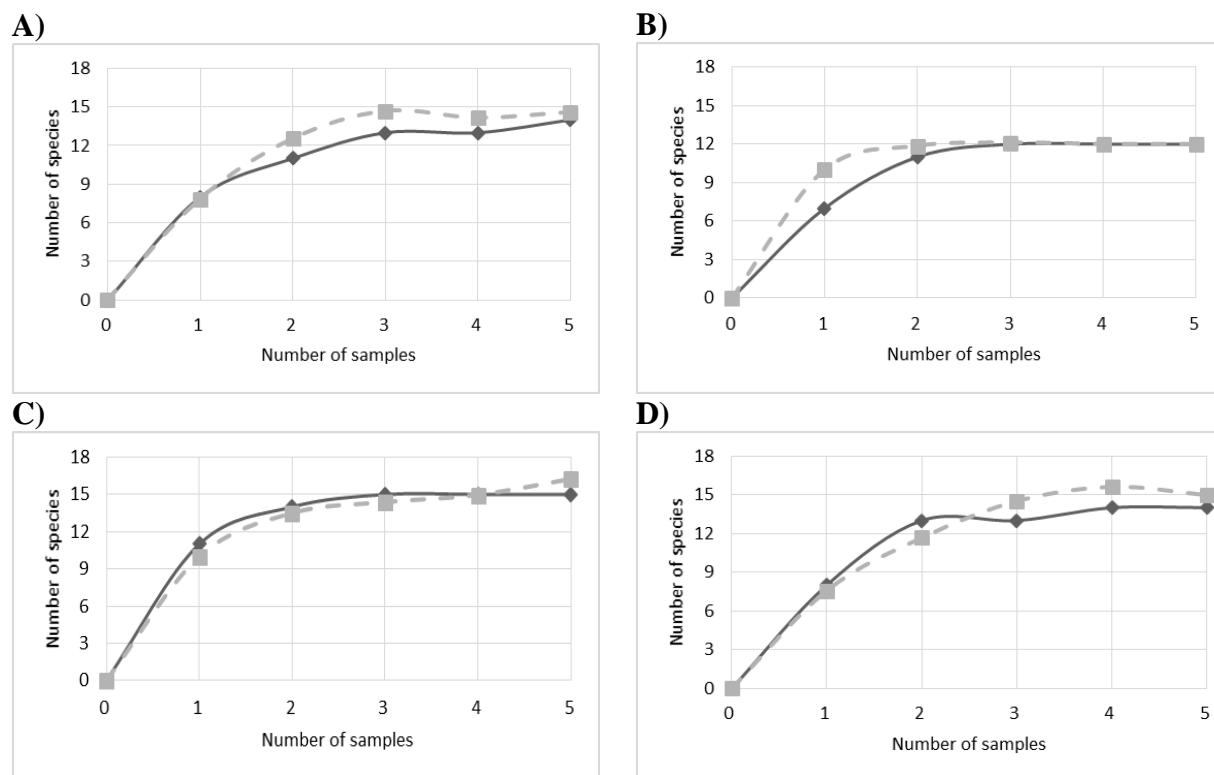
Los mayores índices de diversidad se encontraron en las cercas poliespecíficas ( $1-D=0,84$ ;  $H'=2,06$ ).

**Tabla 2**

*Índices de biodiversidad de escarabajos colectados en los tipos de coberturas arbóreas investigados.*

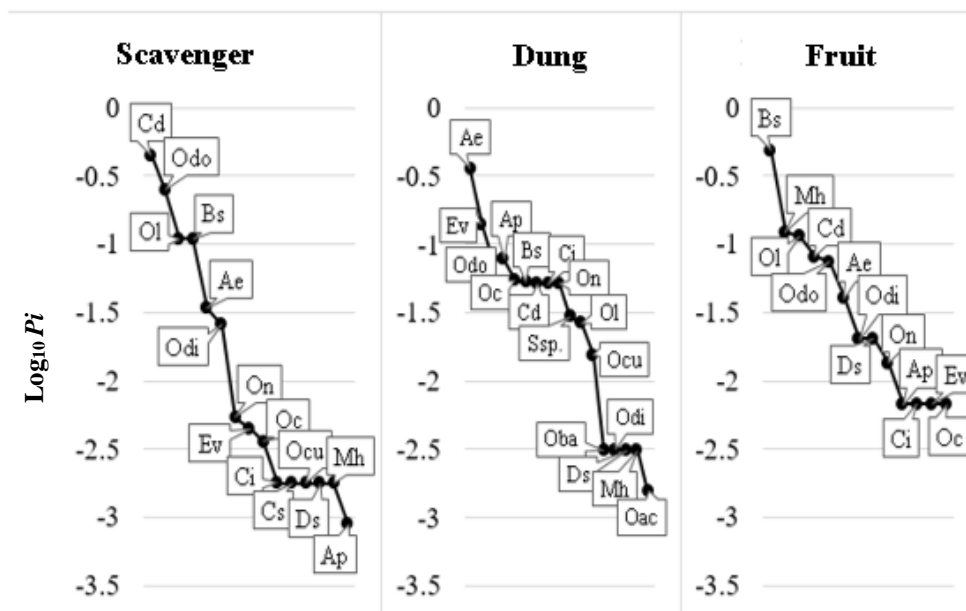
Índices de biodiversidad	MLF	PLF	C	PB	TOTAL
Abundancia (N)	213	660	761	279	1913
Tasa de captura	1,22	3,77	4,34	1,59	10,92
Riqueza (S)	14	12	15	14	18
Chao 2 (%)	14,6 (96 %)	12 (100 %)	16,2 (93 %)	14,96 (94 %)	18,4 (98 %)
1 – Simpson ( $1-D$ )	0,73	0,84	0,82	0,76	0,84
Diversidad de Shannon ( $H'$ )	1,81	2,06	1,99	1,79	2,13
Equitatividad de Pielou ( $J'$ )	0,28	0,34	0,30	0,29	0,29

MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. N= Abundancia, S= riqueza,  $H'$ = diversidad de Shannon,  $1-D$ = diversidad de Simpson  $J'$ = equitatividad de Pielou.



**Figura 7** Evaluación de la riqueza observada con la esperada, según el índice de Chao 2. La riqueza representa el 96 % cercas monoespecíficas (A), 100 % cercas poliespecíficas (B), 93 % plantaciones de cacao (C) y 94 % en plantaciones mixtas de palma-banano (D). En el anexo 3 se presentan los valores de riqueza estimados  $\pm$  desviaciones estándar.

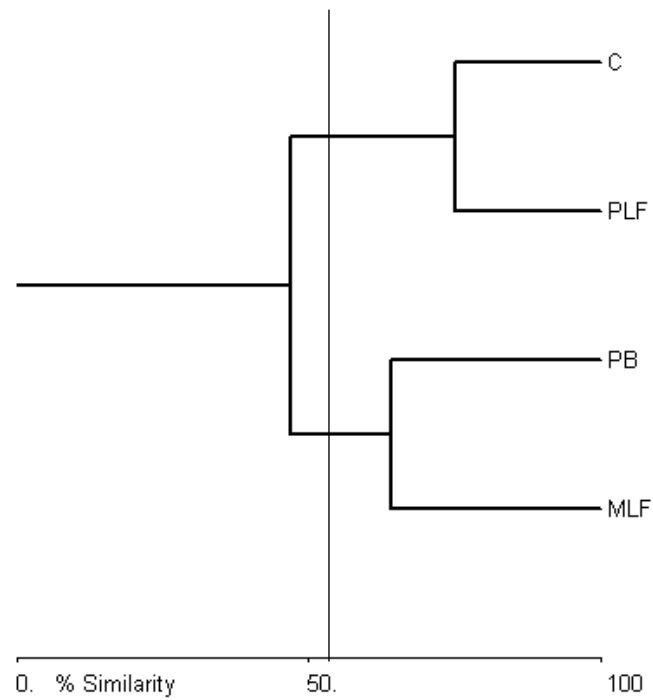
Las curvas de rango abundancia mostraron que *Canthon delicatulus* con 45 % y *Onthophagus dicranoides* con 25 % fueron las especies más abundantes en carroña, *Ateuchus ecuadoriensis* con 36 % y *Eurysternus vastiorum* Martínez con 14% en estiércol, y *Blapstinus* sp. con un 49 % en fruta (Figura 8) (Anexo 1).



**Figura 8** Curvas de rango abundancia de especies de escarabajos en tres tipos de cebo. *Scavenger*= Carroña, *Dung*= estiércol, *Fruit*= fruta. Las abreviaturas que se ven en los llamados de puntos representan las especies registradas en el estudio y su significado se presenta en la lista de abreviaturas.

