

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS
AMBIENTALES**

CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema:

“Composición de las comunidades de coleópteros en sistemas silvopastoriles (acacia, aliso y pasto) y un bosque de referencia como indicadores de diversidad biológica en la Parroquia El Carmelo- Carchi- Ecuador”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTORA: Mariana del Carmen Mejía Narváez

TUTOR: M.Sc. Hernán Benavides

TULCÁN - ECUADOR

2018

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante Mariana del Carmen Mejía Narváez con el número de cédula 0401681259 ha elaborado el trabajo de titulación: “Composición de las comunidades de coleópteros en sistemas silvopastoriles (acacia, aliso y pasto) y un bosque de referencia como indicadores de diversidad biológica en la Parroquia El Carmelo- Carchi- Ecuador”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Hernán Benavides M.Sc.

Ing. Marcelo Ibarra M.Sc.

Tulcán, 10 de mayo de 2018

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniera de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Mariana del Carmen Mejía Narváez con cédula de identidad número 0401681259 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal. Los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

Mariana del Carmen Mejía Narváez

Tulcán, 10 de mayo de 2018

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mariana del Carmen Mejía Narváez declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Composición de las comunidades de coleópteros en sistemas silvopastoriles (acacia, aliso y pasto) y un bosque de referencia como indicadores de diversidad biológica en la Parroquia El Carmelo- Carchi- Ecuador” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Mariana del Carmen Mejía Narváez

Tulcán, 10 de mayo de 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme llegar a este momento y haberme dado la salud para lograr mis sueños, además de su gran amor.

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN) por permitirme realizar este trabajo de investigación.

A mi tutor, Ing. Hernán Benavides por su confianza, esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos y experiencia ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

También agradezco a mis profesores que durante toda mi carrera profesional aportaron con sus conocimientos a mi formación.

Definitivamente los sueños están hechos de estrellas, cada estrella es cada persona que llega para ayudar a conseguir ese sueño: amigos, compañeros, consejeros, guías. Muchas gracias a todos ellos.

DEDICATORIA

A mi madre Yolanda Narváez por apoyarme en todo momento, por su cariño, por sus consejos y por enseñarme desde niña a luchar para lograr mis metas.

A mi hijos Camilo Alexander y al angelito que viene en camino, por ser el motivo de mi lucha constante y por avivar la necesidad de ser cada día mejor.

A mi pareja Rommel Fuel por ayudarme, motivarme constantemente y por apoyarme aún en las situaciones más difíciles.

A mi hermano Edmundo y mi cuñada Martha, por su cariño y apoyo en todo este proceso.

ÍNDICE

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR.....	I
AUTORÍA DE TRABAJO.....	II
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4.3 Preguntas de Investigación.....	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.2.1 Sistemas Silvopastoriles (SSP).....	7
2.2.2 Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente.....	7
2.2.3 Los Coleópteros.....	7
2.2.4 Descripción de las familias de coleópteros.....	8
2.2.4.1 <i>Carabidae</i>	8
2.2.4.2 <i>Chrysomelidae</i>	8
2.2.4.3 <i>Coccinelidae</i>	9
2.2.4.4 <i>Curculionidae</i>	10
2.2.4.5 <i>Dermestidae</i>	10
2.2.4.6 <i>Dytiscidae</i>	10

2.2.4.7 <i>Elateridae</i>	11
2.2.4.8 <i>Endomychidae</i>	11
2.2.4.9 <i>Leiodidae</i>	12
2.2.4.10 <i>Melolonthidae</i>	12
2.2.4.11 <i>Melyridae</i>	13
2.2.4.12 <i>Nitidulidae</i>	13
2.2.4.13 <i>Oedemeridae</i>	14
2.2.4.14 <i>Passalidae</i>	14
2.2.4.15 <i>Ptilodactylidae</i>	15
2.2.4.16 <i>Scarabaeidae</i>	15
2.2.4.17 <i>Shyloidae</i>	16
2.2.4.18 <i>Staphylinidae</i>	16
III. METODOLOGÍA	18
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	18
3.1.1. Enfoque	18
3.1.1. Enfoque cuantitativo	18
3.1.2. Tipo de Investigación	18
3.1.2.1 Correlacional	18
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER	18
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	20
3.4.1 Área de Estudio	20
3.4.2 Período de duración de la investigación:	20
3.4.3 Fase de campo:	20
3.4.3.1 Instalación de ensayo piloto	21
3.4.3.2 Muestreo empleado	22
3.4.3.3 Unidades de muestreo	23
3.4.3.4 Colecta manual	23
3.4.3.5 Toma de datos	24
3.4.4 Fase de laboratorio	24
3.4.4.1 Reconocimiento taxonómico	24
3.4.5 Análisis de datos	25

3.4.5.1 Pruebas de normalidad y contraste de abundancia y riqueza	25
3.4.5.1 Curvas de acumulación de especies.....	25
3.4.5.2 Análisis de diversidad.....	25
3.4.6 Especies Indicadoras.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. RESULTADOS	27
4.1.1 Análisis estadísticos.....	27
4.1.2 Contraste de hábitat por abundancia.....	27
4.1.3 Contraste de hábitat por riqueza	27
4.1.4 Análisis Ecológico.....	27
4.1.4.1 Esfuerzo de muestreo.....	29
4.1.4.2 Índices de diversidad.....	31
4.1.4.3 Abundancia.....	32
4.2 DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. CONCLUSIONES	40
5.2. RECOMENDACIONES.....	40
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
VII. ANEXOS	49
ANEXO 1 -DESCRIPCIÓN DE TRAMPAS	49
TRAMPAS DE CAIDA	49
TRAMPA DE INTERCEPCIÓN DEL VUELO	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Individuos colectados en el ensayo piloto trampas pitfall	21
Tabla 2. Individuos colectados en el ensayo piloto trampas de vuelo en cada transecto T)	22
Tabla 3. Individuos colectados en el ensayo piloto en colecta manual	22
Tabla 4. Área de muestreo	23
Tabla 5. Test de diversidad de Shannon y Margalef.	31
Tabla 6. Coleópteros registrados en la Finca San Vicente	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Carabidae</i> : (A) <i>Pseudoxycheila sp</i> (B) <i>Dyscolus sp</i> (C) <i>Paratrechus sp</i>	8
Figura 2. <i>Chrysomelidae</i> : (A) <i>Diabrotica sp</i> (B) <i>Chrysomelidae sp1</i> (C) <i>Galerucinae</i> (D) <i>Chrysomelidae sp2</i> (E) <i>Alticinae sp</i> (F) <i>Eumolpinae</i> (G) <i>Chrysomelidae sp3</i>	9
Figura 3. <i>Coccinelidae</i> : (A) <i>Neda Norrisi</i> (G. Me) (B) <i>Coccinelidae sp1</i>	9
Figura 4. <i>Curculionidae</i> : (A) <i>Curculionidae sp 1</i> (B) <i>Cosonus sp</i> (C) <i>Xyleborus sp</i>	10
Figura 5. <i>Dermestidae sp1</i>	10
Figura 6. <i>Dytiscidae: Ranthus sp</i>	11
Figura 7. <i>Elateridae</i> : (A) <i>Elateridae sp1</i> (B) <i>Conoderus sp</i>	11
Figura 8. <i>Endomychidae sp1</i>	12
Figura 9. <i>Leiodidae</i> : (A) <i>Eucatops sp</i> (B) <i>Dissocheatus sp</i>	12
Figura 10. <i>Melolonthidae: Astanea sp</i>	13
Figura 11. <i>Astylus sp</i>	13
Figura 12. <i>Nitidulidae sp</i>	14
Figura 13. <i>Oedemeridae sp</i> (Foto: Autora)	14
Figura 14. <i>Passalidae: Passalus sp</i>	15
Figura 15. <i>Ptilodactylidae sp</i>	15
Figura 16. <i>Scarabaeidae</i> : (A) <i>Ancognatha Luteoi</i> (B) <i>Ancognatha Castanea</i>	16
Figura 17. <i>Shylopidae sp</i>	16
Figura 18. <i>Staphylinidae</i> : (A) <i>Acyloporus sp</i> (B) <i>Chroaptomus sp</i>	17
Figura 19. Lugar de Investigación.....	20
Figura 20. Disposición de transectos en el campo.....	24
Figura 21. Análisis de coordenadas principales derivados de las matrices de similitud de Bray Curtis (B) Análisis de similitud de Jaccard para abundancia	28
Figura 22. Curvas de acumulación de especies correspondientes a los 14 días: (A) Bosque; (B) Pasto; (C) Acacia; (D) Aliso.	31
Figura 23. Especies dominantes y abundantes del Bosque (A), Pasto (B), Acacia (C), Aliso (D).....	35
Figura 24. Montaje de la trampa pitfall	49

Figura 25. Montaje de la trampa de intersección del vuelo. (Foto: Autora)..... 50

RESUMEN

Se estudió la diversidad de coleópteros en dos Sistemas Silvopastoriles (SSP) con aliso y acacia, se contrastó con un pastizal convencional y un remanente de bosque nativo. La investigación se realizó en la Finca San Vicente, en la parroquia El Carmelo, Carchi. El objetivo de la investigación fue determinar si las prácticas de silvopastoriles mejoran las condiciones de biodiversidad dentro del sistema versus a la práctica tradicional de pastoreo y si estas son comparables con la diversidad del bosque nativo.

Se muestrearon cuatro hábitats a través de trampas de caída, vuelo y colectas manuales, durante 14 días distribuidos en dos eventos posteriores a un ensayo piloto de cebos. La técnica de colecta manual no fue efectiva por lo que sus resultados fueron descartados del análisis.

Se usó un diseño de muestreo sistemático, en el análisis estadístico se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk en abundancia y riqueza, los datos que no presentaron normalidad fueron transformados a logaritmo, de esta manera se analizaron los resultados por medio de un ANOVA general univariante en el que se establecieron diferencias significativas para abundancia y riqueza de los hábitats.

La abundancia total fue de 2002 individuos en trampas de caída y vuelo, en total se registraron 33 especies y 18 familias. La mayor abundancia se registró en el bosque con 812 individuos, seguido por el aliso con 512 individuos y finalmente el sistema de pasto y acacia con 359 y 319 respectivamente, *Acylophorus sp* y *Chroaptomus sp* fueron dominantes en bosques 31% y 22 % respectivamente, el sistema con pasto y acacia estuvieron representados por *Dyscolus sp* 37% y 41% respectivamente, mientras que el sistema aliso estuvo mejor representado por *Acylophorus sp* 22%.

La diversidad de coleópteros fue un tanto más elevada en el sistema silvopastoril con aliso con un índice de Shannon de $H' = 2,2$ y el Índice de Margalef (DMg) de 3,04 en comparación del sistema convencional con pasto: $H' = 2,05$; DMg = 2,2 y el más bajo fue el bosque $H' = 1,99$ y DMg = 2,68. La similitud de Bray Curtis indica que el bosque se aleja de las tres condiciones y el sistema con aliso es un intermedio entre el sistema con acacia y el pasto, así mismo la similitud de Jaccard presenta 3 grupos: 1) Pasto y acacia, 2) Aliso; 3) Bosque.

ABSTRACT

It was studied the diversity of Coleoptera in two Silvopastoral Systems (SSP) with aliso and acacia, it was compared with a conventional pasture and a remnant of native forest. The research was carried out at “Finca San Vicente”, in the parish of “El Carmelo, Carchi”. The objective of the research was to determine if silvopastoral practices improve the conditions of biodiversity within the system versus the traditional practice of grazing and if these are comparable with the diversity of the native forest.

Four habitats were sampled through fall traps, flight and manual collections, during 14 days distributed in two events after a pilot trial of baits. The technique of manual collection was not effective, so their results were discarded from the analysis.

A systematic sampling design was used, in the statistical analysis the Shapiro Wilk normality test was applied in abundance and wealth, the data that did not show normality were transformed to logarithm, in this way the results were analyzed by means of a univariate general ANOVA in the one that settled down significant differences for abundance and wealth of the habitats.

The total abundance was of 2002 individuals in fall and flight traps, in total there were 33 species and 18 families. The highest abundance was recorded in the forest with 812 individuals, followed by the alder with 512 individuals and finally the pasture and acacia system with 359 and 319 respectively, *Acylophorus sp.* and *Chroaptomus sp* were dominant in forests 31% and 22% respectively, the system with grass and acacia were represented by *Dyscolus sp* 37% and 41% respectively, while the alder system was better represented by *Acylophorus sp* 22%.

The diversity of coleoptera was somewhat higher in the silvopastoral system with alder with a Shannon index of $H' = 2,2$ and the Margalef index (DMg) of 3,04 compared with the conventional system with grass: $H' = 2,05$; DMg = 2,2 and the lowest was the forest $H' = 1,99$ and DMg = 2,68.

The similarity of Bray Curtis indicates that the forest moves away from the three conditions and the system with alder is an intermediate between the system with acacia and the grass, likewise the similarity of Jaccard presents 3 groups: 1) Grass and acacia, 2) Aliso; 3) Forest.

INTRODUCCIÓN

Los suelos son fundamentales para la vida de la Tierra, sin embargo, la presión humana sobre este recurso está llegando a límites críticos, produciéndose graves amenazas para las funciones de este recurso tales como: erosión, desequilibrio de nutrientes, acidificación del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad (FAO, 2015). Por esta razón es importante aplicar a los modelos actuales como a las nuevas propuestas de uso de la tierra, indicadores que permiten la interpretación de sostenibilidad, tal es el caso la implementación de Sistemas Silvopastoriles, que son una alternativa para solucionar problemas ecológicos y de producción causados por la ganadería extensiva (Marinidou y Jiménez, 2010), ya que mejoran el microclima, protegen el pasto y el ganado del viento, la humedad y sol excesivo, disminuyen la evaporación del suelo, fijan nitrógeno lo que eleva la capacidad nutritiva del pasto, permiten el reciclaje de nutrientes, permiten el secuestro de carbono, gases de efecto invernadero y ayudan a la conservación de la biodiversidad (Alonso, 2009).

Evidentemente los SSP son muy importantes para la producción ganadera, ya que interactúan con factores bióticos, abióticos y socio-económicos, conjuntamente con el desarrollo de sus componentes son una base esencial para conocer la sostenibilidad de éstos sistemas, entre estos factores algunos índices de biodiversidad constituyen indicadores fundamentales para el equilibrio biológico y ecológico de un agro ecosistema, los cuales en relación del nivel poblacional y magnitud de daño manifestado por algunas especies pueden provocar la inestabilidad de los sistemas (Lazo, Valenciaga, Arruda, y Demolin, 2011).

De esta manera, el objetivo de estudio es conocer el impacto que tienen los sistemas silvopastoriles en la composición de las comunidades de coleópteros, ya que el uso de coleópteros como indicadores de biodiversidad está respaldada por muchas investigaciones, siendo las familias *Carabidae* y *Staphylinidae* las más utilizadas, debido a que permiten evaluar la respuesta de sus especies a cambios ambientales además su ecología, biología y taxonomía está claramente definida (Suárez, 2015).

I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suelo tiene una dinámica propia que evoluciona conjuntamente con las condiciones ambientales abióticas y bióticas; sin embargo, esta dinámica está influenciada por la actividad humana, misma que ha ocasionado alteraciones que ponen en peligro este recurso. La FAO (2000) señala que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina corresponde a la aplicación de métodos de labranza inapropiados, causando alteración a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, cuyo efecto se evidencia en la disminución del rendimiento agrícola.

Suquilanda (2008) menciona que en el Ecuador la degradación de suelos constituye un gran problema ambiental, se ha calculado que alrededor del 48 % de la superficie nacional tiene serios problemas de erosión de la misma manera GEOECUADOR (2008) explica que en el Carchi el 12% de los suelos se encuentran expuestos a la continua erosión, como efecto de la actividad agropecuaria, Noni y Trujillo (1986) sostienen que la expansión de la frontera agrícola y ganadera, propician el deterioro del medio ambiente, esto sumado a los deficientes programas de capacitación y reflexión comunitaria sobre los beneficios que implica la protección de los ecosistemas.

De este modo la pérdida de suelo por erosión en tierras en Ecuador esta cerca del 50%, siendo la Sierra donde se presenta una erosión, activa a muy activa, generalizada en muchos lugares y una vez que el suelo arable ha desaparecido, la tierra es abandonada por los campesinos y la erosión prosigue su obra sobre el subsuelo así lo indica el Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica (CEDIG, 1986), y la erosión por labranza con arado de discos en la provincia, en un suelo negro con 30% de pendiente, se estima en 40 toneladas por hectárea así lo indica el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2011).

Del mismo modo el uso del suelo en la parroquia El Carmelo, viene cambiando, pasando del cultivo de papas y cereales, a la implementación de pastizales para pastoreo de ganado y producción de leche; la topografía de la parroquia es accidentada, y la explotación del suelo se realiza sin la aplicación de prácticas adecuadas de conservación; situación que,

influye directamente en los niveles y costos de producción afectando a los ingresos económicos de las familias (Delgado, 2013).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La práctica de silvopastoreo con acacia (*Acacia melanoxylum*) y aliso (*Alnus acuminata*) tiene un efecto positivo en diversidad biológica de coleópteros?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Centro de la Industria Láctea (2015) señala que la producción de leche cruda en el Carchi sobrepasa los 260.000 litros al día, aportando un 5% a la producción nacional, sin embargo el inadecuado manejo en prácticas ganaderas contribuye a la pérdida gradual de la fertilidad del suelo (Crespo, 2008). Es por esto que es necesario buscar alternativas que permitan un incremento en los rendimientos en producción de leche, y que, a su vez, no causen daño a la fertilidad edáfica, tal es el caso del uso de sistemas silvopastoriles que contribuyen notablemente al aumento de materia orgánica y contenido de nitrógeno en el suelo por lo tanto permiten la recuperación de los suelos degradados (Ovalle y Avendaño, 1984).

Tomando en consideración lo anteriormente planteado la finca San Vicente, ubicada en la parroquia El Carmelo de la provincia del Carchi, busca mejorar la condición de los suelos, el pasto, y la producción lechera; es decir, incrementar la productividad de sus áreas de pastoreo, mediante la implementación de sistemas silvopastoriles con *Alnus acuminata* (aliso) y *Acacia melanoxylon* (acacia japonesa). Estas especies aportan a la mejoría de suelos; por ejemplo la acacia, en suelos ácidos, tiene la capacidad de incrementar el contenido de fósforo y nitrógeno; mientras que, *A. acuminata*, tiene el potencial para restaurar la fertilidad del suelo en pasturas debido a su capacidad de fijar nitrógeno así lo indica el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2006).

La falta de investigación sobre la inclusión de especies leñosas perennes en sistemas silvopastoriles ha limitado su aplicación a nivel de la provincia del Carchi ya que se desconoce sus beneficios como alternativa sostenible para manejar el suelo e incrementar la producción ganadera al mismo tiempo (Alonso, 2011).

Una experiencia realizada en los Andes Colombianos demostró que el manejo agroecológico adecuado de los sistemas ganaderos beneficia la diversidad de la entomofauna asociada, determinando a una familia de coleópteros como bioindicador de calidad del suelo (Sanabria, Armbrrecht y Gutiérrez, 2008).

Es por esto que los coleópteros son considerados como un grupo importante por el rol que cumplen en el funcionamiento de los ecosistemas y como bioindicadores de calidad para la evaluación de los cambios producidos por la actividad antrópica en ecosistemas naturales y sistemas derivados (Andrade,1999) además algunas especies degradan materia orgánica, de ahí la importancia de efectuar un estudio por los beneficios ecológicos y posiblemente económicos que pueden presentar en la transformación de desechos sólidos ya que se alimentan de plantas, animales en descomposición y materia vegetal muerta de esta manera favorecen la producción de compost mejorando el suelo (Arango y Vásquez, 2016).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Determinar la composición de las comunidades de coleópteros en sistemas silvopastoriles (acacia, aliso) pasto convencional y un bosque de referencia como indicadores de diversidad biológica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Contrastar la composición de las comunidades de coleópteros entre los sistemas silvopastoriles y dos sistemas de referencia: un pastizal convencional y un remanente de bosque nativo.
- Determinar el efecto de las alternativas silvopastoriles sobre las comunidades de coleópteros.

1.4 3 Preguntas de Investigación

¿Cuál es la importancia de la biodiversidad en los cuatro hábitats de esta investigación?

¿Se presentan diferencias en la riqueza y abundancia de coleópteros en los sistemas estudiados?

¿Cómo influyen los SSP en la diversidad de coleópteros?

¿Cuál es la especie bioindicadora de los SSP?

¿El orden coleóptera presenta beneficios ambientales?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Los sistemas silvopastoriles (SSP) logran un sinergismo entre los animales, los pastos, los árboles y el suelo, mejorando la productividad y sostenibilidad, generando beneficios ambientales (Valarezo, 2015). Por esto, investigaciones relacionadas con la biología del suelo, específicamente con la macrofauna edáfica, al comparar los sistemas silvopastoriles con las gramíneas en monocultivo, la mayor riqueza de organismos y mayores índices de diversidad se encuentra en los SSP, lo que indica que la presencia de los árboles en el pastizal de gramíneas permite potenciar la actividad biológica del suelo y garantizar la estabilidad del sistema, ya que crea microclimas que favorecen el desarrollo de especies insectiles (Mirela, 2013).

Según Alonso *et al.* (2007), reportan un aumento significativo en la riqueza y diversidad de especies en un sistema silvopastoril, con acacia forrajera (*Leucaena guinea*) en contraste con pasto base, además encontraron un incremento en la abundancia de insectos biorreguladores y macrofauna.

Sanabria *et al.* (2008), estudiaron a las especies de estafilínidos en cinco sistemas productivos establecidos con base en el uso de tierra, clasificada dentro de un gradiente de recuperación vegetal en los Andes colombianos, destacándose la pastura con árboles con una riqueza de especies comparable con ecosistemas naturales tales como bosques secundarios.

En otro estudio realizado por Medina *et al.* (2011), con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos, determinaron el efecto positivo que ejercen los árboles en la aparición de una mayor diversidad de organismos en el suelo, debido al apropiado nicho ecológico que se forma para muchos organismos, relacionado con la regulación de la temperatura y gran cantidad materia orgánica que sirve como fuente de alimento para este tipo de fauna.

Así mismo la investigación de Montagnini, *et al.* (2015), ratifica que el uso de sistemas silvopastoriles son métodos de sustentabilidad, por sus beneficios como fijar nitrógeno, prevenir la erosión hídrica y eólica, evitar la compactación por el pisoteo del ganado,

permitir el reciclaje de nutrientes, como del fósforo muchas veces insoluble en suelos tropicales, además son el hábitat para varios grupos funcionales de la biodiversidad como aves, pequeños mamíferos, hormigas, coleópteros, lombrices y otros.

En la investigación de Gálvez *et al.* (2016), se observó que el SSP presentó el valor más alto en cuanto a diversidad de grupos de macrofauna, al igual que su abundancia, debido a que estos sistemas permiten mejorar la fertilidad del suelo, así también desarrollar la abundancia y diversidad de macro invertebrados.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Sistemas Silvopastoriles (SSP)

Es una opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral (SAGARPA, 2014).

2.2.2 Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente

Los SSP generan servicios ambientales como: secuestro de carbono, preservación del recurso hídrico y conservación de la biodiversidad, considerándose al sistema como biológico-abiológico, es decir la interacción entre los animales, el pasto base, la leguminosa, el árbol, la flora, la fauna aérea y del suelo, el reciclado de nutrientes y los factores abióticos (Ruíz, Febles y Alonso, 2003). Es decir que también proveen beneficios para el productor como la protección del suelo en zonas de ladera (CATIE, 2003). Una manera para determinar la viabilidad de estos sistemas son los indicadores de diversidad que son medidas que se basan en datos verificables que están relacionadas con la población de las especies y extensión de los ecosistemas, así lo menciona la Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad (BIP, 2005).

2.2.3 Los Coleópteros

Linneo asignó el término coleópteros, el que deriva de *koleos*=vaina, *pteron*=ala, y significa: "alas envainadas". De allí la característica principal del orden lo constituye el primer par de alas denominadas élitros, dispuestas de forma tal que, en reposo, cubren por completo al segundo par, de naturaleza membranosa, como si fueran verdaderos estuches o vainas. Es el orden más numeroso de los insectos, y según muchos autores de

todo el reino animal e incluso de todo el conjunto de los seres vivos. Prácticamente todos los ambientes son habitados por los coleópteros. Se describieron más de 370.000 especies (Bar, 2010).

2.2.4 Descripción de las familias de coleópteros.

2.2.4.1 *Carabidae*.

Esta familia es una de las más diversas y numerosas entre los coleópteros, son insectos depredadores que tienen un papel importante en las comunidades de invertebrados, los carábidos son un grupo taxonómico adecuado para estudios ecológicos debido a su gran diversidad, en Ecuador se conocen más de 200 especies, además están presentes en todos los pisos altitudinales (Moret, 2003).

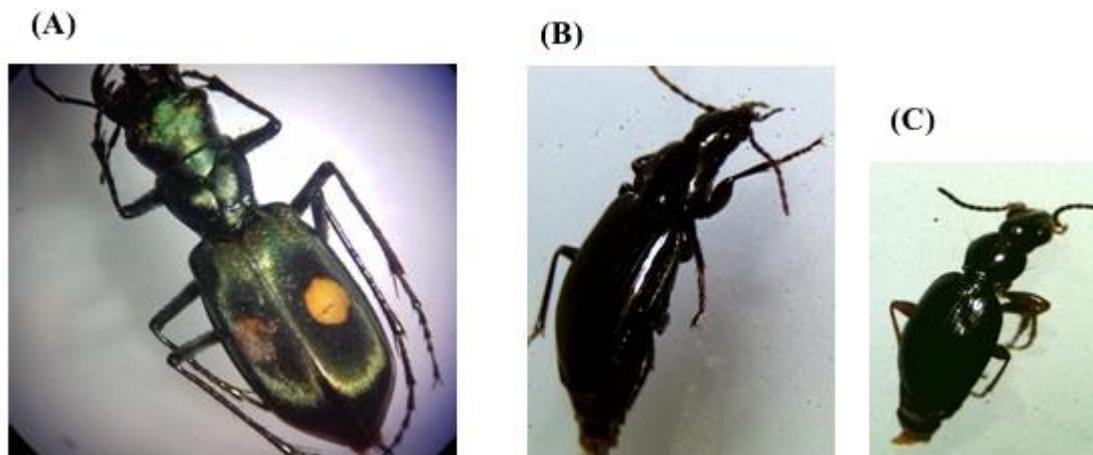


Figura 1. *Carabidae*: (A) *Pseudoxycheila* sp (B) *Dyscolus* sp (C) *Paratrechus* sp.

(Foto: Autora)

2.2.4.2 *Chrysomelidae*.

Conocidos como escarabajos de las hojas en esta familia, los escarabajos adultos se alimentan principalmente de flores y follaje. Las larvas son fitófagas, pero varían bastante en apariencia y hábitos. Muchos miembros de esta familia son plagas serias de plantas cultivadas (Triplehorn & Johnson, 2005).

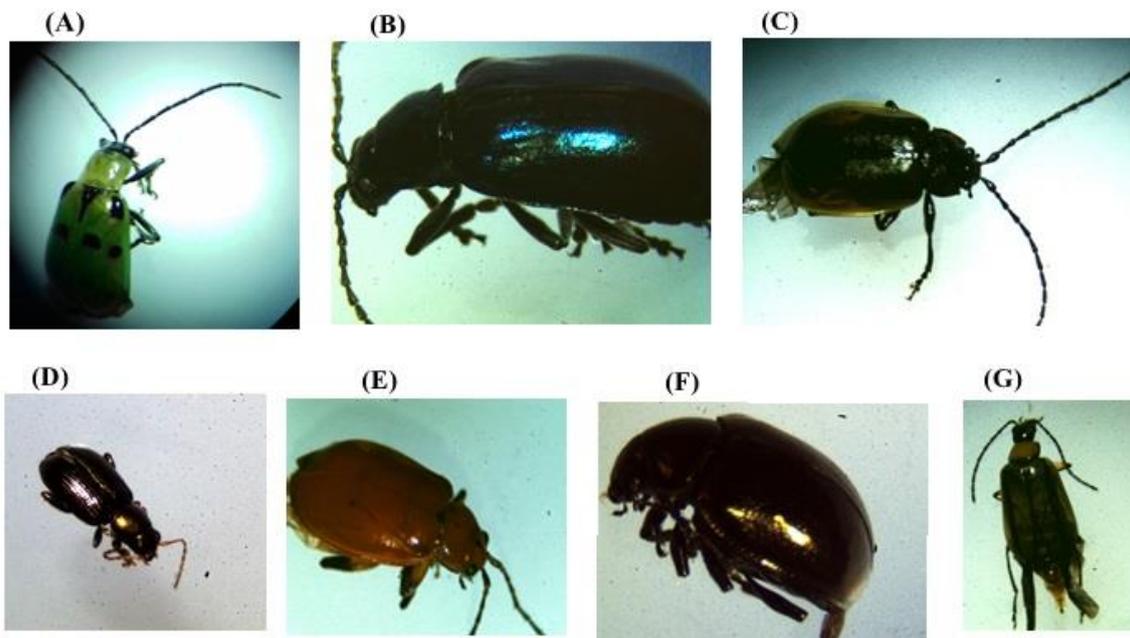


Figura 2. *Chrysomelidae*: (A) *Diabrotica sp* (B) *Chrysomelidae sp1* (C) *Galerucinae* (D) *Chrysomelidae sp2* (E) *Alticinae sp* (F) *Eumolpinae* (G) *Chrysomelidae sp3*.