#### 4.1.2 Diversidad beta

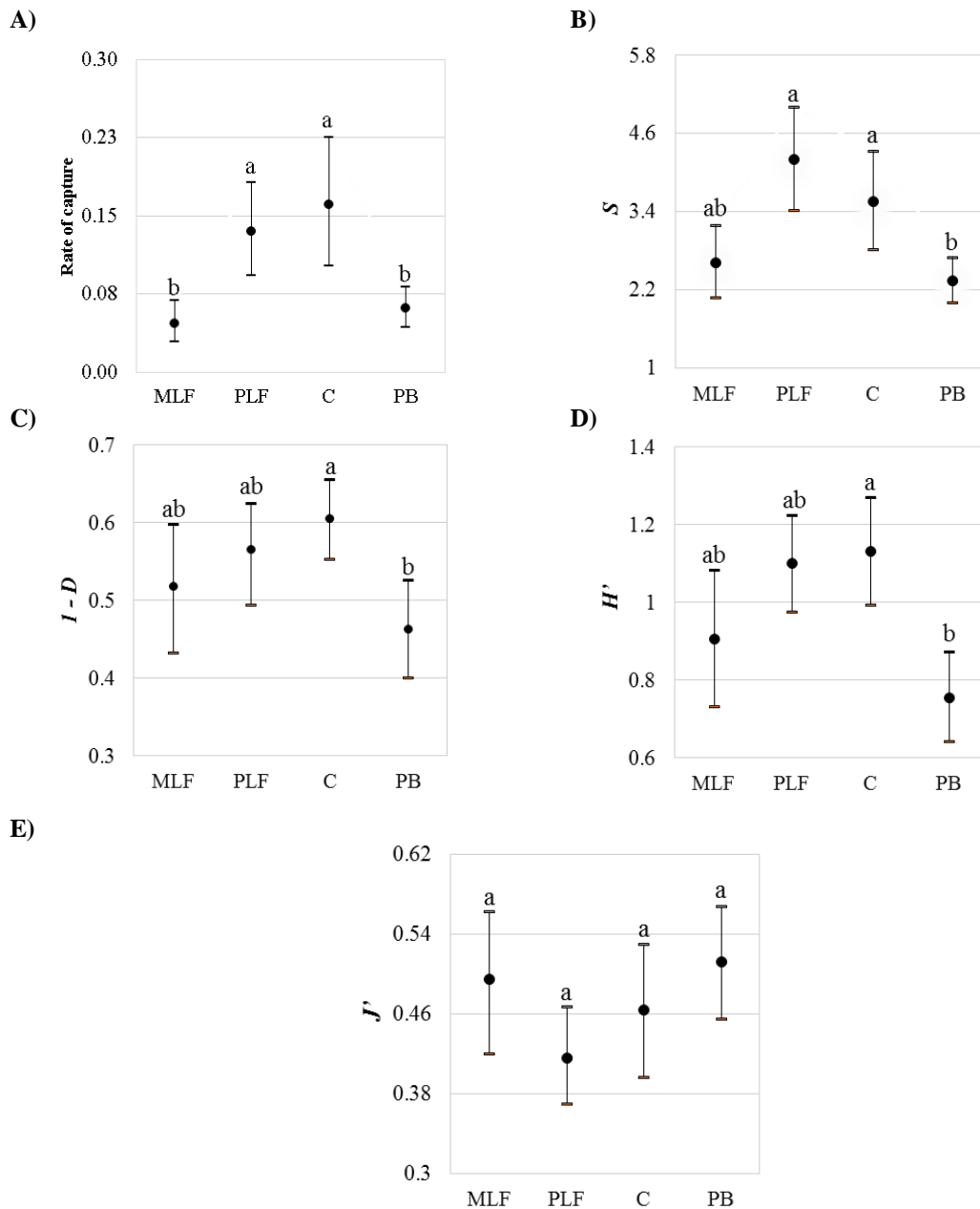
El dendograma basado en índice de Bray-Curtis indicó que: entre los tipos de cobertura arbórea existe un 46,73% de similitud de especies, una similitud de 75,01% entre Cacao y Cercas poliespecíficas, y una de 64,22% entre Palma- Banano y cercas Monoespecíficas (Figura 9). En el Anexo 2 se presentan las tablas de interpretación de diversidad beta considerando la riqueza de las coberturas.



**Figura 9** Dendrograma de Bray-Curtis basado en el porcentaje de similitud de especies de escarabajos entre coberturas arbóreas. C= Plantaciones de cacao, PLF= cercas poliespecíficas, MLF= cercas monoespecíficas, PB= plantaciones de palma-banano.

## 4.2 Diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas

En la figura 10 se muestran las diferencias de la diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas.



**Figura 10** Variación de los índices que expresan abundancia, riqueza y estructura entre formas de cobertura arbórea. *Rate of capture*= tasa de captura que representa el número de individuos capturados por m<sup>2</sup>. S= Riqueza, 1-D= diversidad de Simpson, H'= diversidad de Shannon, J'= equitatividad de Pielou, MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Los datos representan los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas.



El rango de captura más alto se presentó en las plantaciones de cacao y cercas poliespecíficas, los cuales fueron diferentemente significativos a los de las plantaciones mixtas de palma-banano y cercas monoespecíficas (Figura 10A). La mayor riqueza se encontró en las cercas poliespecíficas seguida de las plantaciones de cacao, cercas monoespecíficas y plantaciones mixtas de palma-banano (Figura 10B); mientras que la mayor diversidad ( $I-D$  y  $H'$ ) se evidencio en las plantaciones de cacao, la que fue similar a las de las cercas monoespecíficas y poliespecíficas; esta variable fue menor en las plantaciones mixtas de palma-banano (Figura 10C y 10D); por otro lado la equitatividad de Pielou no presentó diferencias entre coberturas (Figura 10E).

Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo mixto AIC, se encontró interacciones significativas cebo\*cobertura tan solo para la tasa de captura; la forma de cobertura arbórea no presentó diferencias significativas en el índice de diversidad de 1-Simpson y de equitatividad de Pielou; mientras que el tipo de cebo no fue significativo en el índice de equitatividad de Pielou (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Pruebas de hipótesis marginales de los índices de biodiversidad de escarabajos evaluando los efectos individuales de coberturas, cebos y su interacción.*

	Tasa de captura	S	I-D	H'	J'
<b>Interacción</b>	F= 4,35; p= 0,0006	F= 1,16; p= 0,3356	F= 0,26; p= 0,9521	F= 0,44; p= 0,8536	F= 0,27; p= 0,9508
<b>Cobertura</b>	F= 11,26; p= <0,0001	F= 9,33; p= <0,0001	F= 2,48; p= 0,0659	F= 4,36; p= 0,0064	F= 0,32; p= 0,8126
<b>Cebo</b>	F= 31,89; p= <0,0001	F= 18,46; p= <0,0001	F= 9,29; p= 0,0002	F= 15,17; p= <0,0001	F= 1,72; p= 0,1845

S= Abundancia, I-D= 1 – Simpson, H'= diversidad de Shannon, J'= equitatividad de Pielou.

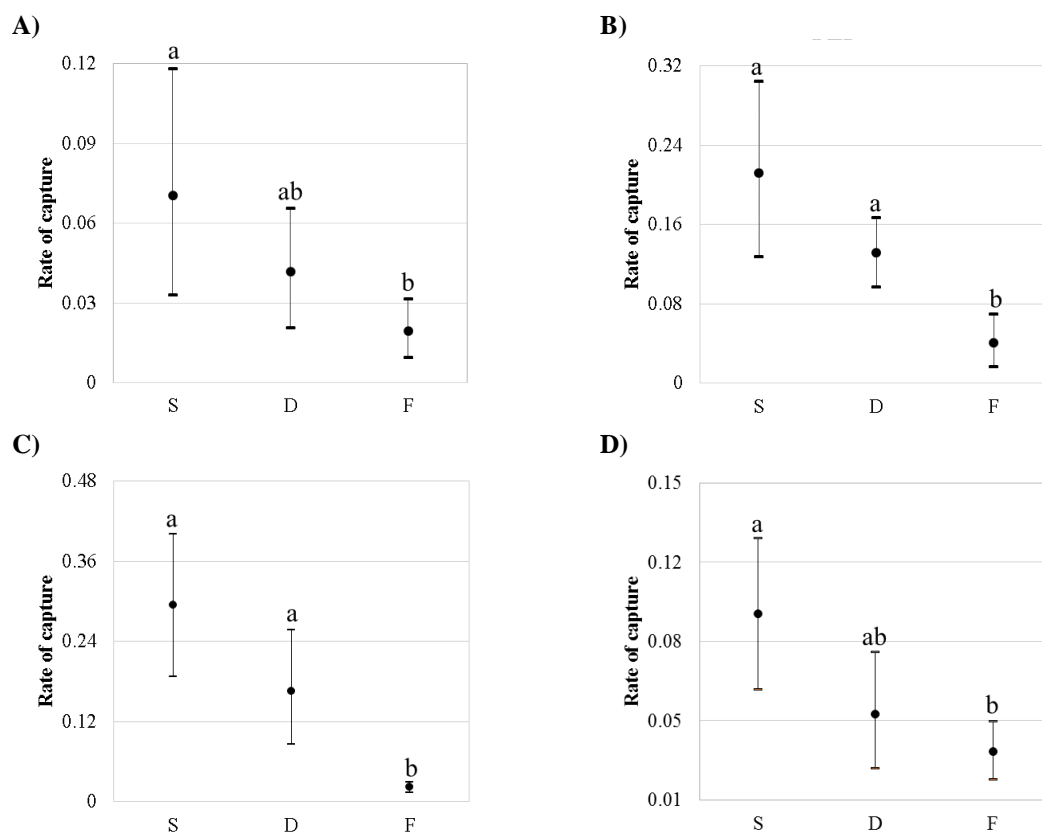
Tanto para los análisis de los modelos mixtos (Tabla 4) y nulos (Figura 11), el mayor número de escarabajos por m<sup>2</sup> (tasa de captura) se encontró en las cercas poliespecíficas y en las plantaciones de cacao con trampas de carroña y excremento.

**Tabla 4**

*Promedio  $\pm$  error estándar de tasa de captura de escarabajos bajo la interacción de cuatro coberturas arbóreas por tres tipos de cebo.*

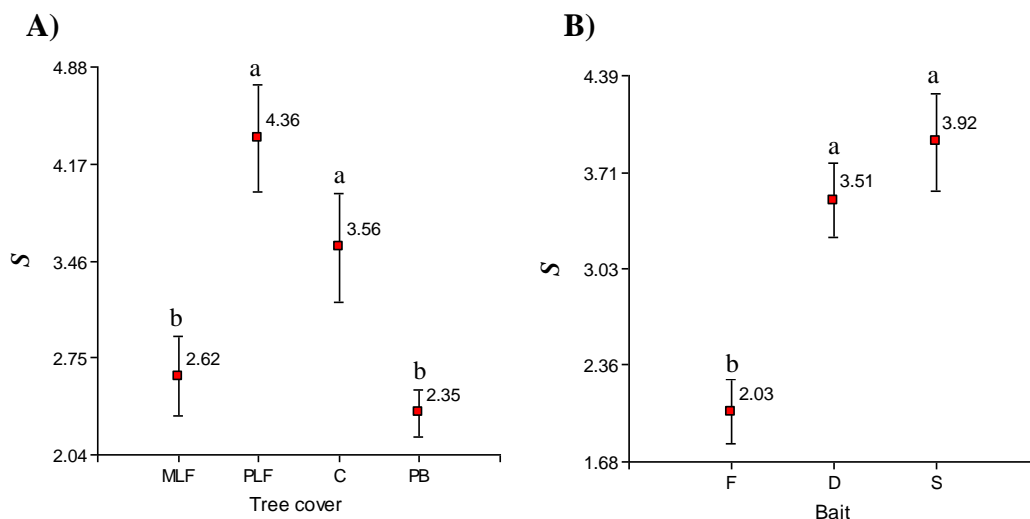
Cobertura Arbórea	Cebo	Media $\pm$ ee	DGC
C	S	0,296 $\pm$ 0,064	a
PLF	S	0,212 $\pm$ 0,047	a
C	D	0,165 $\pm$ 0,038	a
PLF	D	0,132 $\pm$ 0,030	a
PB	S	0,092 $\pm$ 0,024	b
MLF	S	0,070 $\pm$ 0,019	b
PB	D	0,048 $\pm$ 0,013	b
MLF	D	0,042 $\pm$ 0,012	b
PLF	F	0,041 $\pm$ 0,011	b
PB	F	0,031 $\pm$ 0,010	b
C	F	0,021 $\pm$ 0,006	b
MLF	F	0,020 $\pm$ 0,006	b

C= plantaciones de cacao, PLF= cercas poliespecíficas, PB= plantaciones de palma-banano, MLF= cercas monoespecíficas, cebos de: S= carroña, D= estiércol y F= fruta. Letras diferentes indican diferencias significativas al 95%.