(Foto: Autora)

2.2.4.3 *Coccinelidae*.

Esta familia tiene una gran importancia ecológica y económica ya que son depredadores de muchas plagas agrícolas en cultivos de importancia económica, especialmente pulgones, moscas blancas, arañas rojas, huevos, larvas y adultos de otros insectos como los trips. Esto les permite tener un papel importante en las actividades agrícolas y en el mantenimiento del equilibrio en el medio natural (González , 2015).

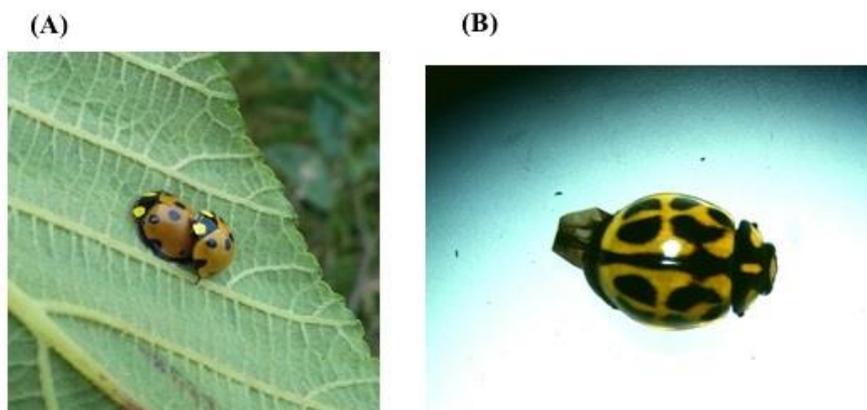


Figura 3. *Coccinelidae*: (A) *Neda Norrisi (G. Me)* (B) *Coccinelidae sp1*

(Foto: Autora)

2.2.4.4 *Curculionidae*.

La familia *Curculionidae* se presenta como una de las más complejas entre los coleópteros, además de ser también la más numerosa, existe gran número de especies y tienen importancia económica ya que pueden constituir una plaga (Costa y Bogorni, 1996), a los miembros de este grupo a veces se les llama "escarabajos del hocico", ya que la mayoría tiene la cabeza más o menos prolongada en un pico u hocico (Triplehorn & Johnson, 2005).

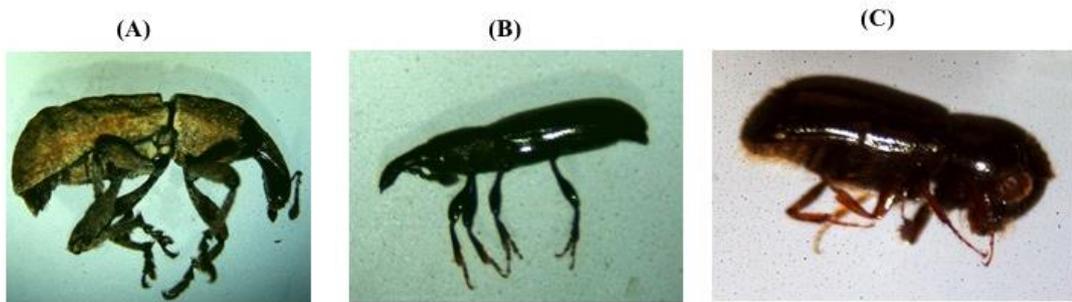


Figura 4. *Curculionidae*: (A) *Curculionidae sp 1* (B) *Cosonus sp* (C) *Xyleborus sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.5 *Dermestidae*.

En la naturaleza se les encuentra consumiendo residuos en nidos de aves, como depredadores de huevos de arañas, abejas y avispas. Su acción carroñera los identifica como insectos limpiadores del ambiente al consumir cadáveres animales, de los cuales solo dejan los huesos (Artigas, 1994).



Figura 5. *Dermestidae sp1*
(Foto: Autora)

2.2.4.6 *Dytiscidae*.

Tanto los adultos como las larvas son depredadores la mayoría de las larvas no tienen una abertura normal en la boca, pero tienen mandíbulas largas como hoces que les permiten

chupar líquidos de sus presas, las larvas atacan a animales mucho más grandes que ellos, y se sabe que se alimentan de otros insectos, crustáceos, gusanos, sanguijuelas, moluscos, renacuajos y peces pequeños (Watts, 2002).



Figura 6. *Dytiscidae: Ranthus sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.7 Elateridae.

Este grupo tienen propiedad de saltar a pesar de que se encuentran en posición decúbito-dorsal sobre el suelo, de allí su nombre común “saltadores”. En América están distribuidos desde Alaska hasta el sur de Argentina, algunos son depredadores de insectos esternorrincos de cuerpo suave como los pulgones, pero la mayoría se alimenta de frutas, néctar, polen, partes florales y secreciones radiculares, cuando son molestados pueden emitir luz o simular estar muertos, sus larvas pueden ser saprógafas de mixomicetos y otras son depredadoras de invertebrados pequeños (Zurita, Johnson, y Zaragoza, 2014).

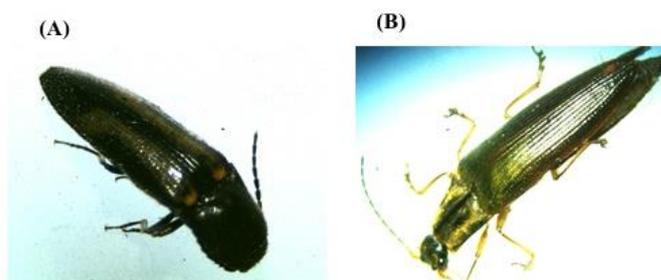


Figura 7. *Elateridae: (A) Elateridae sp1 (B) Conoderus sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.8 Endomychidae.

Es una familia de escarabajos micófagos, con 1782 especies distribuidas por todo el mundo, la gran mayoría de especies se alimenta de hongos basidiomicetes, rara vez salen

a la luz. Los adultos varían en tamaño, morfología y hábitos, al igual que sus larvas son muy variables en forma en algunos lugares podrían constituir una plaga para el hombre (Shockley, 2009).



Figura 8. *Endomychidae sp1*
(Foto: Autora)

2.2.4.9 Leiodidae

Conocidos como escarabajos redondos de los hongos, pequeños escarabajos carroñeros y escarabajos de guaridas de mamíferos, es una familia muy diversa (Majka & Langor, 2008), está asociada a hongos, hojarasca de bosques, corteza de árboles, carroña y en general a materia orgánica en descomposición (Elgueta, 2000).

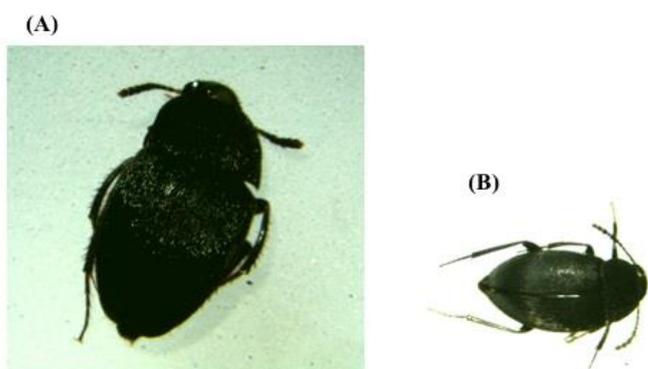


Figura 9. *Leiodidae*: (A) *Eucatops sp* (B) *Dissocheatus sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.10 Melolonthidae.

Las especies de esta familia desempeñan un rol importante dentro de las comunidades bióticas a través de la polinización, la degradación, la facilitación del reciclaje de la materia orgánica, etc. Aunque esta familia también incluye especies cuyas larvas tienen importancia económica porque se alimentan de raíces de plantas vivas y dañan cultivos como el maíz, sorgo, trigo y caña de azúcar, entre otros, a pesar de esto existen numerosos

estudios que insisten en la importancia agrícola y ecológica que tienen las especies de esta familia (Alcanzar, Morón, y Morón, 2003).



Figura 10. *Melolonthidae: Astanea sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.11 Melyridae.

Son escarabajos pequeños y medianos que se alimentan de polen, son insectos univoltinos es decir que su ciclo de vida dura un año, están asociados a flores de plantas exóticas nativas de América de del Sur, algunas especies pueden constituir una plaga especialmente las larvas (Ursi, Pereira, Nunes y Cintra, 2007). Los melíridos son una familia de coleópteros polífagos, de colores brillantes, marrón, rojo o negro, los adultos y larvas son depredadores (Majer, 1994).



Figura 11. *Astylus sp* (Foto Autora)

2.2.4.12 Nitidulidae.

Los miembros de esta familia varían considerablemente en tamaño, forma y hábitos. La mayoría de los nitidúlidos se alimentan de fluidos fermentados de plantas, por ejemplo, frutas en descomposición, savia que fluye, también se alimentan de hongos, otros se

alimentan de cadáveres en descomposición y otros de flores, es muy común encontrarlos bajo la corteza y troncos que contengan moho (Triplehorn & Johnson, 2005).



Figura 12. *Nitidulidae sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.13 *Oedemeridae.*

Esta familia está incluida dentro la súper familia *Tenebrionoidea*, esta familia cuenta con unas 1500 especies en todo el mundo y existe más diversidad en las zonas tropicales y su distribución está relacionada con la vegetación en la que se desarrollan, algunas especies son xilófagas y las larvas que perforan madera necesitan varios años para completar su desarrollo, hibernando o en forma de imago, las larvas que se desarrollan en tallos herbáceos completan su ciclo en un año, hibernando en forma de huevo, poseen una vida corta se alimentan de polen y néctar de flores (Vázquez, 1993).



Figura 13. *Oedemeridae sp* (Foto: Autora)

2.2.4.14 *Passalidae.*

Esta familia reúne 931 especies y se agrupa en la superfamilia *Scarabaeoidea* esta familia presenta hábitos silvícolas, tendencias higrófilas, comportamiento subsocial y distribución cosmotropical, tienen un gran valor ecológico siendo uno de los grupos de macro coleópteros más importantes en la descomposición de madera muerta (Chamé , Ibarra, Reyes, y Gómez, 2010).



Figura 14. *Passalidae: Passalus sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.15 *Ptilodactylidae.*

Esta familia comprende alrededor de 500 especies documentadas, sus larvas viven en troncos en descomposición, lugares húmedos y semiacuáticos, y se alimentan de hongos. Los adultos habitan en el suelo y tienen un aparato bucal modificado para alimentarse (Engel & Falin, 2012).



Figura 15. *Ptilodactylidae sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.16 *Scarabaeidae.*

En esta familia se conoce alrededor de 5000 especies en todo el mundo, poseen patrones de conducta diurnos y nocturnos, aunque se conoce poco sobre su biología y ecología (Medina, 2002).

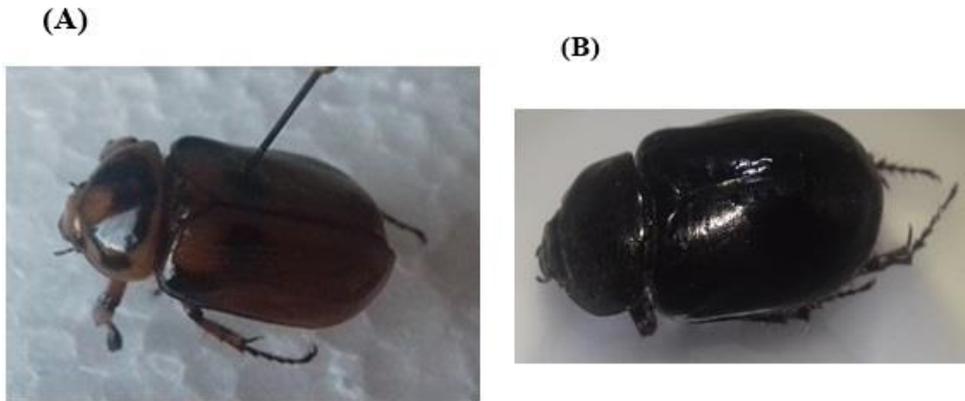


Figura 16. Scarabaeidae: (A) *Ancognatha Luteoi* (B) *Ancognatha Castanea*
(Foto: Autora)

2.2.4.17 *Shyloidea*.

Son escarabajos carroñeros importantes de las redes tróficas ecológicas, debido a que tienen una importante función de eliminar cadáveres de animales (Coyle & Larsen, 1998). Es decir, son degradadores de restos orgánicos de origen animal ya que aceleran el ciclo de nutrientes y regulan las poblaciones de otros insectos (Trevilla, Deloya, y Padilla, 2010).



Figura 17. *Shyloidea sp*
(Foto: Autora)

2.2.4.18 *Staphylinidae*.

Son de cuerpo alargado se reconocen por sus élitros cortos, con frecuencia levantan la punta del abdomen al igual que los escorpiones, son depredadores y poseen mandíbulas muy largas y afiladas, es una de las familias más abundantes actualmente se encuentran descritas 4143 especies, viven en una variedad de hábitats generalmente se los encuentra en materiales en descomposición particularmente en estiércol y carroña, también bajo las

piedras, a orillas de arroyos, en hongos, hojarasca y nidos de aves (Triplehorn & Johnson, 2005).



Figura 18. *Staphylinidae*: (A) *Acyloporus sp* (B) *Chroaptomus sp*.
(Foto: Autora)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

3.1.1.1. Enfoque cuantitativo

Donde se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables es decir estudia la asociación o relación entre variables, en este caso las comunidades de coleópteros como Indicadores de Biodiversidad y los sistemas silvopastoriles, datos que son cuantificados por lo que su finalidad es determinar el grado de asociación o correlación entre estas variables (Pita y Pértegas, 2002).

3.1.2. Tipo de Investigación

3.1.2.1 De campo

La investigación se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio y se basa en la observación (Cruz, 2014).

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Ho: Las prácticas silvopastoriles, conformadas con aliso (*Alnus acuminata*) y acacia (*Acacia melanoxylon*) asociadas a una pastura NO influyen sobre la diversidad de comunidades de coleópteros.

Ha: Las prácticas silvopastoriles, conformadas con aliso (*Alnus acuminata*) y acacia (*Acacia melanoxylon*) asociadas a una pastura influyen sobre la diversidad de comunidades de coleópteros.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Las prácticas silvopastoriles, conformadas con aliso (<i>Alnus acuminata</i>) y acacia (<i>Acacia melanoxylon</i>) asociadas a una pastura influyen sobre la diversidad de comunidades de coleópteros.	<p>Dependientes:</p> <p>Comunidades de Coleópteros.</p> <p>Indicadores de biodiversidad.</p>	<p>Población de especies del orden coleóptera que pueden ser clasificados según características propias, en un hábitat determinado.</p> <p>Medida basada en datos verificables que transmite información más allá de sí mismo (BIP, 2005).</p>	<p>Taxonomía</p> <p>Abundancia</p> <p>Riqueza</p>	<p>Orden</p> <p>Familia</p> <p>Diversidad alfa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Shannon - Margalef <p>Diversidad Beta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bray Curtis - Jaccard 	<p>Observación</p> <p>Observación</p> <p>Observación</p>	<p>Fichas de datos.</p> <p>Base de datos.</p> <p>Software</p>
	<p>Independientes:</p> <p>Sistemas silvopastoriles</p>	<p>Asociaciones de árboles maderables o frutales con animales y cultivos (FAO, 2013)</p>	<p>SSP con aliso</p> <p>SSP con acacia</p>	<p>Área</p> <p>Área</p>	<p>Observación</p>	<p>Fichas de datos.</p>

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Área de Estudio

La investigación se realizó en la Finca San Vicente de la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, Ecuador (Figura 19), en el punto geográfico comprendido entre los 0° 38' 53'' latitud norte y 77° 35' 53'' longitud occidental, a una altitud de 2 856 m. El régimen de precipitaciones anuales es de 1 378 mm, la temperatura mínima de 4,1 °C y máxima de 19,7 °C con un promedio de 11,9 °C, que corresponde a la formación ecológica de bosque húmedo montano (Benavidez y Gómez , 2002).

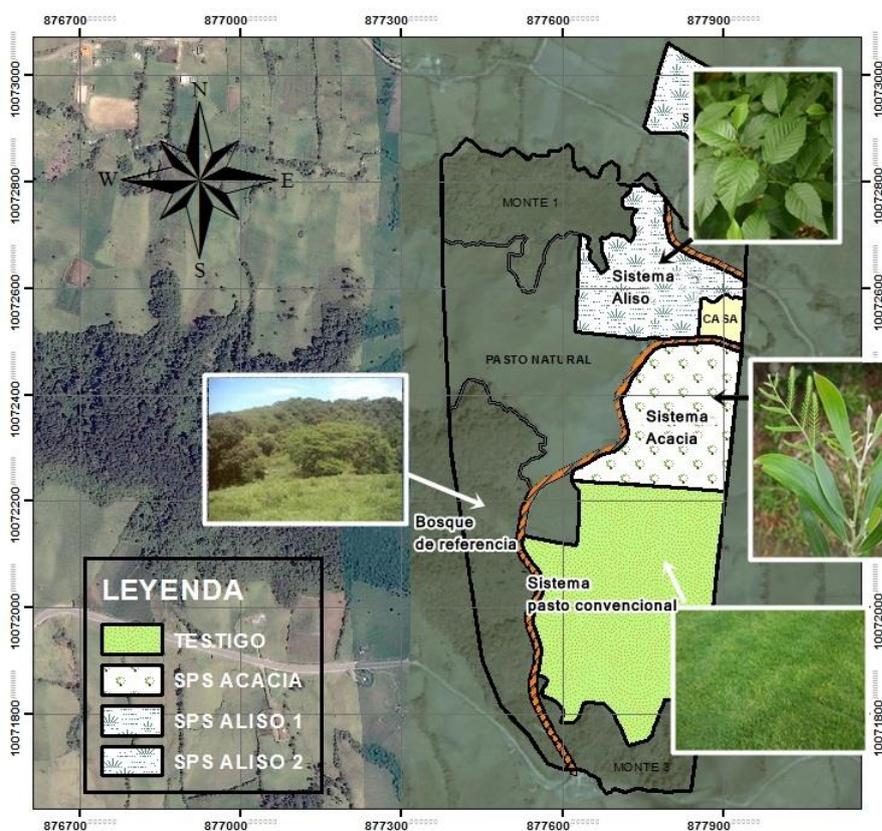


Figura 19. Lugar de Investigación
Fuente: (Benavides , 2016)

3.4.2 Período de duración de la investigación:

10 meses

3.4.3 Fase de campo:

Se establecieron los principales parámetros de investigación en base a lo siguiente:

3.4.3.1 Instalación de ensayo piloto

Para este estudio se hizo una prueba piloto para determinar la pertinencia de los métodos de colecta más efectivos, los cuales son: trampas de caída, trampas de vuelo y colecta manual.

En este piloto se implementó en un transecto de 200m en cada sistema; se colocaron seis trampas de caída: dos trampas cebadas con pescado en descomposición y dos trampas con plátano, cada una con 30 g de cebo (Juárez y González , 2016), además se dispuso de dos trampa control sin cebo ubicadas en la parte central del transecto como indica la tabla 1 donde cada trampa estuvo distanciada 40 metros una de la otra.

Tabla 1. Individuos colectados en el ensayo piloto trampas de caída (pitfall)

Hábitat	No ind/Control	No ind/ Banano	No ind /Pescado	Total
Bosque	15	11	24	50
Pasto	20	20	16	56
Acacia	11	18	17	46
Aliso	28	25	19	72
Total	74	74	76	224

De acuerdo con la prueba Chi cuadrado la abundancia de individuos (ind.) capturados no fue significativamente diferente ($\chi^2=9,43$; $p=0.15$) entre trampas cebadas en los hábitats. Los resultados del ensayo piloto para trampas de vuelo se indican en la tabla 2 y la tabla 3 indica los resultados de la colecta manual, los cual señala la efectividad de estos métodos en esta investigación.

La colecta manual consistió en la búsqueda activa de los individuos en su ambiente, es una técnica utilizada ampliamente por los colectores, para lo cual se requiere poseer cierta información de los individuos a colectarse (Márquez, 2005). La principal dificultad fue la colecta manual en el bosque, los individuos escasamente eran observables, por lo que se descartó en los análisis.

Tabla 2. Individuos colectados en el ensayo piloto trampas de vuelo en cada transecto (T)

	No ind. T1	No ind. T2	No ind. T3	No ind. T 4	Total
Bosque	6	13	5	5	29
Pasto	5	7	6	5	23
Acacia	15	13	15	29	72
Aliso	15	11	8	21	55

Tabla 3. Individuos colectados en el ensayo piloto en colecta manual

Sistema	Individuos
Pasto	82
Acacia	52
Aliso	43
Bosque	0

3.4.3.2 Muestreo empleado

Muestreo Sistemático (MS) donde se diseñó una estrategia para colectar las muestras de acuerdo a los esquemas definidos por el investigador (Ramírez, 2005).

- a. Se trazaron cuatro transectos de doble banda de 100 m de longitud x 12m de ancho (6 m del eje de transecto) en cada zona de estudio (Figura 20), con la finalidad de establecer un muestreo de al menos el 10% del área total en estudio (Tabla 4).
- b. Se dejó libre las hileras de árboles externas de cada sistema, que correspondían al efecto borde, para evitar posibles errores o comparaciones sesgadas en la investigación. Para el efecto borde lateral se dejó libre al menos 20 metros.
- c. Saltando dos hileras se ubicó el siguiente transecto que tuvo las mismas dimensiones del anterior.
- d. Se continuó con la misma modalidad hasta completar cuatro transectos en cada uno de los sistemas o hábitats del estudio.
- e. Para el caso de bosque se mantuvieron libres 20 metros en todo el perímetro del área como efecto borde.

Tabla 4. Área de muestreo

Hábitat	Área del hábitat (ha)	Área a muestrear (ha)	% de muestreo respecto al área de cada sistema	% de área de muestreo respecto al área total
Aliso y pasto	7,50	0,48	6,4	1,54
Acacia y pasto	4,64	0,48	10,3	1,54
Bosque secundario	5,84	0,48	8,2	1,54
Pasto convencional	13,29	0,48	3,6	1,54
TOTAL	31,27	1,92		6,14

3.4.3.3 Unidades de muestreo

Corresponden a los transectos en cada uno de los cuales se instalará cinco trampas de caída, tres trampas de intercepción de vuelo instaladas en las hileras de los árboles como se indica en el anexo 1, empleando la metodología de Solís (2007) y Márquez (2005).

3.4.3.4 Colecta manual

Búsqueda activa de coleópteros posados en el suelo, debajo de las piedras, en hojas, flores, ramas de árboles, arbustos, troncos secos en descomposición y excreta de animales (Márquez, 2005). El tiempo empleado fue de una hora con treinta minutos para cada transecto.

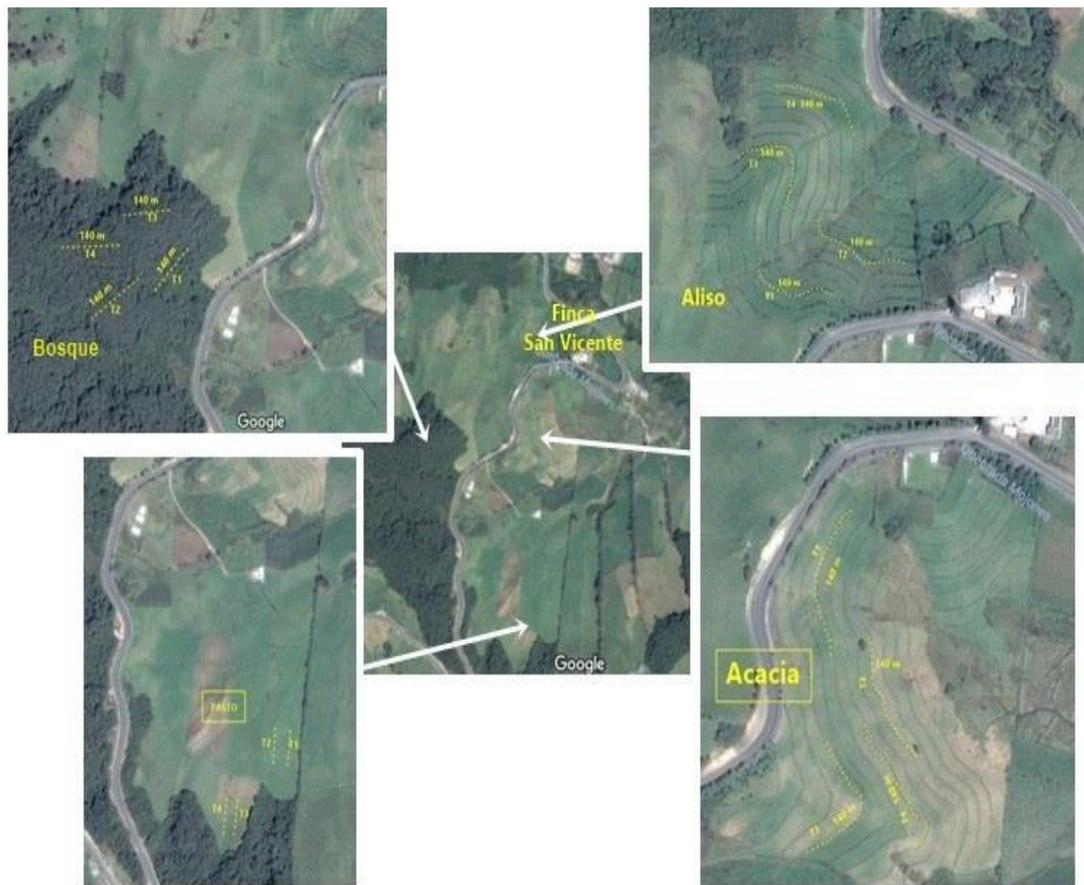


Figura 20. Disposición de transectos en el campo
Fuente: (Google maps, 2017).

3.4.3.5 Toma de datos

La toma de datos se realizó diariamente: por 14 días distribuidos en dos eventos para cada trampa de los transectos, estos datos fueron registrados en fichas, donde se contabilizó los individuos por morfotipos para ser identificados posteriormente.

3.4.4 Fase de laboratorio

3.4.4.1 Reconocimiento taxonómico

Una vez en el laboratorio, todo el material capturado fue separado, etiquetado y conservado en frascos con alcohol de 70°, hasta el momento de la identificación taxonómica en la Facultad de Biología de la PUCE (Pontificia Universidad Católica del Ecuador), la identificación se realizó por un experto, los individuos fueron montados en una caja entomológica de registro de familia, género y especie. Debido a la carencia de claves y de material de comparación, algunos individuos solo fueron determinados a nivel

de familia y género, las especies sin determinar se consideraron como morfo especies (*sp*).

3.4.5 Análisis de datos

3.4.5.1 Pruebas de normalidad y contraste de abundancia y riqueza

La abundancia absoluta (número total de individuos por transecto) y riqueza (total de especies por transecto) fueron obtenidas para cada transecto mediante la suma de datos de todas las trampas de caída y de vuelo durante los 14 días de muestreo. Se probó la normalidad de datos mediante la prueba W de Shapiro Wilk utilizando programa Estadístico Past, para los datos que no presentaron normalidad se aplicó una transformación logarítmica para ajustar los datos a una distribución normal. La abundancia y riqueza de coleópteros entre áreas de estudio fue contrastada a través de un modelo general univariante con el programa SPSS, pruebas post hoc de Duncan, Tukey, Scheffe y Bonferroni.

3.4.5.1 Curvas de acumulación de especies

Para evaluar el esfuerzo de muestreo se realizaron curvas de acumulación de especies en cada hábitat para los 14 días con el índice no paramétricos de Chao 1 y Bootstrap en el programa Stimates (Versión 9.1.0).

Estas curvas de acumulación muestran el número de especies acumuladas conforme aumenta el esfuerzo de colecta, así la riqueza aumentará hasta que llegue un momento que por más que se recolecte el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará la asíntota, los principales modelos no paramétricos más usados son Bootstrap y el Chao (Escalante, 2003), donde Bootstrap estima la riqueza de especies fundamentándose en la relación de especie por área muestreada, de la misma manera Chao 1 que toma en cuenta la relación de especies representada por uno o dos individuos (Mendoza, 2012).

3.4.5.2 Análisis de diversidad

A partir del total de especies encontradas para las cuatro condiciones de estudio se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') uno de los índices más usados para cuantificar la biodiversidad (Pla, 2006), este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo que varía de acuerdo a los ecosistemas entre 0,5 y 5 con un valor normal de 2 y 3, valores menores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos, así mismo en índice de Margalef que se representa como $D Mg$, indica que

los valores menores a 2 son de baja riqueza y cercanos a 5 expresan una alta riqueza (Mora, Burbano, Méndez y Castro, 2017).