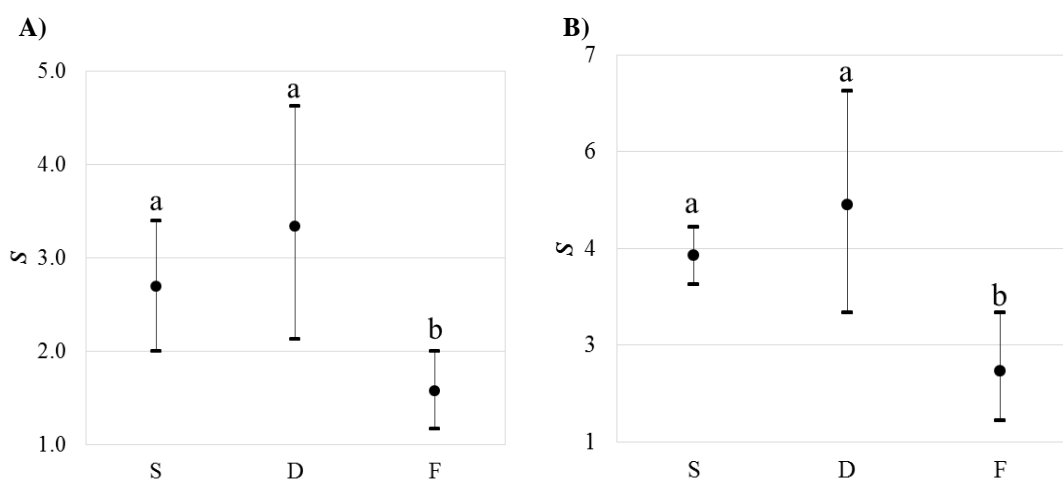
**Figura 11** Comparación de la tasa de captura de escarabajos (Rate of capture= número escarabajos/m<sup>2</sup>) para la interacción forma de cobertura\*cebo. Los datos indican la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) obtenidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 iteraciones. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta.

El análisis de modelos mixtos, demostró que la riqueza específica más alta se obtuvo en la cercas poliespecíficas y en las plantaciones de cacao (Figura 12A) y, considerando los cebos, en los de excremento y de carroña (Figura 12B).



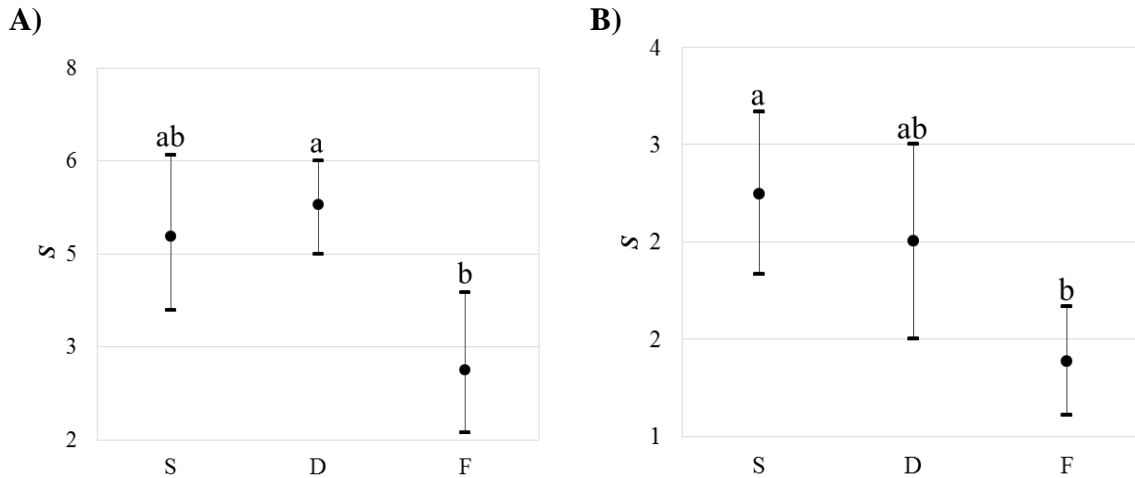
**Figura 12** Diagrama de punto que representa la riqueza específica (S) obtenida por forma de cobertura arbórea (A) y tipo de cebo (B). Gráfico representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Acorde con la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta.

Acorde con el análisis de Montecarlo, las trampas cebadas con fruta presentaron diferente riqueza entre las coberturas arbóreas evaluadas (Figura 13A, 13B).



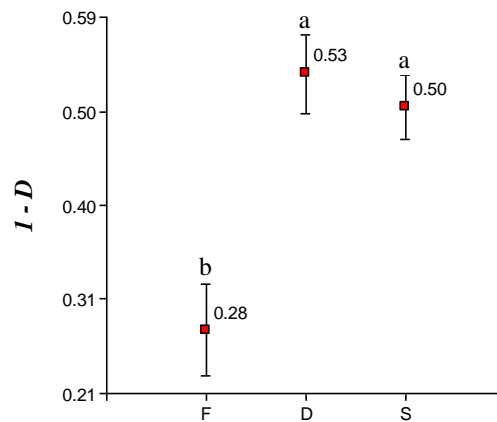
**Figura 13** Comparación de riqueza de escarabajos para la interacción forma de cobertura arbórea\*cebo. Los datos se visualizan con los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas. A) Cercas monoespecíficas, B) plantaciones de cacao. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta.

Por su parte, el número de especies fue similar a las trampas cebadas con carroña en cercas poliespecíficas (Figura 14A) y a las de estiércol en plantaciones mixtas de palma-banano (Figura 14B).



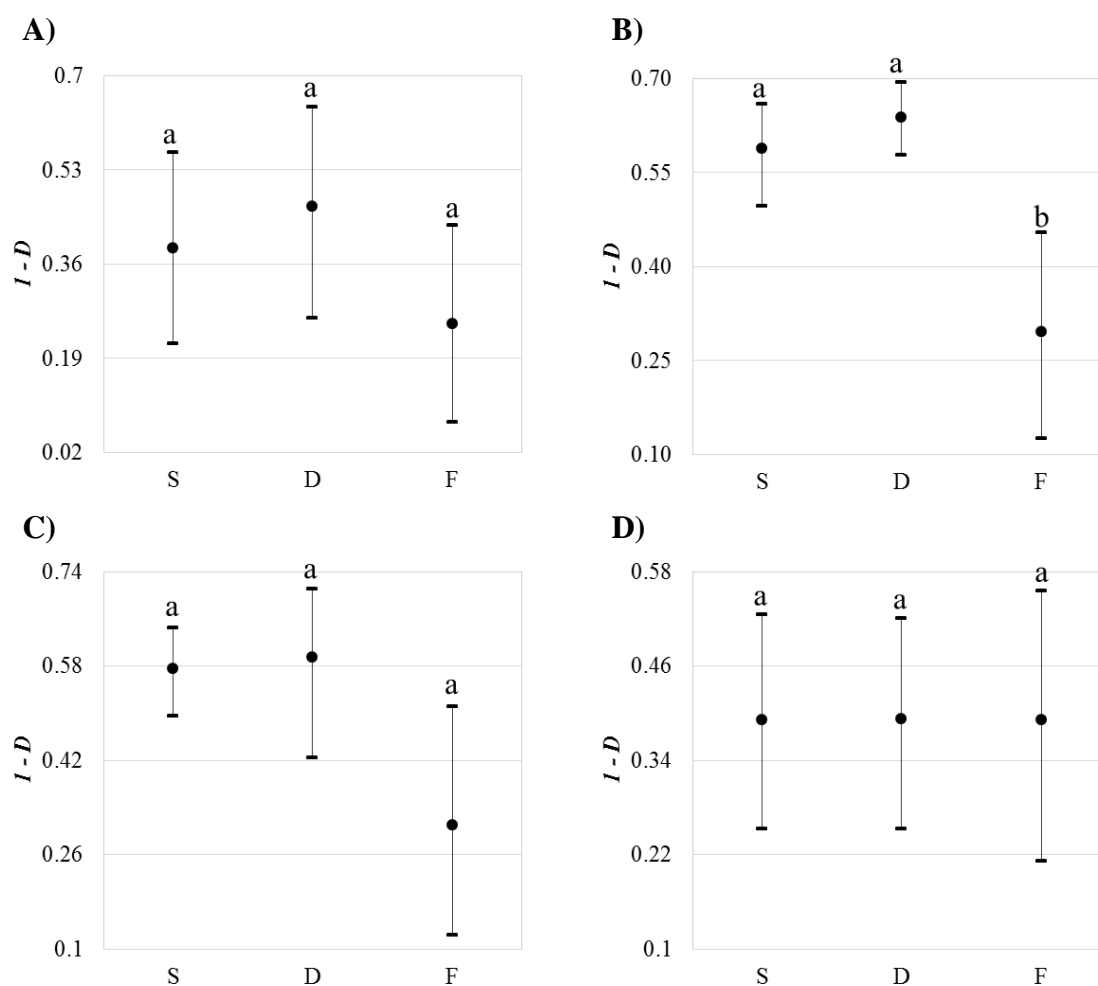
**Figura 14** Comparación de riqueza de escarabajos para la interacción forma de cobertura arbórea\*cebo. Los datos se visualizan con los intervalos de confianza al 95 % obtenidos a partir del análisis de Montecarlo con 10 000 réplicas. A) Cercas poliespecíficas, B) plantaciones mixtas de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta.

El índice 1 – Simpson presentó diferencias significativas entre tipos de cebo, siendo más alto en las trampas cebadas con carroña y con excremento (Figura 15).