Además se estimó la similitud existente entre los hábitats mediante el análisis de coordenadas principales (PCoA) derivado de las matrices de desemejanza de Bray-Curtis una de las más usadas debido a su relación de distancias ecológicas en diferentes condiciones (Ferrero, 2012), así también el índice de similaridad de Jaccard que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Villarreal, Álvarez, y Córdova, 2004), todo esto utilizando datos de abundancia total y riqueza de las familias por hábitat para saber qué tan cercanos son los sistemas en estudio según la composición de coleópteros.

3.4.6 Especies Indicadoras

Se realiza un análisis de la estructura de los individuos tomando en consideración 2 categorías, establecidas por Hidalgo et al. (2012), donde la especie o género abundante es la que posee de 10 a 49 individuos y la especie que tenga más de 50 individuos es considerada dominante.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Los datos levantados a través de la técnica de colecta manual fueron excluidos y los análisis se realizaron únicamente en base a los individuos colectados en las trampas de vuelo y caída; esta decisión se realizó debido a que dicho método no resultó eficiente en el bosque por la dificultad de encontrar individuos. La dificultad surgió porque los individuos eran escasamente observables debido a que la visibilidad del bosque se limita, además el tamaño de los individuos es reducido, pero se mencionan especies dominantes de importancia ecológica encontradas en los sistemas en estudio a través de este tipo de colecta.

4.1.1 Análisis estadísticos.

La prueba W de Shapiro Wilk reportó una distribución no normal de los datos ($P=0.001$) para abundancia absoluta, con la transformación logarítmica se obtuvo: $p=0,33$. En cuanto a riqueza de especies los datos son normales ($p= 0,1$).

4.1.2 Contraste de hábitats por abundancia

En las pruebas de comparaciones múltiples para abundancia se usaron las pruebas de Tukey y Scheffe, el bosque difiere de todos los demás hábitats con $p= 0,005$ y $p= 0,01$; pero aliso, acacia y pasto no difieren entre ellos.

4.1.3 Contraste de hábitats por riqueza

Las comparaciones múltiples en caso de riqueza muestran diferencias significativas entre tratamientos $p=0,03$ sin embargo, en las pruebas de contraste, los estadísticos no encuentran diferencias entre los sistemas en estudio (Scheffe, $p=0,59$; Bomferroni $p=0,58$).

4.1.4 Análisis Ecológico.

Representación del análisis de coordenadas principales (PCoA) basado en el índice de Bray Curtis y Jaccard utilizando los programas JMP y PAST.

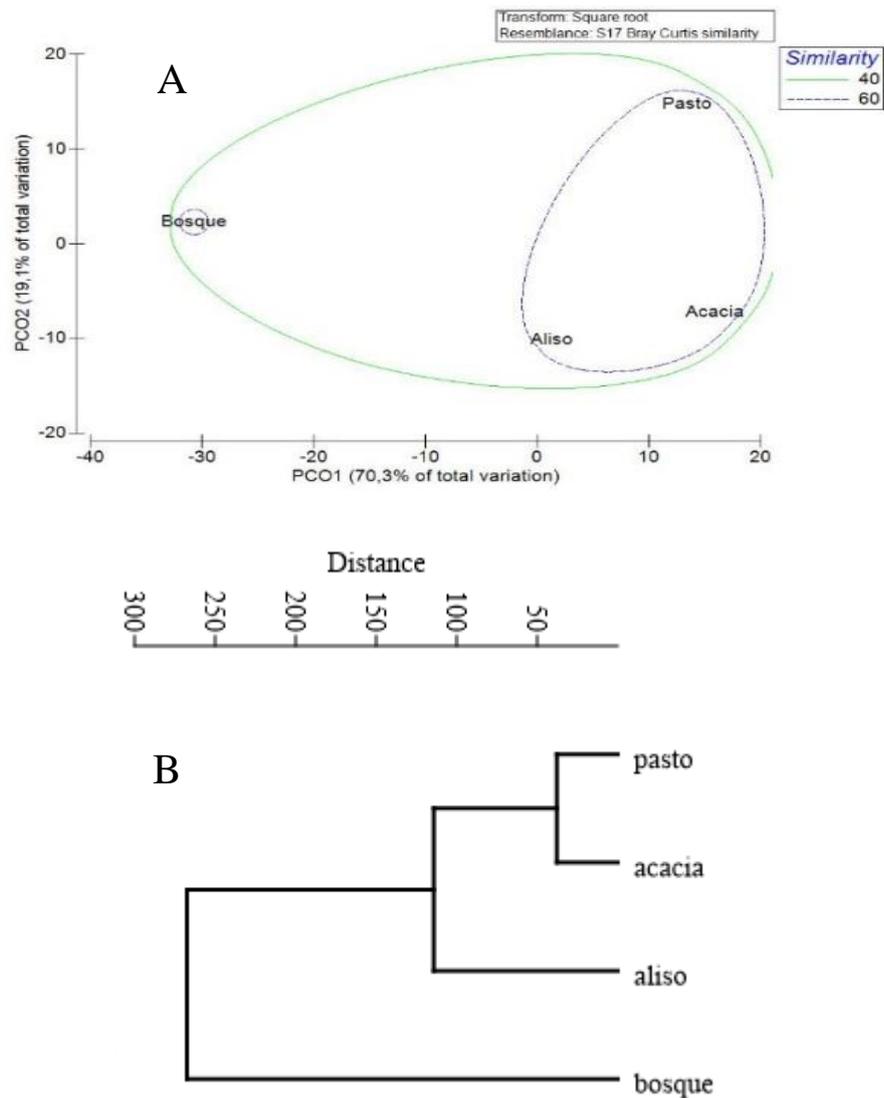


Figura 21. Análisis de coordenadas principales derivados de las matrices de similitud de Bray Curtis (B) Análisis de similitud de Jaccard para abundancia

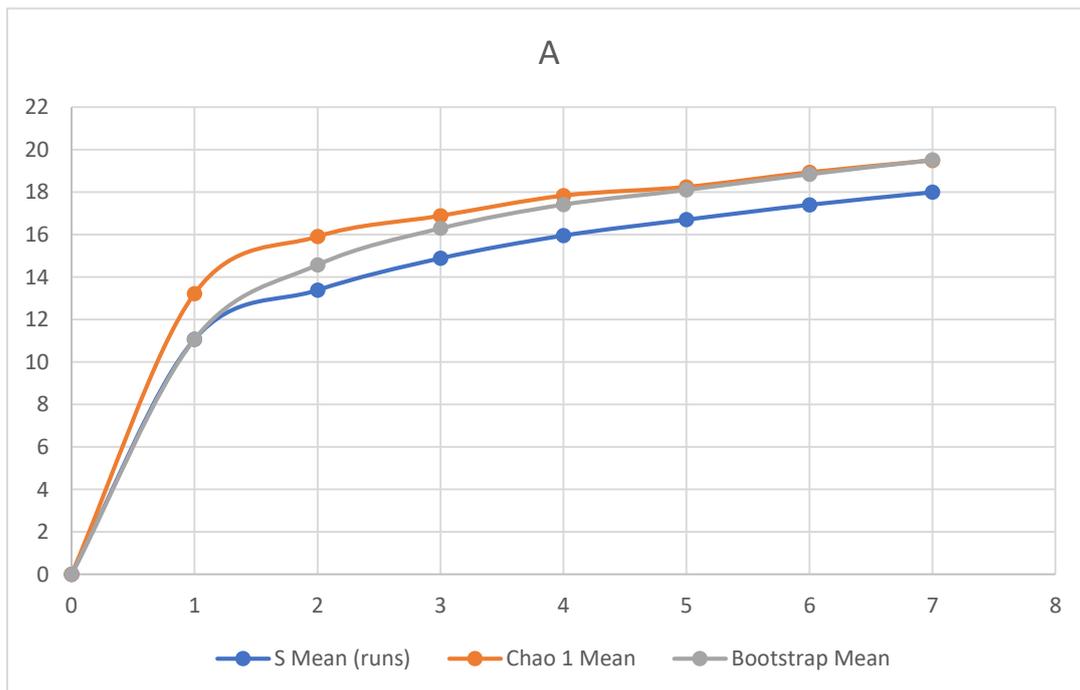
El bosque es el único ecosistema que tiene una clara separación con los otros hábitats. El pasto se separa del aliso y acacia (Figura 21A), sin embargo, este grupo no tiene un soporte estadístico alto (líneas entrecortadas). El análisis de coordenadas principales (PCoA) basado en Bray Curtis muestra una similitud del 60% en las comunidades de coleópteros de los dos sistemas silvopastoriles y el pasto. El bosque difiere de dichas comunidades y solo tiene una similitud del 40%. Se observa al aliso como un sistema intermedio entre el bosque y el grupo de acacia y pasto (más similares en sus comunidades).

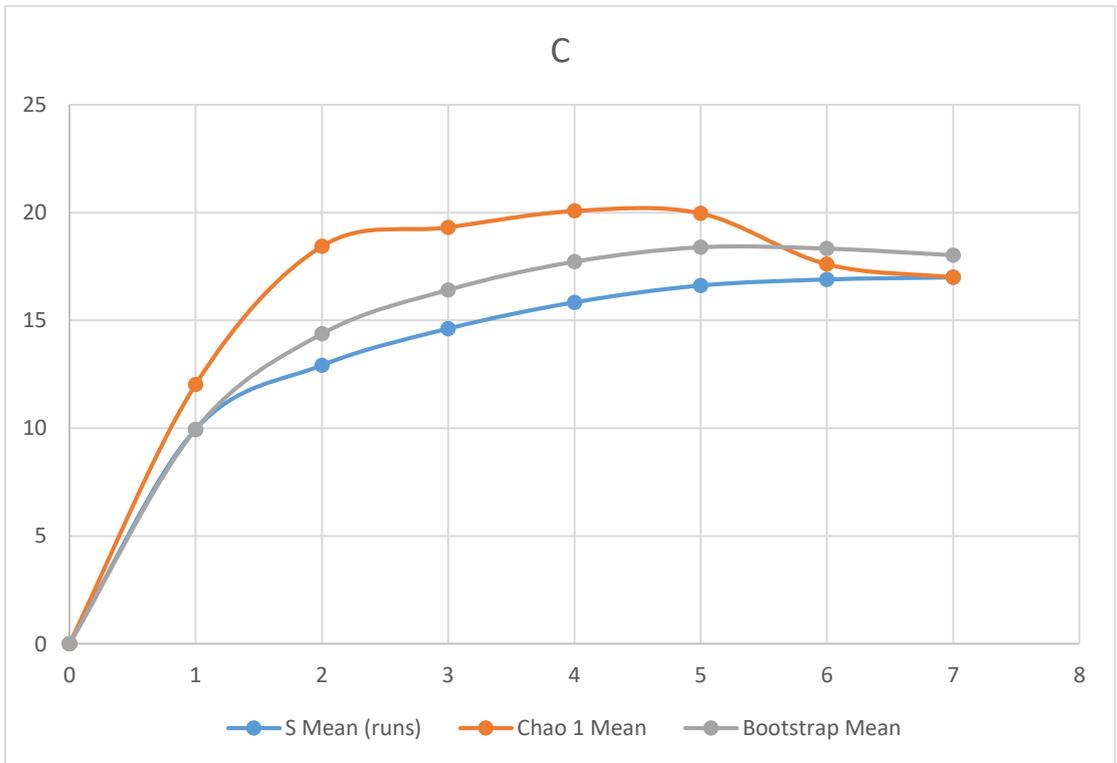
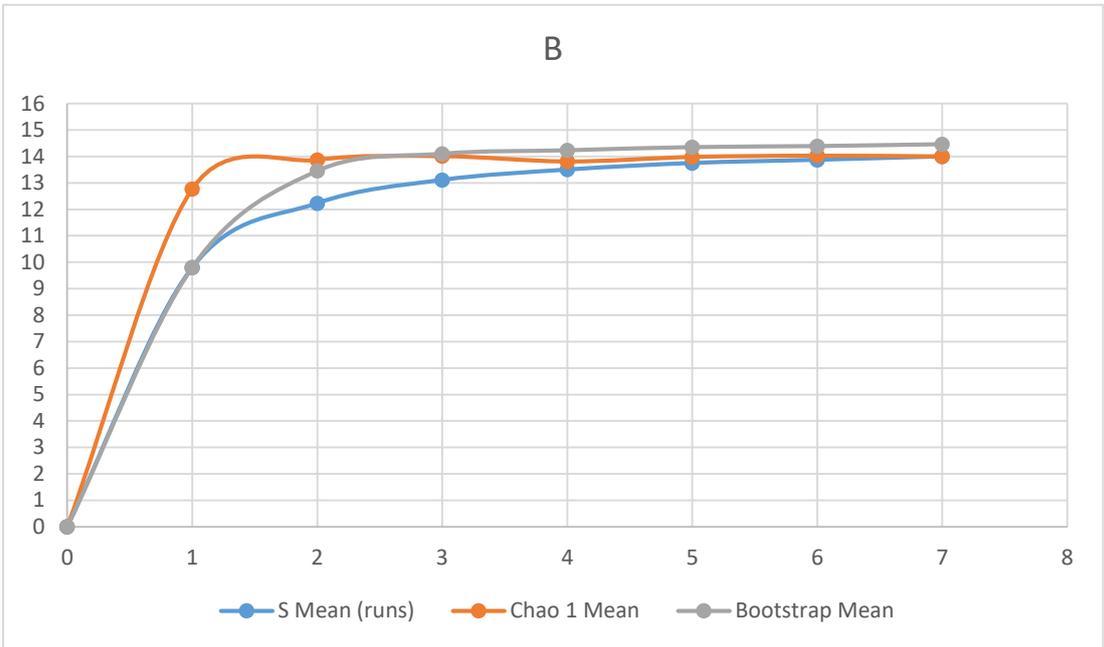
De la misma manera el índice de Jaccard (Figura 21B), la mayor similitud se observó entre pasto y acacia 66 % y la menor similitud se observó entre Pasto y Bosque 45 %. La

similitud del bosque y los sistemas silvopastoriles fue de 50 % para aliso y 47 % para acacia, según estos datos el análisis cluster de Jaccard agrupa a las condiciones de estudio en 3 grupos: 1) Pasto y acacia más similares; 2) Aliso intermedio; 3) Bosque, claramente separado de los tres sistemas.