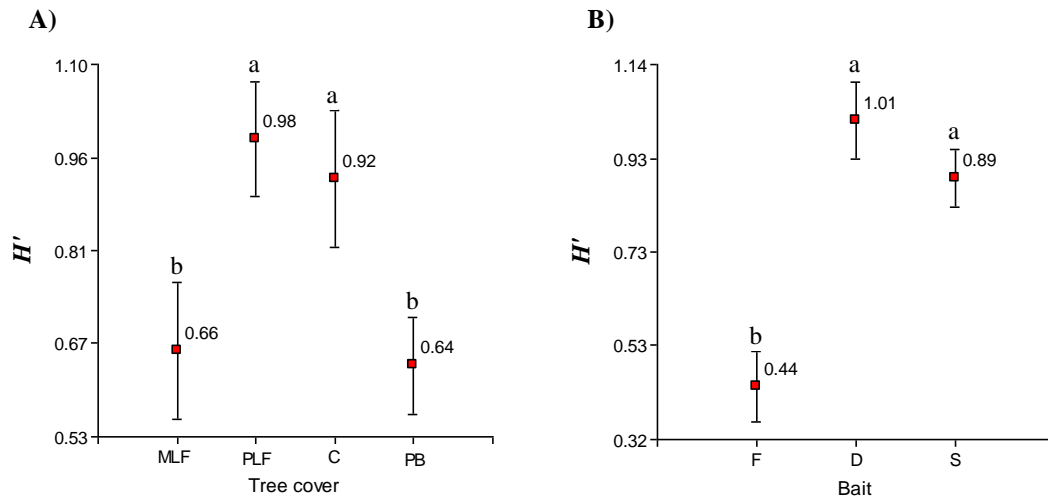
**Figura 15** Diagrama de punto que indica la diversidad de escarabajos con el índice de 1-Simpson ( $I-D$ ) obtenida por tipo de cebo. Gráfico representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Aplicando la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Cebos: F= fruta, D= estiércol, S= carroña.

El análisis de Montecarlo demostró que la diversidad representada por 1-Simpson, no presentó diferencias entre cebos en cercas monoespecíficas (Figura 16A), cultivos de cacao (Figura 16C) y cultivos mixtos de palma banano (Figura 16D); a excepción de cercas poliespecíficas donde se obtuvo la mayor diversidad en las trampas que contenía cebos de carroña y de estiércol (Figura 16B).



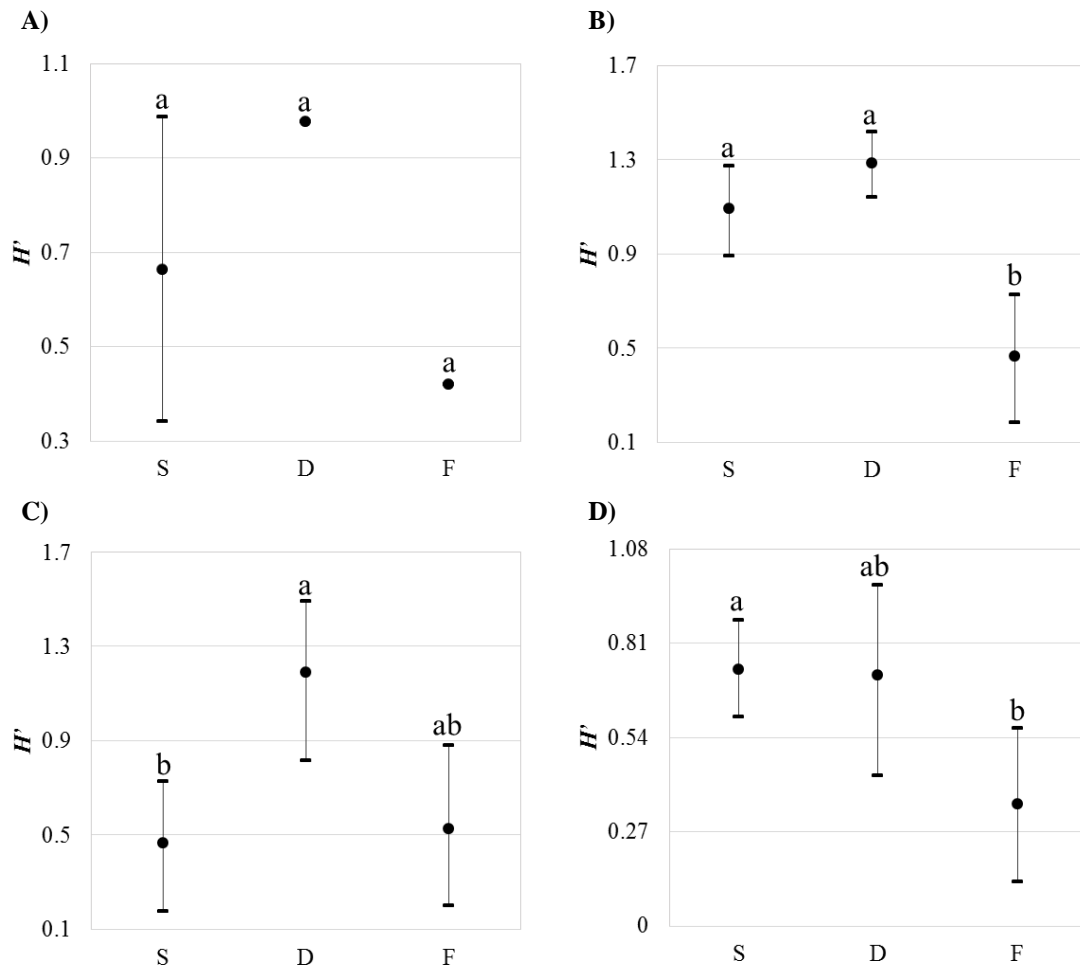
**Figura 16** Comparación de índice de diversidad de Simpson de escarabajos por forma de cobertura\*cebo. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos muestran la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) conseguidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 réplicas.

La uniformidad de especies, medida con el índice de Shannon fue más alta en las cercas poliespecíficas y en plantaciones de cacao (Figura 17A) y en los cebos de carroña y de excremento (Figura 17B).



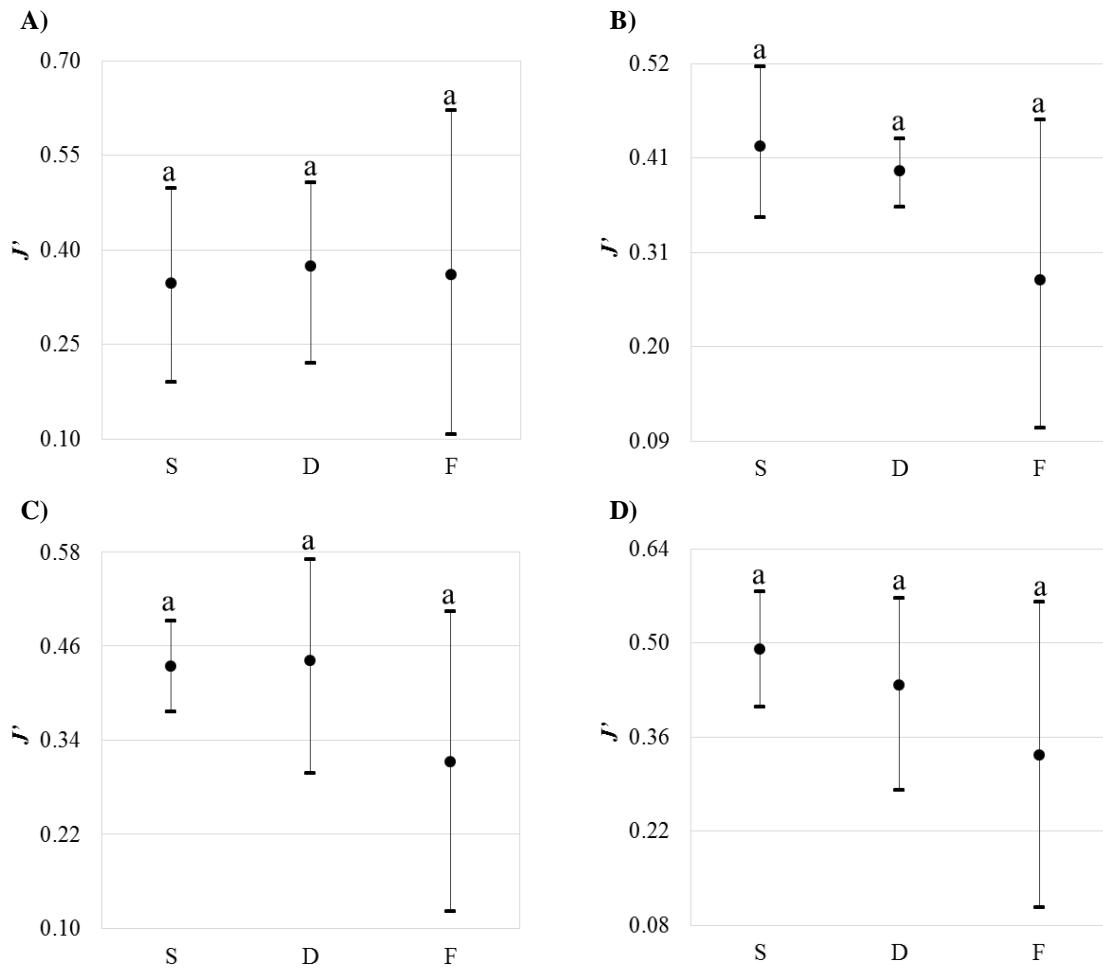
**Figura 17** Gráfico de punto que representa la diversidad de escarabajos aplicando el índice de Shannon ( $H'$ ) realizada por forma de cobertura arbórea (A) y tipo de cebo (B). Análisis se basó en modelos mixtos, según la prueba *post-hoc* DGC, se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El cuadro representa la media (cuadro rojo),  $\pm$  el error estándar. Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta.

El análisis de Montecarlo evidenció que las cercas monoespecíficas no presentaron diferencias entre cebos; la mayor diversidad de Shannon se obtuvo en las trampas cebadas con carroña y con estiércol instaladas en las cercas poliespecíficas y en las plantaciones de palma-banano, el valor más alto del índice de Shannon fue registrado en las trampas con cebo de estiércol localizadas en las plantaciones de cacao (Figura 18).



**Figura 18** Comparación de índice de diversidad de Shannon de escarabajos ( $H'$ ) por forma de cobertura arbórea\*cebo. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos representan intervalos de confianza al 95% aplicando el método de Montecarlo con 10 000 réplicas.

La equitatividad de Pielou, analizada mediante modelos mixtos y nulos (Montecarlo) no exhibieron diferencias significativas para cobertura arbórea, cebo e interacción cobertura\*cebo (Figura 19).



**Figura 19** Comparación de índice de equidad de Pielou de escarabajos ( $J'$ ) de la interacción cobertura\*cebo. Cebos: S= carroña, D= estiércol, F= fruta. Los datos representan intervalos de confianza al 95% aplicando el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. Los datos representan la media  $\pm$  varianza (Intervalos de confianza al 95 %) obtenidos mediante el método de Montecarlo con 10 000 réplicas. A) Cercas monoespecíficas, B) cercas poliespecíficas, C) plantaciones de cacao, D) plantaciones de palma-banano.



### 4.3 Asociaciones entre la diversidad de escarabajos y arbórea entre coberturas arbóreas

La prueba de Mantel realizado con matrices de distancias euclidianas de índices de diversidad arbórea y de escarabajos, detectó asociaciones positivas y negativas entre la diversidad de escarabajos y árboles de las coberturas (Tabla 5).