4.1.4.1 Esfuerzo de muestreo.

En la Figura 4 se observa que el estimador Bootstrap y Chao 1 predicen que el número máximo de especies de coleópteros por encontrar es de 20 para bosque (A), con un alto porcentaje de especies esperadas de 92 % del total estimado, el estimador Chao muestra en pasto que el valor encontrado o la eficiencia del trabajo fue del 100%, así mismo predice para acacia (C) 16 con un 100% es decir coincide con el valor encontrado y en el sistema con aliso (D) el estimador Bootstrap predice 23 especies, esto representa el muestreo equivale al 88, 2%, así mismo el estimador Chao 1 indica que la eficiencia del muestreo fue del 74 % del total estimado esto indica que aún existen especies por encontrar en este sistema.





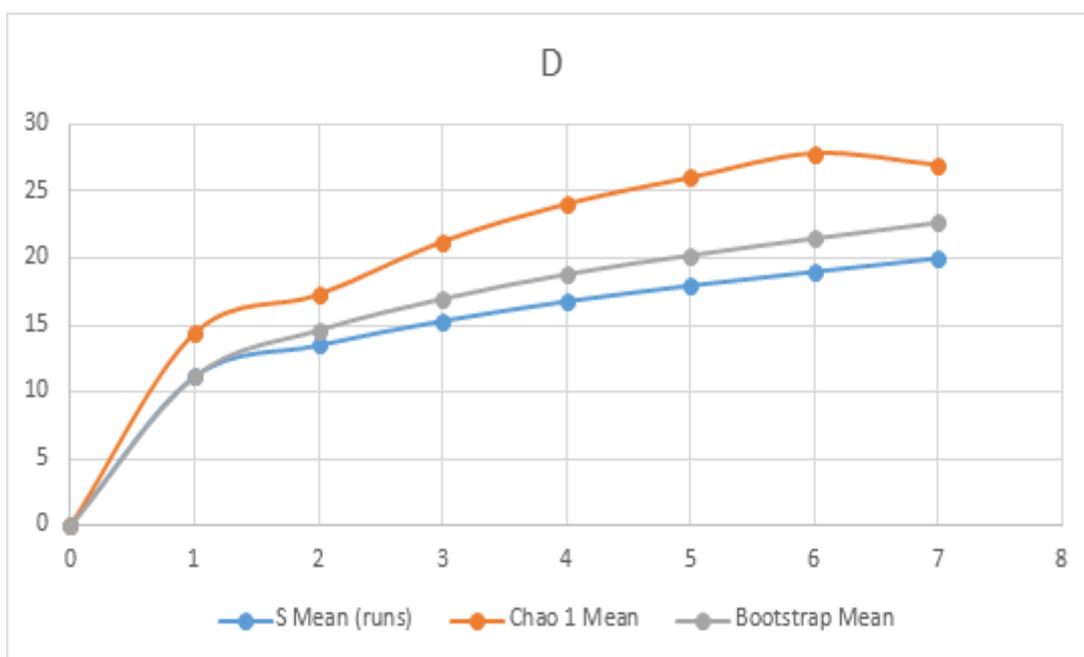


Figura 22. Curvas de acumulación de especies correspondientes a los 14 días: (A) Bosque; (B) Pasto; (C) Acacia; (D) Aliso.

4.1.4.2 Índices de diversidad

Los valores obtenidos muestran que existe una diversidad semejante en los cuatro hábitats (Tabla 5), los valores más altos son para el sistema con aliso presenta un valor de Shannon de ($H' = 2,19$), seguido del sistema pasto ($H' = 2,05$), y acacia con ($H' = 2,03$), los valores más bajos fueron para el bosque con ($H' = 1,99$).

Tabla 5. Test de diversidad de Shannon y Margalef

	Bosque	Pasto convencional	Acacia y pasto	Aliso y pasto
Taxa_S	19	14	16	20
Individuals	812	359	319	515
Shannon_H	1,995	2,051	2,036	2,19
Margalef	2,68	2,21	2,602	3,04

De la misma manera el Índice de Margalef (DMg), presenta los valores más altos para el aliso, seguido por el bosque, acacia y finalmente el pasto.

4.1.4.3 Abundancia

Se registró un total de 2002 individuos para las trampas de caída y vuelo en los cuatro hábitats en los dos muestreos (Tabla 6), en todo el estudio se colectaron 33 especies, tres de ellas identificadas, las 30 restantes se las incluye dentro de los géneros, pertenecientes a 18 familias, cabe mencionar que se toman en cuenta las especies colectadas en el ensayo piloto y colecta manual.

De estas 33 especies, siete pertenecen a la Familia *Chrysomelidae*, 3 *Curculionidae*, 3 *Carabidae*, 2 *Staphylinidae*, 2 *Leodidae*, 2 *Elateridae*, 2 *Scarabaeidae*, 2 *Coccinellidae*, 1 *Ptilodactylidae*, 1 *Melolonthidae*, 1 *Dytiscidae*, 1 *Melyridae*, 1 *Passalidae*, 1 *Nitidulidae*, 1 *Dermestidae*, 1 *Silphidae*, 1 *Oedemeridae*, 1 *Endomichidae*.

Los géneros mejor representadas son *Acylophorus sp* y *Chroaptomus sp* pertenecientes a la Familia *Estaphylinidae* respresentan el 21 y 17% del total, de la misma manera el género *Dyscolus sp* de la Familia *Carabidae* representan el 22% del total.

Con base en la información obtenida durante los dos muestreos la mayor abundancia se registró en el bosque con 812 individuos y 18 especies; el sistema con aliso con 20 especies y un total de individuos de 512 individuos, seguido a esto el sistema con pasto con 14 especies y 359 individuos y por último el sistema con acacia con 319 individuos y 16 especies.

Tabla 6. Lista de coleópteros registrados en la Finca San Vicente

	Familia/Género/Especie	Bosque	Pasto	Acacia	Aliso
1	<i>Staphylinidae/Acylophorus sp</i>	254	30	28	114
2	<i>Staphylinidae / Chroaptomus sp</i>	187	47	39	76
3	<i>Leiodidae /Eucatops sp</i>	52	10	6	8
4	<i>Curculionidae /Xyleborus sp</i>	104	27	11	36
5	<i>Curculionidae sp 1</i>	52	7	3	9
6	<i>Carabidae /Dyscolus sp</i>	82	134	131	98
7	<i>Ptilodactylidae sp 1</i>	25	12	29	33
8	<i>Elateridae sp 1</i>	0	28	28	27
9	<i>Elateridae /Conoderus sp</i>	1	0	6	4
10	<i>Chrysomelidae sp1</i>	11	37	15	77
11	<i>Melolonthidae/Astaena sp</i>	6	0	3	1
12	<i>Chrysomelidae /Diabrotica sp</i>	0	3	3	1
13	<i>Dytiscidae / Ranthus sp</i>	0	10	3	0

14	<i>Carabidae /Pseudoxycheila sp</i>	0	0	6	0
15	<i>Coccinellidae /Neda Norrisi (G. Me)</i>	0	0	0	9
16	<i>Melyridae/ Astylus sp</i>	0	0	0	0
17	<i>Passalidae/Passalus sp</i>	0	0	0	0
18	<i>Scarabaeidae /Ancognatha luteoi</i>	0	0	0	3
19	<i>Nitidulidae sp 1</i>	0	0	0	0
20	<i>Chrysomelidae 3/ Eumolpinae</i>	5	2	3	4
21	<i>Chrysomelidae sp 3</i>	0	0	0	0
22	<i>Dermestidae sp 1</i>	5	0	0	1
23	<i>Silphidae sp 1</i>	0	0	0	1
24	<i>Chrysomelidae /Galerucinae</i>	12	0	0	0
25	<i>Coccinellidae / sp 1</i>	1	0	0	0
26	<i>Curculionidae /Cosunus sp</i>	3	1	0	2
27	<i>Carabidae /Paratrechus sp</i>	0	0	5	7
28	<i>Chrysomelidae/Alticinae</i>	2	0	0	0
29	<i>Oedemeridae sp 1</i>	0	11	0	0
30	<i>Endomichidae sp 1</i>	2	0	0	0
31	<i>Leoididae /Dissocheatus sp</i>	8	0	0	0
32	<i>Chrysomelidae/ sp 2</i>	0	0	0	1
33	<i>Scarabaeidae /Ancoganta castanea</i>	0	0	0	0
		812	359	319	512

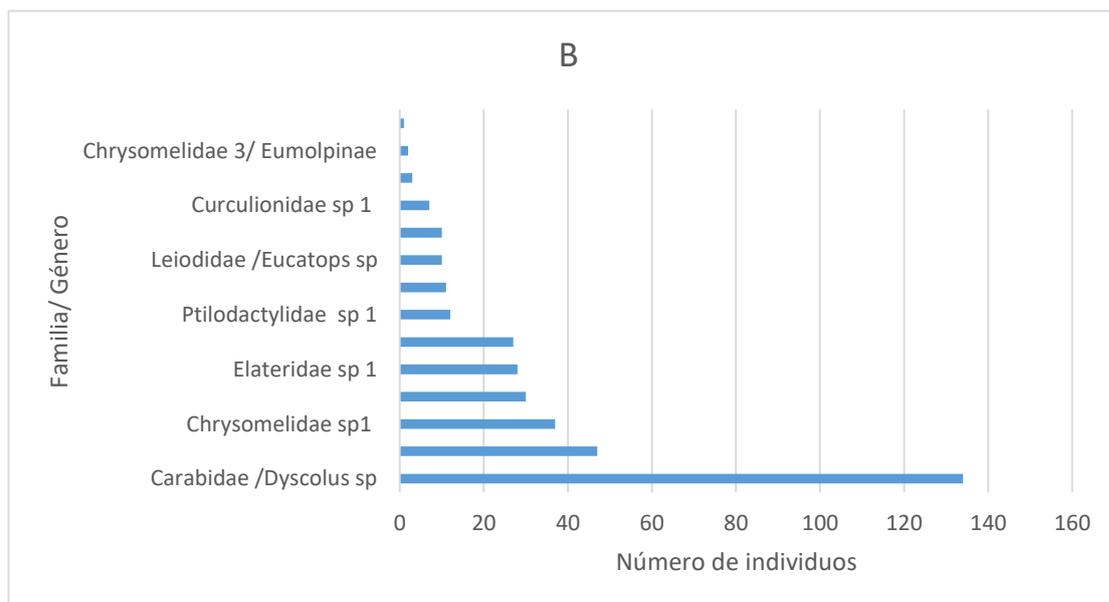
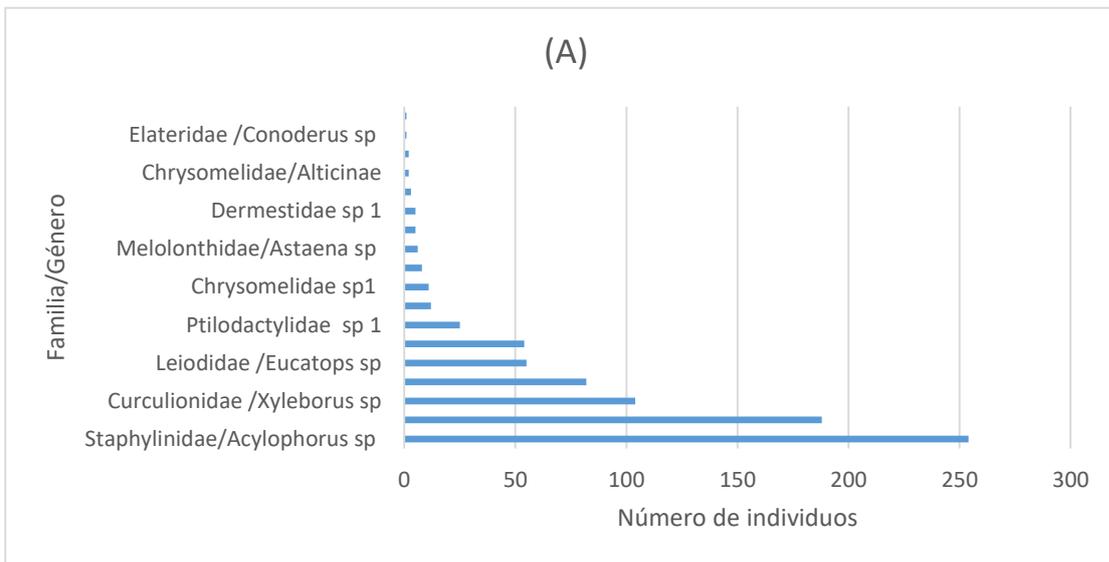
La mayor abundancia para colecta en trampas de caída y vuelo estuvo en bosque (Figura 23A) estuvo mejor representada por *Acylophorus sp* (31 %), seguida por *Chroaptomus sp* (22,9%), *Xyleborus sp* (12,7%), *Dyscolus sp.* (10%) *Eucatops sp* (6,7%) *Curculionidae sp1* (6,6%), *Ptilodactylidae sp1* (3%) *Galerucinae sp* (1,5%) *Chrysomelidae sp1* (1,3%), los otros ocho géneros representan menos del 1% de la abundancia relativa.

El pasto (Figura 23 B) estuvo mejor representado por *Dyscolus sp.* (37,3%), seguida por *Chroaptomus sp* (13%), *Chrysomelidae sp* (10,3%), *Acylophorus sp.* (8,3%), *Elateridae sp.* (7,8%), *Xyleborus sp.* (7.5%), *Ptilodactylidae sp* (3,3%), *Oedemeridae sp1* (3%), *Eucatops sp.* (2,8%), *Ranthus sp* (2,8%), *Curculionidae sp1* (1,9%) los dos géneros restantes representan menos del 1 %.

El sistema con acacia (Figura 23C), tuvo una mayor abundancia representada por *Dyscolus sp* (41%), seguida por el género *Chroaptomus sp* (12, 2%), *Ptilodactylidae sp.* (9%), *Acylophorus sp* y *Elateridae sp.* (8,8%) respectivamente, *Chrysomelidae sp.* (4,7 %), *Xyleborus sp* (3,4 %), los géneros *Eucatops sp.* *Conoderus sp* y *Pseudoxycheila sp*

tuvieron una abundancia del (1,9%) y *Paratrechus sp* (1,56%), los otros cinco restantes representaron menos del 1%.

El sistema con aliso estuvo mejor representado por *Acylophorus sp.* (22%) (Figura 23D), seguido de *Dyscolus sp.* (19%), *Chrysomelidae sp1* (15%), *Chroaptomus sp* (14,7%), *Xyleborus sp.* (7%), *Ptilodactylidae sp.* (6,4%), *Elateridae sp1* (5,2%), *Curculionidae sp1* y *Neda Norrisi (G. Me.)* (1,74%) respectivamente, *Eucatops sp.* (1,55%) y *Paratrechus sp* (1,35%), los diez restantes representaron menos del 1 % de su abundancia.



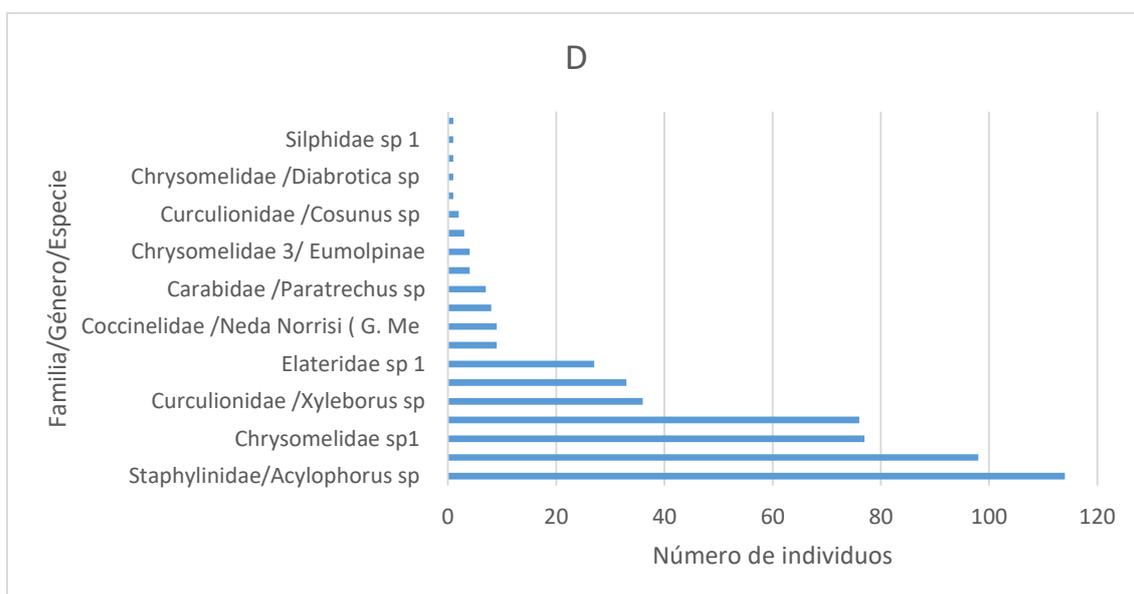
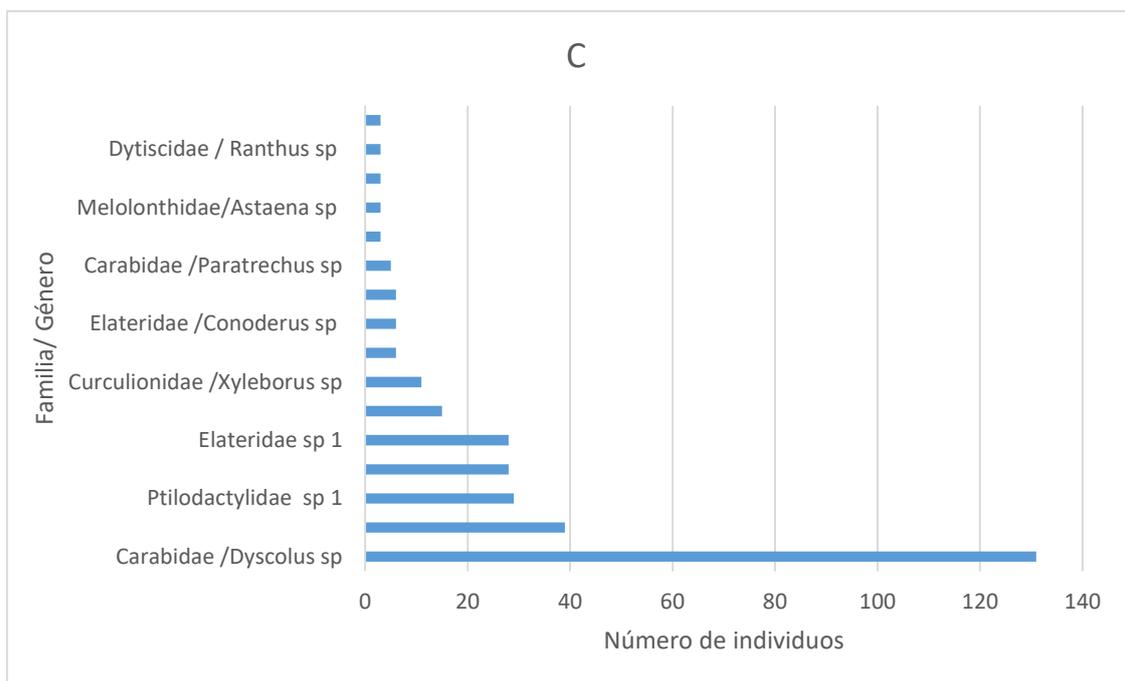


Figura 23 Especies y géneros dominantes y abundantes del Bosque (A), Pasto (B), Acacia (C), Aliso (D)

4.2 DISCUSIÓN

Los valores de diversidad de Shannon muestran diferencias mínimas en los cuatro hábitats, el sistema con aliso presenta ($H' = 2,12$), seguido del sistema pasto ($H' = 2,05$), y acacia con ($H' = 2,03$), y por último el bosque con un valor de ($H' = 1,99$), es decir los hábitats comparten varias especies lo cual posiblemente se deba al grado de intervención antrópica tal como lo mencionan Cabrera *et al.* (2011).

Además, se puede aseverar que la colonización de organismos edáficos en sistemas silvopastoriles no ocurre instantáneamente sino de manera progresiva como lo menciona Lavelle citado por Medina *et al.* (2011). Es decir que el paso del tiempo permite la colonización progresiva individuos en los SSP así también lo señala Sánchez y Milera (2002).

En general los valores del índice de Shannon en las cuatro áreas de estudio varían escasamente aunque se consideran valores cercanos a 3 con alta diversidad (Acosta, Colli y Morales, 2017), así mismo el índice de Margalef muestra al sistema con aliso con un valor más alto ($D_{mg} = 3,04$) y el pasto presenta un índice menor ($D_{mg} = 2,2$) de esta manera valores por debajo de 2 hacen referencia a ecosistemas con poca diversidad o antropizados y cercanos a 5 de alta diversidad (Mora, *et al.* 2017).

Además la abundancia fue mayor en el sistema silvopastoril con aliso (512 ind.) comparados por el convencional (359 ind.), así mismo presentó más riqueza 20 especies con respecto al pastizal convencional con 14 especies, como lo corroboran Gálvez y colaboradores (2016), donde resultados similares demuestran los beneficios de la naturaleza arbórea de estos sistemas sobre la diversidad de la macrofauna debido a la sombra del estrato arbóreo que mejora las condiciones microclimáticas del suelo, ya que disminuye la erosión eólica, la incidencia del sol, conserva la humedad y equilibra la temperatura Rodríguez y Crespo citado por (Menéndez y Cabrera, 2014).

Las curvas de acumulación de especies (Figura 22) según la metodología empleada en esta investigación, dan una idea de qué porcentaje de las especies no quedaron registradas al evaluar representatividad del muestreo ya que relaciona valores observados de la riqueza con los valores esperados (Álvarez, Córdova, Escobar, Fagua, y Gast, 2006), en esta investigación se puede apreciar que la colecta tuvo representatividad, aunque las curvas de acumulación de especies observadas llegaron a ser asintóticas en bosque, pasto

y acacia, en el sistema con aliso indican que aún falta más muestreos para poder determinar la riqueza máxima de especies, por lo tanto es probable que la riqueza total de coleópteros de este lugar sea mayor a la encontrada.

Por otra parte, con el fin de investigar el grado de similitud en la composición de especies y sus abundancias se aplicó un PCoA basado en el índice de Bray Curtis (Figura 21A), y el índice de Jaccard (Figura 21B), donde el bosque presenta una separación muy clara de los tres sistemas, el aliso se presenta como un intermedio entre el bosque, acacia y pasto, demostrando que los SSP pueden cumplir algunas funciones de los bosques nativos al tener vegetación permanente, de esta manera proporcionan refugio a gran cantidad de insectos (Libreros,2015), además estos ambientes comparten muchas especies independientemente de las diferencias ambientales o de la cobertura vegetal, por otra parte los sistemas tradicionales sin estrato arbóreo pueden mantener la riqueza de especies y su abundancia pero no la tasa de recambio de especies entre hábitats (Gómez, Gimenez, Munevar, y Zurita, 2015).

Los métodos de recolecta permitieron caracterizar la diversidad de cada área de estudio, cada método determinó exclusividad de géneros y especies a un tipo de recolecta. Así algunas géneros fueron únicos de la colecta manual como *Astylus sp*, que está muy bien representado en las montañas de los Andes Ecuatorianos se puede encontrar a más de 2600 msnm, esta especie es más frecuentes en la Provincia del Carchi e Imbabura así lo menciona Constantin (2011).

Los adultos de *Astylus sp* se encuentran en las flores de diferentes especies de plantas por lo que son importantes polinizadores pero sus larvas pueden constituir una plaga, esta especie presenta importancia ecológica, económicas, filogénicas y de genética molecular que permiten la identificación y control de la distintas especies de coleópteros (Martín, Moreno y Bonano, 2017).

De la misma manera el género *Passalus sp* fue exclusivo de la colecta manual, la familia *Passalidae* presenta conducta silvícola, hábitos higrófilos, y distribución cosmotropical, así lo explican Reyes y Castillo citado en (Chamé, Ibarra, Reyes, y Gómez, 2010), la familia *Passalidae* destaca entre los grupos de coleópteros más importantes ya que degradan la madera y reciclan nutrientes (Moreno y Amat, 2016).

Por otro lado en la colecta del ensayo piloto (trampas de caída con cebo), aparecieron en el bosque individuos de la familia *Nitidulidae*, esta familia no representa importancia económica, se caracterizan por alimentarse de fluidos vegetales fermentados, hongos y sustancias secas de vegetales y animales (Prado, 1987).

Por último una especie del grupo de los crisomélidos fue colectada manualmente y única del pasto, de la que no se obtuvo identificación pero es una de las siete especies siendo la de mayor riqueza en este estudio, la familia *Chrysomelidae* que constituye una de las más abundantes a nivel mundial y actúan como herbívoros defoliadores de diversas especies de plantas, por esta razón algunas especies son usadas para controlar la malezas (Burgos y Anaya; 2004).

La colecta manual en el bosque tuvo ciertos inconvenientes y al no obtener resultados en este hábitat, se descartó su análisis de la investigación, pero cabe destacar que en el sistema con aliso hubo gran abundancia de la especie *Neda Norrissi* (G.Me) colectada manualmente, ya que se encuentra principalmente en las partes superiores de los árboles, Durán y Valverde (2017) mencionan que éstas especies son descritas como depredadores naturales de áfidos de aliso y otras especies de árboles, es decir que esta especie posiblemente esté controlando de forma natural insectos chupadores que afectan el estado fitosanitario de los árboles.

En cuanto a los géneros dominantes y abundantes de cada sistema, que fueron colectadas en las trampas de caída y vuelo, destaca *Acyloporus sp* y *Chroaptomus sp* de la familia *Staphylinidae*, que es dominante en bosque y aliso; y abundante en acacia y pasto, esta familia es una de las más diversas, son pequeños depredadores que viven en variedad de hábitats y por su diversidad, abundancia y facilidad de ser colectada, es usada como un grupo indicador de conservación (Ceballos, List y Garduño, 2009), ya que permiten medir el impacto antrópico en la biodiversidad así mismo para comparar ecosistemas con diferente cobertura vegetal (Bohac, 1999).

Los staphilínidos son dominantes en el bosque y probablemente el aumento de estas en los sistemas silvopastoriles, indican una mejora de la diversidad de estos sitios ya que algunas especies prefieren los hábitats con más cobertura arbórea (Hernández *et. al*, 2003), además, en las fincas ganaderas con SSP se puede encontrar esta familia como controladores biológicos ya que son depredadores de huevos y larvas de moscas,

regulando su población de esta manera mejora la sanidad y el bienestar del ganado (Ceballos *et al.* 2009).

Otro género que es dominante en los cuatro sistemas es *Dyscolus sp* de la familia *Carabidae* esta familia es también una de las más diversas y es un excelente indicador ecológico (Moret, 2005), de fragmentación y recuperación de hábitats (Martínez, 2005).

Otro género dominante en los cuatro hábitats es *Xyleborus sp*, de la familia *Curculionidae* son insectos barrenadores del xilema que producen picaduras y manchas en la madera especialmente en *Alnus acuminata*, es decir que pueden presentar impactos negativos en programas de reforestación ya que afectan los árboles y constituyen una plaga (Arguedas y Rodríguez, 2017).

Así mismo la familia *Ptylodactilidae* estuvo representada por una especie sin identificar que fue abundante en los cuatro sistemas de estudio aunque existe muy poca información acerca de esta familia y sus características ecológicas, pero en estado larvario son acuáticos y se alimentan de materia fina atrapada en lecho del agua (Manaaki Whenua, 2018), además se alimentan de materia en descomposición especialmente madera los adultos tienen hábitos nocturnos.