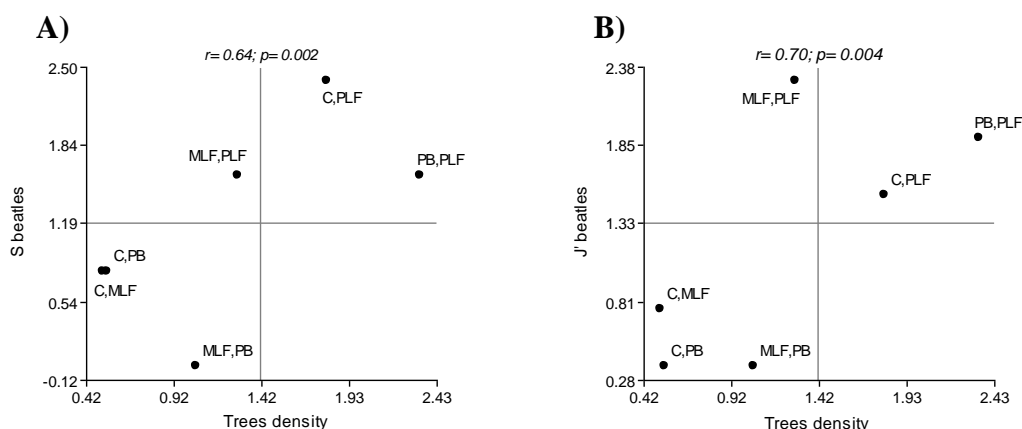
**Tabla 5**

*Pruebas de asociación de matrices de distancias euclidianas de Mantel aplicados a los índices de biodiversidad arbórea y coleopterológica presentes en Santo Domingo de los Tsáchilas y Puerto Quito. El grado de asociación está expresado por el estadístico r de Pearson, el valor de p se presenta entre paréntesis.*

Índices de biodiversidad	Densidad arbórea (arb/m <sup>2</sup> )	Riqueza arbórea (S)	Diversidad arbórea (I-D)	Diversidad arbórea (H')	Equitatividad arbórea (J')
Tasa de captura de escarabajos	-0,38 (1)	-0,18 (0,86)	-0,47 (1)	-0,33 (0,79)	<b>-0,5 (0,053)</b>
Riqueza de escarabajos (S)	<b>0,64 (0,002)</b>	<b>0,87 (0,003)</b>	<b>0,53 (0,005)</b>	<b>0,79 (0,003)</b>	-0,14 (0,68)
1-Simpson escarabajos (I-D)	-0,12 (0,68)	0,13 (0,42)	-0,26 (0,67)	-0,04 (0,6)	<b>-0,5 (0,01)</b>
D. Shannon de escarabajos (H')	0,17 (0,29)	0,32 (0,23)	-0,15 (0,42)	0,13 (0,54)	<b>-0,45 (0,01)</b>
Equitatividad de Pielou (J')	<b>0,7 (0,004)</b>	<b>0,93 (0,002)</b>	<b>0,48 (0,003)</b>	<b>0,81 (0,005)</b>	-0,23 (0,74)

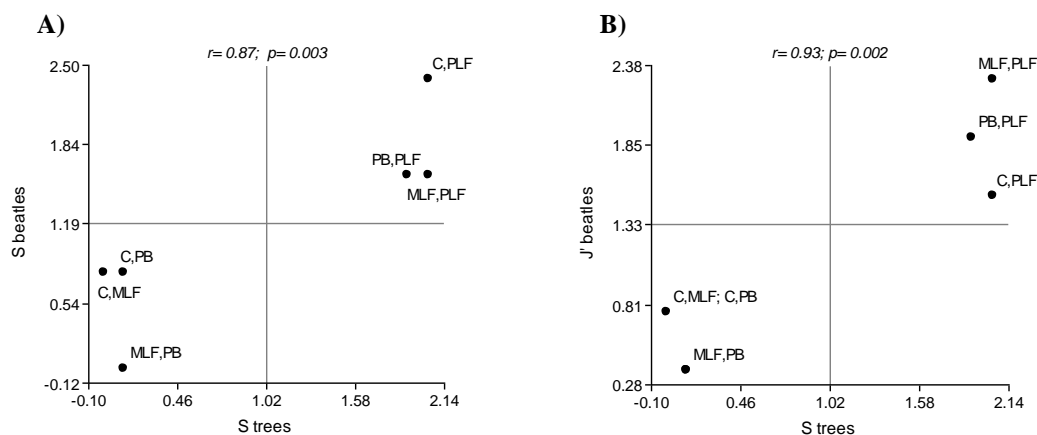
D= Diversidad; Los números en negrita indican que las variables presentaron asociaciones significativas ( $p \leq 0,05$ ).

La densidad arbórea presentó una asociación positiva con la riqueza de escarabajos ( $r_{Pearson} = 0,64$ ;  $p = 0,002$ ; Figura 20A) y con la equitatividad de Pielou ( $r_{Pearson} = 0,70$ ;  $p = 0,004$ ; Figura 20B), esta variable no se asoció con la tasa de captura, ni con los índices que representan la diversidad de escarabajos (I-D y H') (Tabla 5).



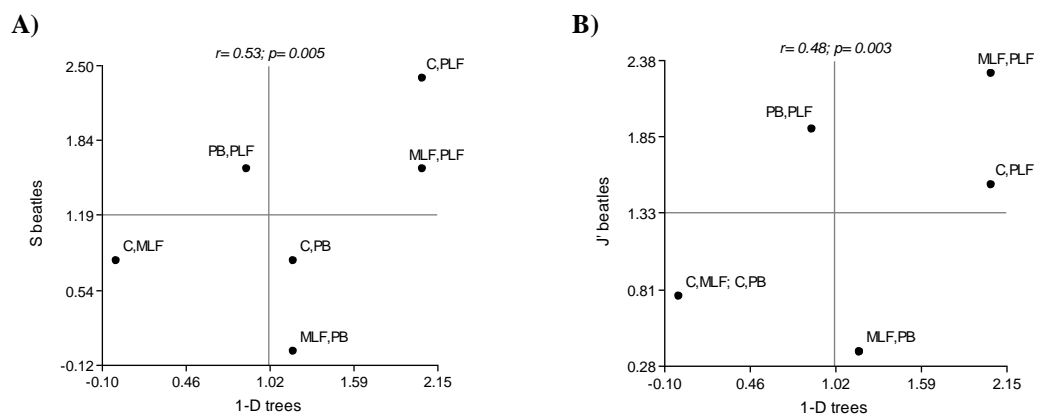
**Figura 20** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la densidad arbórea con las matrices de distancias euclidianas de riqueza (A) y equitatividad de Pielou de escarabajos (B). MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos.

La riqueza arbórea presentó una asociación positiva con la riqueza de escarabajos ( $r_{Pearson}= 0,87$ ;  $p= 0,003$ ; Figura 21A) y con la equitatividad de Pielou ( $r_{Pearson}= 0,93$ ;  $p= 0,002$ ; Figura 21B); los otros índices, empleados en esta investigación, no presentaron asociaciones con la riqueza arbórea (Tabla 5).



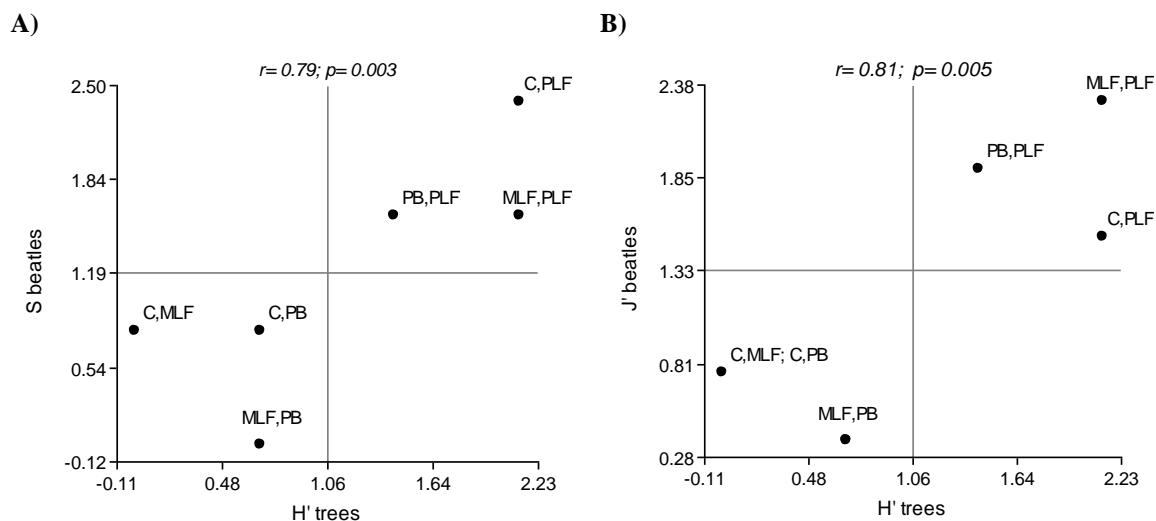
**Figura 21** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la riqueza arbórea con las matrices de distancias euclidianas de riqueza (A) y equitatividad de escarabajos (B). MLF= Cercas mono-específicas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos.

La diversidad arbórea representada por 1-Simpson, se asoció de forma positiva y significativa con la riqueza de escarabajos ( $r_{Pearson}= 0,53$ ;  $p= 0,005$ ; Figura 22A) y con la equitatividad de Pielou ( $r_{Pearson}= 0,48$ ;  $p= 0,003$ ; Figura 22B). Mientras que con la tasa de captura de escarabajos,  $1-D$  y  $H'$  no se presentaron asociaciones significativas (Tabla 5).