La familia *Elateridae* presentó dos géneros, uno de ellos no identificado, esta familia fue abundante en pasto acacia y aliso, en bosque fue rara, algunas especies de esta familia pueden ser depredadores de insectos estornorincos de cuerpo suave como los pulgones, otros se alimentan de frutas, néctar, polen y secreciones radiculares, estos insectos cuando son molestados pueden emitir luz o simular estar muertos (Zurita, Johnson, y Zaragoza, 2014).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las comunidades de coleópteros de los sistemas estudiados comprenden 33 especies, de las cuales las más abundantes y dominantes son las familias *Staphylinidae* con *Acylophorus sp* y *Croaphthomus sp*, la familia *Carabidae* con *Dyscolus sp* estas familias y géneros son los grupos indicadores más importantes de este estudio debido a los beneficios ecológicos que presentan, además de ser abundantes, dominantes, son de fácil colecta y poseen una taxonomía definida.
- Los índices de diversidad variaron escasamente en los cuatro hábitats, el sistema con aliso demostró ser mejor respecto al sistema convencional, el bosque presentó un índice más bajo probablemente por la presencia de especies raras y únicas de este hábitat, aunque fue el más abundante.
- El uso de sistemas silvopastoriles con aliso y acacia permiten mejorar a través del tiempo la diversidad de coleópteros, a causa del mejoramiento de las condiciones edáficas y pueden complementar la función de bosques nativos en la protección y conservación de especies, ya que abarcan especies que están en el bosque, y no solo potencian el crecimiento de biomasa forrajera sino que incrementan la diversidad de macrofauna edáfica.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación de coleópteros en SSP, y llegar hasta niveles más específicos.
- En investigaciones posteriores deben ser consideradas otras variables como precipitación, temperatura, tipo de suelo, cantidad de materia orgánica en el suelo y humedad.
- Estudiar las especies indicadoras de esta investigación y cuáles son sus posibles beneficios ecológicos y económicos.
- Promover el uso de sistemas silvopastoriles como alternativa de producción animal y mejoramiento de los suelos en las zonas de alta montaña.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, F., Colli, J., & Morales, J. (2017). *Diversidad de coleópteros en dos estaciones del año en la sierra de pénjamo, guanajuato. Biología e historia natural*, 99.
- Alcanzar, J., Morón, A., & Morón, M. (2003). *Fauna de coleoptera melolonthidae de villa las rosas, chiapas, méxico. Acta Zoología Mexicana*, 60.
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 109-110.
- Alonso, J., Valenciaga, N., Arruda, R., & Demolin, G. (2007). Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Pesq. agropec. bras*, 1669-1673.
- Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., & Gast, F. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá-Colombia: ISBN.
- Arguedas, M., & Rodríguez, M. (2017). Insectos barrenadores del xilema en especies forestales comerciales en Costa Rica. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(35).
- Artigas, J. (1994). Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. *Revista Soco Entomología Argentina*, 56, 993.
- Bar, E. (2010). *Orden coleoptera. Biología de los Artrópodos*, 1.
- BIP. (2005). *Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional*. Cambridge.
- Bohac, J. (1999). Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 74, 361-362.
- Burgos, A., & Anaya, S. (2004). *Los crisomelinos (coleoptera: chrysomelidae:chrysomelidae) del estado de morelos. Acta zoológica mexicana*, 20(3), 39-40.

- Cabrera, G., Robaina, N., & Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 318.
- CATIE. (2003). *Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico No. 11, Turrialba.
- CEDIG. (1986). *La erosión en el Ecuador*. Quito.
- Chamé, E., Ibarra, G., Reyes, P., & Gómez, B. (2010). La familia Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en Chiapas, México. *LACANDONIA*, 37.
- Ceballos, G., Rurik, L., Garduño, G., López, C., Muñozcano, M., Collado, E., & San Román, E. (2009). *La diversidad biológica del Estado de México- Estudio de Estado*. México.
- CIL. (2015). *La leche del Ecuador, historia de la lechería ecuatoriana* (Vol. 1). (R. B. Nuñez, Ed.) Quito, Pichinca, Ecuador.
- Constantin, R. (2011). A contribution to the genus *Astylus* Laporte de Castelnau, 1836, in Ecuador, with descriptions of three new species (Coleoptera, Melyridae). *Entomologica Basiliensia et Collectionis Frey*, 46-48.
- Costa, E., & Bogorni, P. (1996). *Insectos asociados al dosel de arboles del bosque secundario en Brasil. L. Coleoptera curculionidae. Folia Entomol*, 45-46.
- Coyle, D., & Larsen, K. (1998). Carrion Beetles (Coleoptera: Silphidae) of Northeastern Iowa: A Comparison of Baits for Sampling. *The Journal of the Iowa Academy of Science: JIAS*, 161.
- Cruz, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. Colima.
- Delgado, A. (2013). *Evaluación del efecto de las actividades agrícolas y ganaderas sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos de la parroquia El Carmelo*. INIAP, 1-2
- Durán, J., & Valverde, C. (2017). *Reporte de la mariquita Neda norrisi (Guerin-Meneville, 1842) en árboles de caucho sabanero en la Sabana de Bogotá*.
- Elgueta, M. (2000). "Coleóptera de Chile". Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica. *Monografías Tercer Milenio*, 145-154.

- Engel, M., & Falin, Z. (2012). A new genus of Ptilodactylidae (Coleoptera: Byrrhoidea) in mid-Cretaceous amber from Myanmar (Burma). *GEODIVERSITAS*, 570.
- Escalante, T. (2003). Los estimadores no paramétricos de Chao. *Museo de zoología*, 54.
- FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Italia.
- FAO. (2015). *Estado mundial del recurso suelo. Estado Mundial del Recurso Suelo / Resumen Técnico*, 1-3.
- Ferrero, R. (2012). *Estadística para aplicar con software*. Recuperado de <http://rosanaferrero.blogspot.com/2012/08/clase-6-indices-de-biodiversidad-en-r.html>
- Gálvez, A., Reina, A., & Meneses, E. (2016). *Cuantificación de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en bosque seco*. *Revista Investigación Pecuaria*, 4(2), 16-17.
- Garzón, C., & Aguirre, J. (2002). *Diagnóstico preliminar biótico en Loma Redonda y La Primavera, Reserva Alto Choco, Fundación Zoobreviven, sector intag*.
- GEOECUADOR. (2008). *Informe sobre el estado del medio ambiente*. Recuperado de <http://app.ute.edu.ec/content/3248-299-20-1-6-21/06.%20Cap%C3%ADtulo%204.%20Estado%20del%20suelo.pdf>
- Gómez, C., Gimenez, G., Munevar, A., & Zurita, A. (2015). *Estructura y composición de las comunidades de escarabajos estercoleros (scarabaeidae: scarabaeinae) en diferentes sistemas ganaderos del bosque atlántico de Argentina*. *Entomología Mexicana*, 2, 591.
- González, G. (2015). *Especies nuevas y nuevos registros de coccinélidos (coleoptera: coccinellidae) de Ecuador*. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 143.
- Hernández, M., Sánchez, S., & Guelmes, L. (2008). Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Trop*, 26(3), 319-320.
- Hernández, B., Maes, J., Harvey, C., Vílchez, S., Medina, A., & Sánchez, D. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un

- paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 96.
- Hidalgo, M., Rodríguez, R., & Ricardo, N. (2012). *Estimación de la riqueza de especies y abundancia de Auchenorrhyncha (insecta: hemiptera) presentes en bosque semidecídulo y vegetación sinantrópica de tres localidades de la Sierra del Rosario, Cuba. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (50), 484.
- INIAP. (11 de Septiembre de 2011). *Erosión del suelo avanza en el país*. Recuperado de Erosión del suelo avanza en el país
- Jiménez, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especie y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios bilógicos . *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 31-XII-2003, 151-154.
- Juárez & González. (2016). *Coleópteros (insecta: coleoptera) del bosque de neblina de Cuyas, Ayabaca-Región Piura, Perú. The Biologist*, 2(4), 202-203.
- Lazo, J., Valenciaga, N., Arruda, R., & Demolin, L. (2011). Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. 1668.
- Libreros, F. (2015). Sistemas silvopastoriles: opción para la mitigación y adecuación al cambio climático en bosque seco tropical. (R. F, Ed.) *Semillas*.
- Majer, K. (1994). A review of the classification of the Melyridae and related families (Coleoptera, Cleroidea). *Entomologica Basiliensia*, 319-390.
- Majka, C., & Langor, D. (2008). The Leiodidae (Coleoptera) of Atlantic Canada: new records, faunal composition, and zoogeography. *ZOOKEYS*, 358.
- Manaaki Whenua, L. (2018). *Toe-winged beetles (ptilodactylidae : ptilodactylidae)*. Recuperado de : <https://www.landcareresearch.co.nz/resources/identification/animals/freshwater-invertebrates/guide/jointed-legs/insects-and-springtails/larval-beetles/toe-winged-beetles>

- Marinidou , E., & Jiménez , G. (2010). Sistemas silvopastoriles Uso de árboles en potreros de Chiapas. *CONAFOR*, 10.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*(37), 388.
- Martín, E., Moreno, M., & Bonano, M. (2017). Comparación de métodos de extracción de ADN para el género *Astylus* (Coleoptera: Melyridae). *Acta zoológica lilloana*(1), 57.
- Martínez, C. (2005). *Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Bogotá DC-Colombia.
- Medina, M. (2002). The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. *Revista Brasileira de Entomologia*, 597.
- Medina, M., García, D., Moratinos, P., Clavero, T., & Iglesias, J. (2011). Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Trop*, 29(3), 303-309.
- Mendoza, G. (2012). Analisis de ensamblajes de coleópteros en dos sistemas de manejo agroecológico (Tenjo, Cundinamarca) . *Facultad de ciencias biología aplicada*, 18.
- Menéndez, Y., & Cabrera, G. (2014). La macrofauna de la hojarasca en dos sistemas con diferente uso de la tierra y actividad ganadera en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(2), 182.
- Mirela, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10-21.
- Montagnini,Somarriba, Murgueitio,Fassola y Eibl, F. (2015). *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Turrialba, Costa Rica: CIPAV.

- Mora, C., Burbano, O., Méndez, C., & Castro, D. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kuru*, 14(35), 70-71
- Moreno, C., & Amat, G. (2016). Morfoecología de gremios en escarabajos (Coleoptera: Passalidae) en un gradiente altitudinal en robledales de la Cordillera Oriental, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 64(1).
- Moret, P. (2003). Clave de identificación para los géneros de Carabidae (Coleóptera) presentes en los páramos del Ecuador y del sur de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 185.
- Moret, P. (2005). *Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador*. Quito-Ecuador.
- Noni y Trujillo, G. (1986). Degradación del suelo en el Ecuador Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. 388.
- Ovalle y Avendaño. (1984). Utilización silvopastoral del espinal. 2. Influencia del espino (*Acacia caven* { Mol } Hook et Am) Sobre algunos elementos del medio. *Agricultura técnica*, 44(4), 359.
- Pita y Pértegas, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Investigación: Investigación cuantitativa y cualitativa*, 1-2.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8).
- Prado, E. (1987). *El género carpophilus stephens (coleóptera: nitidulidae) en Chile*. *Revista Chilena de entomología*, 15, 27.
- Ramírez, A. (2005). *Ecología Aplicada*. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería.
- Ruíz, Febles y Alonso. (2003). Factores del manejo para estabilizar la Producción de Biomasa en Sistemas Ganaderos. *Seminarios de pastos y forrajes*, Instituto de Ciencia Animal, 87.
- SAGARPA. (2017). *Sistemas silvopastoriles*. México.

- Sanabria, C., Armbrrecht, I., & Gutiérrez, C. (2008). Diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) en cinco sistemas productivos de los Andes Colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 1-2.
- Sánchez, S. (2008). Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Trop*, 270-272.
- Sánchez, S., & Milera, M. (2002). *Dinámica de la macrofauna edáfica en la sucesión de un sistema de manejo de gramíneas a un sistema con árboles intercalados en el pasto*. *Pastos y Forrajes*, (25:189), 191-192.
- Shockley, F. (2009). Review of the Natural History of the Handsome Fungus Beetles (Coleoptera: Cucujoidea: Endomychidae). *Insecta Mundi*, 3, 1-2. Obtenido de <http://tolweb.org/Endomychidae/>
- Solís, A. (2007). Métodos y técnicas de recolecta para coleópteros Scarabaeoideos. *Research Gate*, 2-3.
- Suárez. (2015). Utilización de coleópteros como indicadores ecológicos en gradientes urbanos de Gijón y León. *Departamento de Biodiversidad y Gestión ambiental*, 16-19.
- Suquilanda, M. (31 de octubre de 2008). *El deterioro de los suelos en Ecuador y la producción agrícola*. *Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo*.
- Trevilla, A., Deloya, C., & Padilla, J. (2010). Coleópteros Necrófí los (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de Malinalco, Estado de México, México. *Neotropical Entomology*, 486.
- Triplehorn, C., & Johnson, N. (2005). *Borror and delong's intriduction to the study of insects*. Ohio-United States of America : THOMSON .
- Ursi, M., Pereira, T., Nunes, E., & Cintra, H. (2007). *Attraction of Astylus variegatus(germ.)(coleoptera: melyridae) by volatile floral attractants*. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 64(3), 305.
- Valarezo, J. (2015). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción sostenible de bovinos en la amazonía sur ecuatoriana. *CEDAMAZ*, 25-26.

- Vázquez, X. (1993). *FAUNA IBERICA*. Barcelona- España: Libri Mundi.
- Villarreal, H., Álvarez, M., & Córdova, S. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Watts, C. (2002). Checklists & Guides to the Identification, to Genus, of Adult & Larval Australian Water Beetles of the Families Dytiscidae, Noteridae, Hygrobiidae, Haliplidae, Gyrinidae, Hydraenidae and the Superfamily Hydrophiloidea (Insecta: Coleoptera). Identification. *CSIRO*(43), 30.
- Zurita, M., Johnson, P., & Zaragoza, S. (2014). Biodiversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 303-304.

VII. ANEXOS

ANEXO 1 -DESCRIPCIÓN DE TRAMPAS

TRAMPAS DE CAIDA

En este estudio se usaron frascos de plástico para facilitar la colecta, dentro del frasco se puede colocar cebo en caso de ser necesario para la atracción de los especímenes y el etanol de 70 % deberá llenarse hasta la mitad del recipiente, este ayudará a conservar los especímenes colectados, y para evitar la huida se usaron embudos plásticos, los frascos se enterraron en el suelo y se colocaron en fila dentro de los transectos ya establecidos, además se debe dejar un espacio de entrada para los insectos así como se puede observar en la Figura 1.

Materiales

- 80 frascos plásticos de 250 ml
- 3 palas hoyadoras
- 2 machetes
- 2 galones de etanol al 70 %
- 80 embudos plásticos
- 1120 bolsas de seguridad
- 3Pinzas de punta fina, grandes y pequeñas (Solís, 2007)



Figura 21. Montaje de la trampa *pitfall*
Foto: Autora

TRAMPA DE INTERCEPCIÓN DEL VUELO

Esta trampa interrumpe el paso normal de vuelo del insecto, se usó una malla fina de color negro de forma rectangular, en cada extremo del rectángulo se colocarán soportes de madera los mismos que se fijaron al suelo, en la base de la trampa se colocó bandejas de plástico rectangulares, en cada una se colocó agua con sal o agua con detergente para que elimine la tensión superficial y los insectos se hundan y así evitar que escapen , en cada trampa de intercepción se colocó un techo de plástico negro para evitar posibles daños por la lluvia, así mismo fue necesario rociar la malla con insecticida para facilitar la caída de los insectos a las bandejas así como se muestra en la figura .

Materiales

- Pala
- Machete
- 15 rollos de cuerda plástica
- 48 marcos de tela tipo toldillo (2 x 1.5 de color oscuro verde o negro)
- 4 bandejas plásticas blancas por trampa (192 bandejas)
- 4 galones de etanol al 70 %, 1 galón de jabón líquido, 2 frascos de insecticida
- 96 soportes de madera de 2m
- 672 bolsas de seguridad (ziploc)
- pinzas (Solís, 2007).



Figura 22. Montaje de la trampa de intersección del vuelo (Foto: Autora)