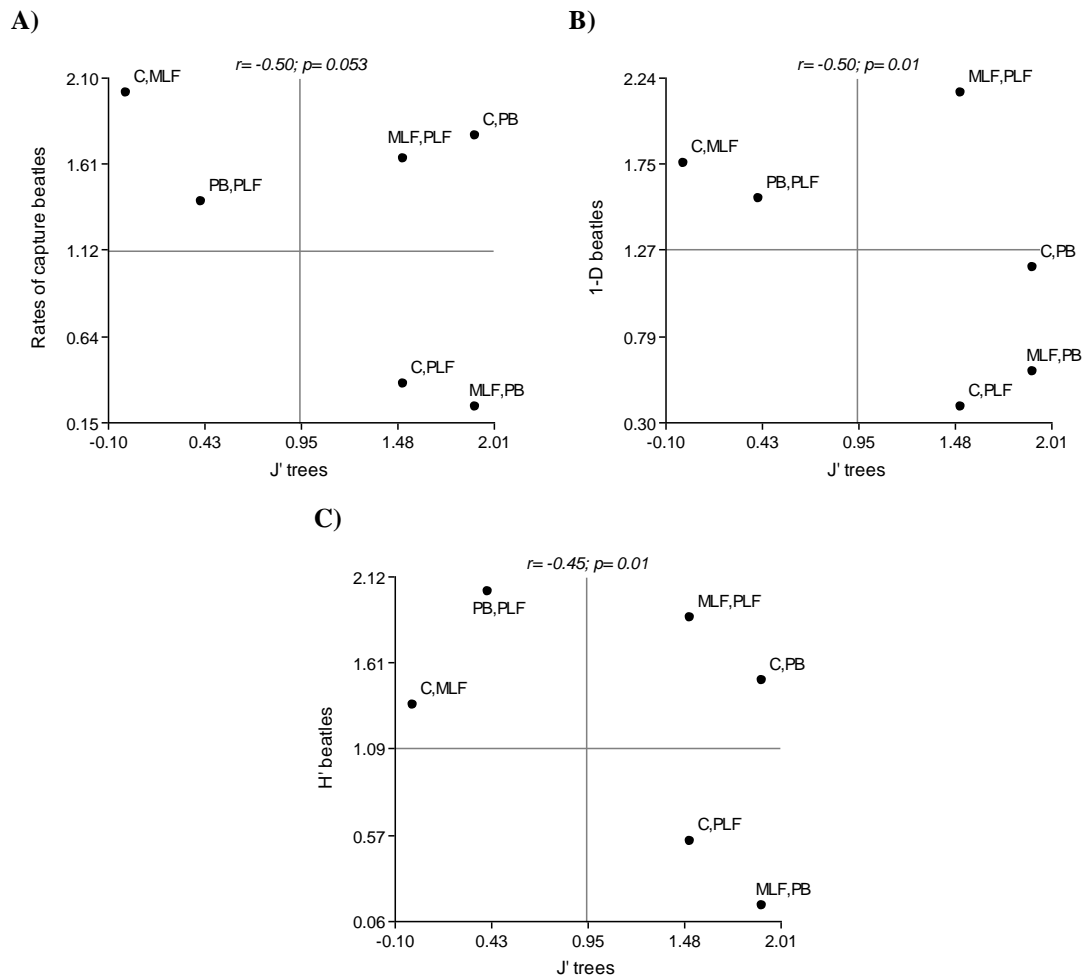
**Figura 22** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la diversidad arbórea de Simpson ( $1 - D$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la riqueza (A) y equitatividad de escarabajos (B). MLF= Cercas mono-específicas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos.

El diversidad arbórea, representada por Shannon, presentó asociaciones positivas y significativas con la riqueza ( $r_{Pearson}= 0,79$ ;  $p= 0,003$ ; Figura 23A) y con la equitatividad coleopterológica ( $r_{Pearson}= 0,81$ ;  $p= 0,005$ ; Figura 23B). Los otros índices no presentaron diferencias entre ellos (Tabla 5).



**Figura 23** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la heterogeneidad de coberturas arbóreas ( $H'$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la riqueza (A) y la equitatividad de escarabajos con el índice de Pielou (B), MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos.

La equitatividad arbórea presentó una asociación negativa con la tasa de captura de escarabajos ( $r_{Pearson}= -0,5$ ;  $p= 0,053$ ; Figura 23A), con diversidad de Simpson ( $r_{Pearson}= -0,5$ ;  $p= 0,01$ ; Figura 24B) y con la diversidad de Shannon ( $r_{Pearson}= -0,45$ ;  $p= 0,01$ ; Figura 24C). Mientras que con la riqueza de escarabajos no presento asociaciones con la equitatividad de Pielou arbórea (Tabla 5).



**Figura 24** Grado de asociación entre las matrices de distancias euclidianas de la equitatividad arbórea de Pielou ( $J'$ ) con las matrices de distancias euclidianas de la tasa de captura (A), tasa de captura (B) 1- Simpson (C) diversidad de Shannon, MLF= Cercas monoespecíficas, PLF= cercas poliespecíficas, C=plantaciones de cacao, PB= plantaciones de palma-banano.  $p \leq 0,05$  son significativos.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Composición de especies de escarabajos presentes en el suelo de cuatro formas de cobertura arbórea

Los escarabajos, el taxón más numeroso del planeta, en el Ecuador está representado por 3 282 especies (Salazar & Donoso, 2014), de los que 150 géneros pertenecen a la familia Scarabaeidae (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011). Dentro de esta familia, la subfamilia Scarabaeinae contiene 33 géneros y 220 especies (Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Melo, 2018). De esto se desprende que, los escarabajos capturados en la presente investigación, representan al 0,6 % de especies de escarabajos ecuatorianos, al 18,2 % de los géneros y al 6,4 % de las especies pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae. Varios factores pueden influir en los bajos porcentajes registrados, entre estos el gradiente altitudinal (García Q & Ospino M, 2005), y la alta intervención antrópica encontrada en la zona de influencia del estudio, pues se conoce que a mayor altitud, la abundancia y riqueza de seres vivos disminuye (Krebs, 1985) y que las actividades agrícolas merman las poblaciones de los bioindicadores (Chacón & Harvey, 2006; Granados, Kohlmann, & Russo, 2010; Peck, y otros, 2014).

Para la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas se han encontrado 17 especies de coleópteros, siendo los géneros más comunes: *Onthophagus*, *Canthidium*, *Sacatimus*, *Dichotomius*, *Eurysternus* y *Canthon*, este último fue uno de los menos numerosos (Astudillo-Alvarez, 2013). En la presente investigación se encontró que los géneros del paisaje agrícola de Santo Domingo y Puerto Quito fueron: *Ateuchus*, *Canthon*, *Onthophagus*, *Blapstinus*, *Eurysternus*, *Copris*, *Cyclocephala*, *Diplostethus*, *Metamasius* y *Sitophilus*, siendo *Canthon*, con la especie *Canthon delicatulus*, el de mayor abundancia absoluta sobre el resto de géneros.

*Ateuchus ecuadoriensis*, *Canthon delicatulus*, *Copris insertus* Say, *Onthophagus acuminatus*, *O. curvicornis*, *O. dicranius*, *O. dicranoides* y *O. nabeleky* han sido registrados previamente en las áreas de estudio (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011; Astudillo-Alvarez, 2013; Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Melo, 2018); de esta forma se infiere que, las especies restantes son registros nuevos o extensiones de distribución para el Ecuador (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Distribución y nuevos registros para especies de escarabajos capturados*

Especie	Distribución conocida	Tipo de registro para Santo Domingo y Puerto Quito
<i>Ateuchus ecuadoriensis</i>	Bolívar, El Oro, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Sto. Dgo. Tsáchilas	PR
<i>Ateuchus parvus</i>	Los Ríos	NR
<i>Canthon delicatulus</i>	Azuay, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Loja, Manabí, Pichincha, Sto. Dgo. Tsáchilas	PR
<i>Copris insertus</i>	Bolívar, Cotopaxi, Imbabura, El Oro, Esmeraldas, Los Ríos, Santa Elena, Sto. Dgo. Tsáchilas	PR
<i>Cyclocephala</i> sp.	No hay registro	NR
<i>Eurysternus vastiorum</i>	Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos	NR
<i>Onthophagus batesi</i>	IND	NR
<i>Onthophagus acuminatus</i>	Bolívar, Carchi, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Pichincha, Santa Elena, Sto. Dgo. Tsáchilas	PR
<i>Onthophagus confusus</i>	IND	NR
<i>Onthophagus curvicornis</i>	Bucay, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Loja, Pichincha, Tungurahua	PR
<i>Onthophagus dicranius</i>	Pichincha, Sto Dgo Tsáchilas, Los Ríos	PR
<i>Onthophagus dicranoides</i>	Guayaquil, Bucay, Cañar, El Oro, Los Ríos, Sto. Dgo. Tsáchilas	PR
<i>Onthophagus lojanus</i>	Loja, Sabanilla; Morona Santiago, Cutucú	NR
<i>Onthophagus nabeleky</i>	Bolívar, Cotopaxi, Guayas, El Oro, Loja, Pichincha, Santa Elena	PR
<i>Blapstinus</i> sp.	IND	NR
<i>Diplostethus</i> sp.	IND	NR
<i>Metamasius hemipterus</i>	IND	NR
<i>Sitophilus</i> sp.	IND	NR

IND= información disponible, Nr= nuevo registro, PR= previamente registrado. Fuente: (Carvajal, Villamarín, & Ortega, 2011; Astudillo-Alvarez, 2013; Chamorro, Marín-Armijos, Granda, & Vaz-de-Melo, 2018).

## 5.2 Diversidad de escarabajos entre coberturas arbóreas

La estructura y el ensamble de escarabajos se relacionan con la composición vegetal, existiendo una mayor distribución y abundancia de coleópteros en áreas con mayor cobertura de bosque (León-González, 2015), sin embargo, estos al igual que los sistemas agroforestales, han sido considerados aptos para proporcionar hábitat y recursos para la vida silvestre, por esta razón se puede prever que las plantaciones de cacao y de banano, son importantes para el mantenimiento de la biodiversidad en agrosistemas (Guiracocha, Harvey, Somarriba, Krauss, & Carrillo, 2001).

La presente investigación detectó la mayor **abundancia** en plantaciones de cacao y cercas poliespecíficas, las fincas donde se implementó el estudio se caracterizan por la reducción de químicos y reciclaje de materia orgánica como medio de fertilización. Este manejo basado en la reducción de productos químicos y la presencia de *Bos primigenius indicus*, probablemente contribuyeron a que: la abundancia de escarabajos se vea beneficiada en los cultivos mencionados. Cabe resaltar que Sánchez y otros, (2014) indicaron que la presencia de hierbas, escarabajos y mariposas aumentan en las plantaciones de cacao orgánico, debido a que la eliminación del uso de plaguicidas permite mantener un ambiente más heterogéneo.

Las cercas poliespecíficas, en el área de influencia del proyecto, separan potreros entre sí y de las plantaciones de palma, por lo tanto la presencia de ganado vacuno es común en sus alrededores. Debe resaltarse que en Talamanca (Costa Rica) las excretas de animales aumentan significativamente la presencia de escarabajos en bosques naturales (Astudillo-Alvarez, 2013; Sánchez, Vargas-Castro, Sánchez, & Amador, 2014). Por lo tanto la alta abundancia de este taxón puede ser ocasionada por la presencia de fecas de ganado vacuno en los potreros.

Acorde con Villamarín-Cortez (2010), la abundancia de escarabajos en bosques secundarios es más alta que en pastizales, debido a que la cobertura vegetal alta mantiene el alimento por períodos de tiempo más largos; por esta razón, es de suma importancia la implementación de cultivos orgánicos y poliespecíficos, para promover la conservación de fauna en paisajes agrícolas (Pozo-Rivera, y otros, 2018).

Las pruebas de Montecarlo demostraron que la mejor **riqueza** estuvo presente en cercas poliespecíficas. Es conocido que la mayor proporción de rastrojo influye en la presencia de mariposas en los cultivos orgánicos de cacao-banano en Talamanca (Sánchez, Vargas-Castro, Sánchez, & Amador, 2014; León-González, 2015); por lo tanto se infiere que la riqueza coleopterológica puede estar favorecida por la presencia de hojarasca en el suelo de las plantaciones de cacao. Otros factores que influyen en el aumento de las especies de invertebrados son el clima, la ganadería y la zona geográfica (Cabrero-Sañudo & Lobo, 2003).

La **diversidad** de escarabajos cambia con la cobertura arbórea (Lobo, Lumaret, & Jay-Robert, 1998), en la presente investigación esta variable fue mayor en cercas poliespecíficas y en plantaciones de cacao. En Costa Rica, se ha demostrado que las variedades de cacao también influyen en la diversidad y equitatividad de escarabajos estercoleros (Suatunce, Somarriba, Harvey, & Finegan, 2004); en el área del presente estudio, tan solo se registró a la variedad de Cacao Tengel 45, por lo que análisis de la influencia de las variedades cultivadas no pueden ser llevadas a cabo.



### **5.3 Asociaciones entre la diversidad de escarabajos del suelo y la diversidad de las formas de cobertura arbórea**

Debido a la escases de estudios de asociación de diversidad arbórea con la diversidad de escarabajos, y que investigaciones previas presentan otros métodos de captura de especímenes (ej. trampas de luz, cebo de cerdo) y análisis de datos (ej. Berger-Parker, equidad de Brillouin, ADEVA-Tukey) (Suatunce, Somarriba, Harvey, & Finegan, 2004), se considera que la siguiente información constituye un aporte metodológico que permitiría buscar grados de asociación entre grupos de fauna animal y diversidad florística. En un estudio reciente se utilizó los mismos métodos para relacionar variables de diversidad arbórea y quiropterológica en el mismo paisaje agrícola, objeto del presente estudio (Pozo-Rivera, 2017).

Las asociaciones encontradas en este estudio demuestran que en las coberturas arbóreas con mayor densidad, riqueza y diversidad de árboles, existe mayor riqueza y equitatividad de escarabajos y viceversa. Por su parte, en las coberturas arbóreas con alta equitatividad, existen bajas tasas de captura y diversidad coleopterológica. Estas asociaciones son por primera vez detectadas ya que Suatunce y colaboradores (2004) indicaron que la riqueza específica de coleópteros, se asocia solamente con la de riqueza de especies vegetales y su DAP.

Por otro lado, en los paisajes agrícolas tropicales, se han encontrado asociaciones positiva entre la tasa de captura y la riqueza de murciélagos de la familia Phyllostomidae (Pozo-Rivera, 2017). La riqueza, diversidad y equitatividad arbórea no presentan asociaciones significativas con los índices de abundancia, riqueza y estructura de murciélagos; mientras que, la abundancia de filostómidos se encuentra asociada con la densidad y cobertura del dosel de los árboles acorde con las características del ambiente donde estos animales habitan (García-García & Santos-Moreno, 2014; Pozo-Rivera, 2017).

Las matrices de distancias euclidianas de la densidad de los fragmentos agrícolas y la diversidad de fragmentos del paisaje, se asociaron en positiva y significativamente con las matrices de distancias euclidianas de la densidad y equitatividad arbórea (Pozo-Rivera, Cárdenas-Tello, Echeverría, Berovides-Álvarez, & Ricardo-Nápoles, 2017). Esto demuestra que las características del paisaje podrían también afectar a la abundancia, riqueza y estructura coleopterológica.

Por su parte la riqueza y diversidad de aves de potreros y cercas vivas, se relacionan con la diversidad de árboles presentes en estos agrosistemas (Ramírez, y otros, 2011), por tal razón, León-González (2015) demostró que es necesario mantener cobertura forestal diversa para favorecer el incremento de especies de escarabajos. Por ende a mayor diversidad vegetal se incrementa la diversidad animal presente en paisajes agrícolas.

Acorde con Harvey, y otros (2006), en los paisajes agrícolas son excelentes bioindicadores del buen estado de conservación ambiental, los árboles, aves, murciélagos, escarabajos estercoleros y mariposas. Hasta ahora, en las áreas de influencia del estudio, se han evaluado la diversidad arbórea (Pozo-Rivera, Cárdenas-Tello, Echeverría, Berovides-Álvarez, & Ricardo-Nápoles, 2017), de murciélagos (Pozo-Rivera & Eras-M, 2012; Pozo-Rivera, Recalde-Samaniego, Cárdenas-T, Morejón-García, & Berovides-Álvarez, 2015; Pozo-Rivera, 2017), y de aves (Pozo-Rivera, Cárdenas-T, Dávila-G, & Eras-M, 2014; Aguilar A, Lascano N, Chiriboga N, Villacís B, & Pozo-Rivera, 2017). Con el presente estudio se aporta al conocimiento de la diversidad de escarabajos presentes en paisajes agrícolas, faltando por estudiar otros taxa bioindicadores tales como Lepidópteros (Harvey, y otros, 2006), Nematoda, Annelida y Fungi.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- En el suelo de cuatro coberturas arbóreas de noroeste ecuatoriano se encontraron cuatro familias y dieciocho especies de escarabajos, siendo las más abundantes *Canthon delicatulus*, *Onthophagus dicranoides*, *Ateuchus ecuadoriensis* y *Blapstinus* sp.
- Las plantaciones de cacao y las cercas poliespecíficas presentan la mayor abundancia, riqueza y diversidad de Scarabaeidae.
- En las coberturas arbóreas de mayor densidad, riqueza y diversidad arbórea, existe una mayor riqueza y equitatividad de escarabajos; el más alto índice de equitatividad arbórea influye en la tasa de captura y la diversidad de coleópteros, siendo esta menor, cuando la equitatividad es mayor.

#### 6.2 Recomendaciones

- Realizar un análisis de influencia de las variedades de los cultivos de cacao, para conocer si este factor influye en la abundancia, riqueza o estructura de los escarabajos del suelo.
- Evaluar si la composición y la configuración de fragmentos presentes en paisajes agrícolas se asocian con las características de la diversidad de coleópteros.
- Proponer un estudio sobre la influencia de temporadas secas y lluviosas sobre la abundancia, riqueza y estructura de escarabajos.
- Extender el estudio a otros taxa bioindicadores tales como hongos, mariposas, nemátodos y anélidos.

### 6.3 Bibliografía

- Aguilar A, A., Lascano N, S. L., Chiriboga N, C. E., Villacís B, J. E., & Pozo-Rivera, W. E. (2017). Diversidad de aves en cercas vivas y potreros del trópico húmedo del Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica, 12-13*, 7-13.
- Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Montalvo, D., Cáceres, F., & Román, J. L. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador*. Quito-Ecuador: Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional.
- Alonso-Zarazaga, M. Á. (2015). CLASE INSECTA - ORDEN COLEOPTERA. *Revista IDE@ - SEA(55)*, 1-18.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (1994). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Barcelona: Icaria editorial.
- Altieri, M. A., Funes - Monzote, F. R., & Petersen, P. (2011). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*. doi:10.1007/s13593-011-0065-6
- Araujo, P., Bersosa, F., Carranco, R., Granda , V., Guerra , P., Miranda, N., . . . Troya, A. (2005). EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS (INSECTA: COLEOPTERA) DEL CHOCÓ ECUATORIANO. *Politécnica*, 6(1), 120-140.
- Astudillo-Alvarez, M. L. (2013). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) como indicadores de diversidad biológica en la parroquia de Puerto Limón - Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Tesis para la obtencion del título de Ingeniero en Gestión Ambiental*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Balzarini, M. G., Gonzales, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2013). *InfoStat, Manual del Usuario*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Cabrero-Sañudo, F. J., & Lobo, J. M. (2003). Reconocimiento de los factores determinantes de la riqueza de especies: el caso de los Aphodiinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae) en la Península Ibérica. *Graellsia*, 59(2-3), 155-177.

- Carvajal, V., Villamarín, S., & Ortega, A. (2011). *Escarabajos del Ecuador. Principales géneros*. (Vol. 1). Quito: Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional.
- Celi, J., Terneus, E., Torres, J., & Ortega, M. (2004). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) Diversity in an altitudinal gradient in the Cutucú Range, Morona Santiago, Ecuadorian Amazon. *Lyonia*, 7(2), 37-52.
- Chacón, M., & Harvey, C. A. (2006). *Live fences and landscape connectivity in a Neotropical agricultural landscape* (Vol. 68). Agroforestry Systems. doi:DOI: 10.1007/s10457-005-5831-5
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., & Vaz-de-Melo, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeidae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72-100. doi:10.25100/socolen.v44il.6545
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9*. Obtenido de <http://www.purl.oclc.org/estimates>
- da Silva, P. G., & da Silva, F. C. (2011). Besouros (Insecta: Coleoptera) Utilizados Como Bioindicadores. *Revista Congrega Urcamp*, 5, 1-16.
- da Silva, P. G., & Hernández M, I. M. (2016). *Spatial variation of dung beetle assemblages associated with forest structure in remnants of southern Brazilian Atlantic Forest* (Vol. 60). *Revista Brasileira de Entomologia*. doi:10.1016/j.rbe.2015.11.001
- da Silva, P. G., & Hernández-Medina, M. I. (2015). Spatial Patterns of Movement of Dung Beetle Species in a Tropical Forest Suggest a New Trap Spacing for Dung Beetle Biodiversity Studies. *PLoS ONE*, 10(5), e0126112. doi:10.1371/journal.pone.0126112
- Dangles, O., Barragán, Á., Cárdenas, R. E., Onore, G., & Keil, C. (2009). Entomology in Ecuador: Recent developments and future challenges. *Annales de la Société Entomologique de France*, 45(4), 424-436. doi:0.1080/00379271.2009.10697627
- de la Peña-Cuéllar, E., Benítez-Malvido, J., Ávila-Cabadilla, L. D., Martínez-Ramos, M., & Estrada, A. (2015). Structure and diversity of phyllostomid bat assemblages on riparian

corridors in a human-dominated tropical landscape. *Ecology and Evolution*, 5(4), 903-913. doi:10.1002/ece3.1375

de la Torre, L., Navarrere, H., Muriel, P., Macía, M. J., & Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito-Ecuador: Herbario QCA y Herbario AAU. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/310828407\\_Enciclopedia\\_de\\_las\\_Plantas\\_Utiles\\_del\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/310828407_Enciclopedia_de_las_Plantas_Utiles_del_Ecuador)

Di Rienzo, J. A., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2017). *InfoStat, Software Estadístico*. Web Site. Obtenido de Infostat.

Fauth, J. E., Bernardo, J., Camara, M., Resetarits Jr., W. J., Van Buskirk, J., & McCollum, S. A. (1996). Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist*, 147(2), 282-286.

Feinsinger, P. (2001). *Designing Field Studies for Biodiversity Conservation*. Washington, DC: Island Press.

FRA, Forest Resources Assessment. (2015). *Terms and Definitions*. Roma-Italia: Forest Resources Assessment Working Paper 180.

GAD Puerto Quito. (2017). *Puerto Quito, paraíso de la biodiversidad*. Obtenido de Datos Geográficos: [http://www.puertoquito.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=145&Itemid=54](http://www.puertoquito.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=54)

García Q, H. G., & Ospino M, D. A. (2005). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal de la vertiente noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Memoria de Grado, Requisito para optar al título de Biólogo*. Santa Marta DTCH: Universidad de Magdalena: Facultad de Ciencias Básicas.

García-García, J. L., & Santos-Moreno, A. (2014). Efectos de la estructura del paisaje y de la vegetación en la diversidad de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) de Oaxaca, México. *Revista de biología tropical*, 62, 217-240. doi:10.15517/rbt.v62i1.12094

- Gil-Recio, C. (27 de Enero de 2016). *Insectos: clasificación y características*. Obtenido de Paradais Sphynx: <https://invertebrados.paradais-sphynx.com/artropodos/insectos-clasificacion-caracteristicas.htm>
- Granados, J. M., Kohlmann, B., & Russo, R. (2010). Escarabajos del estiércol como bioindicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la Región Atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 6(2), 181-189.
- Guiracocha, G., Harvey, C., Somarriba, E., Krauss, U., & Carrillo, E. (2001). Conservación de la biodiversidad en agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 8(30), 7-11.
- Harvey, C. A., Medina, A., Sánchez, D. M., Vilchez, S., Hernández, B., Saenz, J. C., . . . Sinclair, F. L. (2006). Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 1686-1999, 1.
- Harvey, C. A., Villanueva, C., Esquivel, H., Gómez, R., Ibrahim, M., Lopez, M., . . . Sinclair, F. L. (2011). Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *Forest Ecology and Management*, 261, 1664-1674.
- Harvey, C. A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., . . . Sinclair, F. L. (2005). Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111, 200-230.
- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. San José: IICA.
- Hutton, S. A., & Giller, P. S. (2003). The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 994-1007.
- Ibarra-Polesel, M. G., Damborsky, M. P., & Porcel, E. (2015). Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina*, 744-753.
- INAMHI, I. (2015). *Anuario meteorológico (2012)*. No. 51-55. Quito - Ecuador: Dirección de Gestión Meteorológica.

- Jiménez, F., & Muschler, R. (2001). INTRODUCCIÓN A LA AGROFORESTERÍA. En F. Jiménez, R. Muschler, & E. Köpsell, *FUNCIONES Y APLICACIONES DE SISTEMAS AGROFORESTALES* (págs. 1- 24). Turrialba, Costa Rica: CATIE/CTZ.
- Jiménez-Sánchez, E., Quezada-García, R., & Padilla-Ramírez, J. (2013). Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Revista Biológica Tropical*, 61(3), 1475-1491.
- Krebs, C. J. (1985). *ECOLOGÍA: Estudio de la Distribución y la Abundancia*. México: Oxford.
- León-González, E. J. (2015). Diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un paisaje fragmentado de uso ganadero en el Magdalena Medio Antioqueño. *Tesis para la obtención del título de Magister en Ciencias-Entomología*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Lobo, J. M., Lumaret, P. J., & Jay-Robert, P. (1998). Sampling dung beetles in the French Mediterranean area: effects of abiotic factors and farm practices. *Pedobiología*, 42, 252-266.
- Luzuriaga-Quichimbo, C. X. (2013). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) como indicadores de diversidad biológica en la Estación Biológica Pindo Mirador. Pastaza - Ecuador. *Tesis para la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental*. Puyo, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- McAlece, N., Gage, J., Lamshead, P., & Paterson, G. (1997). *BioDiversity Professional, Version 2*. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
- Medina, C. A., & Lopera-Toro, A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de Géneros de escarabajos coprófagos (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) de Colombia. *Caldasia*, 22(2), 299-315.
- Medina, C. A., Lopera-Toro, A., Vítolo, A., & Gill, B. (2001). Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae:Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2(2), 131-144.
- Michie, M. G. (1982). Use of the Bray-Curtis similarity measure in cluster analysis of foraminiferal data. *Mathematical Geology*, 14(6), 661-667. doi:10.1007/BF01033886



- Monge-Nájera, J. (2015). ¿Existen realmente los ensamblajes ecológicos? *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 575-577.
- Morales, M. J. (2015). Análisis morfométrico de coleópteros en diferentes tipos de usos de suelo en la finca "Fundo de los Guanábanos" Puerto Quito-Ecuador. *Tesis para la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Morales-Hidalgo, D. (2006). Tree cover assessment with special focus on the relative issue: case studies in open areas in Costa Rica. *Cuvillier Verlag, Göttingen*.
- Muñoz-Escobar, C., & Jerez, V. (2017). Diversidad y composición de coleópteros del Parque Nacional Bernardo O'Higgins (región de Magallanes, Chile). *Bosque*, 38(2), 199-224. doi:10.4067/S0717-92002017000200006
- Peck, M. R., Maddock, S. T., Morales, J. N., Oñate, H., Mafla-Endara, P., Aguirre-Peñañiel, V., . . . Tolhurst, B. A. (2014). Cost-effectiveness of using small vertebrates as indicators of disturbance. *Conservation Biology*, 28(5), 1331 - 1341. doi:10.1111/cobi.12373
- Pezo, D., & Ibrahim, M. (1999). *Sistemas Silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Pozo-Rivera, W. E. (2017). Efectos de la diversidad arbórea y la estructura del paisaje agrícola tropical ecuatoriano sobre la biodiversidad de murciélagos filostómidos. *Tesis para la obtención de Doctorado en Ciencias Biológicas*. La Habana, Cuba: Universidad de la Habana.
- Pozo-Rivera, W. E., & Eras-M, A. (Octubre de 2012). Quirópteros presentes en bosques riparios de fincas ganaderas y agrícolas de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. En D. G. Tirira, & S. F. Burneo, *Investigación y conservación sobre murciélagos en el Ecuador* (págs. 61-68). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 9. doi:10.13140/2.1.2674.7687
- Pozo-Rivera, W. E., Cárdenas-T, C. D., Dávila-G, L., & Eras-M, A. (2014). Conservación y aprovechamiento de la ornitofauna y flora presentes en bosques riparios en Los Tsáchilas,

Ecuador. *VI CONGRESO FORESTAL LATINOAMERICANO*. Michoacan México.  
doi:10.13140/2.1.4434.1768

Pozo-Rivera, W. E., Cárdenas-T, C. D., Oreal-I, U., & Morejón-G, M. (2014). ROL DE LAS CERCAS VIVAS DE LA FINCA LA ABUNDANCIA EN LA CONSERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS. *VI CONGRESO FORESTAL LATINOAMERICANO*. Michoacan México. doi:10.13140/2.1.1812.7369

Pozo-Rivera, W. E., Cárdenas-Tello, C. D., Echeverría, A., Berovides-Álvarez, V., & Ricardo-Nápoles, N. (2017). Efecto de la estructura del paisaje agrícola en la diversidad arbórea. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*(13), 14-20.

Pozo-Rivera, W. E., Recalde-Samaniego, S. R., Cárdenas-T, C. D., Morejón-García, M., & Berovides-Álvarez, V. (2015). Diversidad quiropterológica de dos tipos de cultivos, Noroccidente ecuatoriano. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 12(11-12), 95-103.

Pozo-Rivera, W. E., Yazán-Ayala, K., Alvear-Barrezueta, R., Loaiza-S, C., Berovides-Álvarez, V., & Mancina, C. A. (2018). Range extension to Santo Domingo de los Tsáchilas province and revised distribution of *Platyrrhinus chocoensis* (Phyllostomidae: Chiroptera) in western Ecuador. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 58(10), 1-8. doi:10.11606/11807-0205/2018.58.10

Ramírez, L. R., Casanoves, F., Harvey, C. A., Chacón, M., Soto, G., & Declerck, F. (2011). Efecto de la diversidad arbórea y la distancia al bosque de los sistemas silvopastoriles sobre la conservación de aves residentes de Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 48, 36-45.

Rangel-Acosta, J. L., & Martínez-Hernández, N. J. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 389-401.

Salazar, F., & Donoso, D. (2014). El mundo de los invertebrados: en busca del número total de especies del Ecuador. *Nuestra ciencia*(16), 37-40.

- Sánchez, N. V., Vargas-Castro, L. E., Sánchez, A., & Amador, M. (Diciembre de 2014). Riqueza y abundancia de mariposas diurnas, escarabajos coprófagos y plantas en cultivos orgánicos y convencionales de tres regiones de Costa Rica. *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 5(2), 249-259.
- Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia*.
- Suatunce, P., Somarriba, E., Harvey, C., & Finegan, B. (2004). Diversidad de escarabajos estiercoleros en el bosque y en cacaotales con diferente estructura y composición florística en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*(41-42), 37-42.
- Swingland, I. R. (2001). BIODIVERSITY DEFINITION OF. *Encyclopedia of Biodiversity*, 1, 3377-391.
- Toro, H., Chiappa, E., & Tobar, C. (2003). *Biología de insectos*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Tscharntke, T., Sekercioglu, C. H., Dietsch, T., Sodhi, N. S., Hoehn, P., & Tylianakis, J. M. (2008). Landscape constraints functional diversity of birds and insects in tropical agroecosystems. *Ecology*, 89(4), 944-951.
- Uribe, L. M., & Vallejo, E. L. F. (2013). Diversidad de escarabajos Carabidae y Scarabaeidae de un bosque tropical en el Magdalena medio colombiano. *Boletín Científico de Museos de Historia Natural*, 17(2), 174-196.
- Vilchez, S. J. (2009). Efecto de la composición y estructura del paisaje y del hábitat sobre distintos grupos taxonómicos en un agropaisaje en Matiguás, Nicaragua. *Tesis Mag. Sc. CATIE*. Turrialba.
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *Avances*, 2(3), B98-B103.