



Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE**

Trabajo de Tesis

Caracterización de las condiciones del suelo
y la diversidad biológica de especies
arbóreas y fauna silvestre en seis fincas
cafetaleras del municipio de San Juan de
Río Coco, Madriz, Nicaragua

AUTORA

Lic. Ana Mercedes Poveda Zeledón

ASESORES

Dra. Martha Orozco Izaguirre

Lic. MSc. Miguel Ángel Garmendia

Managua Nicaragua

Enero, 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE**



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

**Tesis para optar al grado de Maestro en ciencias en Manejo y
Conservación de los Recursos Naturales Renovables**

**Caracterización de las condiciones del suelo y la
diversidad biológica de especies arbóreas y fauna
silvestre en seis fincas cafetaleras del municipio
de San Juan de Río Coco, Madriz, Nicaragua**

AUTORA

Lic. Ana Mercedes Poveda Zeledón

ASESORES

Dra. Martha Orozco Izaguirre

Lic. MSc. Miguel Ángel Garmendia

Managua Nicaragua

Enero, 2020

HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ EVALUADOR

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) como requisito final para optar al Título Profesional de:

Maestro en Ciencias en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables

Miembros del Tribunal Examinador

Dr. Guillermo Castro Marín
Presidente

MSc Emelina del Carmen Tapia Lorío
Secretario

MSc Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales
Vocal

Managua, Nicaragua

16 de Enero 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis Padres José Modesto Poveda (q e p d) y María Filomena Zeledón Talavera (q e p d) por haberme dado la inspiración de seguirme preparando para transmitir conocimientos nuevos para un futuro mejor de la sociedad.

A mis tres hijos, Armando José, Wendy Massiel y Johan Poveda Poveda que son el pilar de mi fortaleza, por su apoyo en todo el trascurso de la especialidad, por su comprensión y muestras de amor en los momentos más difícil de mi vida. Por ellos y para ellos esta meta alcanzada.

A todas aquellas personas que están velando por el cuidado de la Madre tierra, sus Recursos Naturales, con un manejo adecuado, que permita la conservación de los mismos que favorezca un equilibrio entre los aspectos ambientales, económicos y sociales de la población para un mejor futuro de las nuevas generaciones de nuestra Madre tierra.

Ana Mercedes Poveda Zeledón

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por haberme dado la oportunidad de la vida, por la fortaleza, por mi salud, por el ánimo de estudiar esta bonita especialidad que nos brinda beneficios a los seres humanos la cual es un reto hacerla llegar a la práctica.

A la Universidad Nacional Agraria por darme la oportunidad de seguirme preparando en nuevos conocimientos de la especialidad de la Maestría para seguir aportando a nuevas generaciones conocimientos.

Al proyecto PUENTES ejecutado por el Catholic Relief Services (CRS) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), quien me brindo los medios económicos para llevar a cabo la presente investigación.

Agradezco a mis asesores Dra. Martha Orozco Izaguirre por confiar en mí y darme la oportunidad para realizar este trabajo de Investigación, por su apoyo, sus aportes valiosos e importantes conocimientos; y Lic. MSc Miguel Ángel Garmendia por sus valiosos aportes en sus conocimientos, observaciones y guía del trabajo de investigación, de quienes aprendí mucho para realizar y llegar a culminar esta tesis.

Agradezco a los Drs. Guillermo Castro y Benigno González la gestión de una beca total y la oportunidad de estudiar la Maestría.

Al Lic. Benito Quezada por sus aportes y conocimientos para la identificación de especies Arbórea.

Agradezco a Dra. Matilde Somarriba Decana de la FARENA por darme el apoyo, consideración y gestión para culminar la tesis.

A Lic. Gloria Téllez Robledo por su apoyo, consideración para que realizara mi trabajo de investigación.

A Ing. MSc. Emelina Tapia por facilitarme su valioso tiempo, aportes y experiencias en trabajo de investigación.

A Ing. MSc Oswaldo Rodríguez sus valiosos conocimientos y aporte en la identificación de las especies de insectos, en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional Agraria.

A todos mis compañeros de la FARENA por sus oraciones en momentos difíciles, por las palabras de ánimo que me ofrecieron para seguir adelante y culminar mi tesis.

A la Ing. Vera Palacio Rizo e Ing Cristhian Gámez Ortuño, con quienes compartí experiencia de trabajo en el campo de estudio de la investigación.

Ana Mercedes Poveda Zeledón

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| ÍNDICE DE ANEXOS | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1. Objetivo general | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos | 3 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 3.1. Caracterización del estudio | 4 |
| 3.1.1. Localización geográfica del estudio | 4 |
| 3.1.2. Condiciones climáticas | 5 |
| 3.1.3. Características topográficas | 5 |
| 3.1.4. Vegetación | 5 |
| 3.1.5. Uso potencial de los suelo | 5 |
| 3.1.6. Hidrografía | 5 |
| 3.2. El proceso metodológico para la realización del estudio. | 6 |
| 3.2.1. Etapa I: Planificación del trabajo de campo | 7 |
| 3.2.2. Etapa II: Levantamiento de datos | 9 |
| 3.2.3. Etapa III: Procesamiento y análisis de la información | 23 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 25 |
| 4.1. Caracterización de suelos de las fincas de café bajo sombra: | 25 |
| 4.1.1 Caracterización de suelo Inceptisole finca: El Espejo, El Porvenir y El Solar | 25 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 4.1.2. | Caracterización de suelos Molisoles fincas: San Antonio y Santa Gema | 30 |
| 4.1.3. | Caracterización en suelo Alfisoles finca: La Consentida | 35 |
| 4.2. | Caracterización biofísica de suelo | 38 |
| 4.2.1. | Dinámica de la erosión de suelo | 38 |
| 4.2.2. | Potencial de hidrogeno del suelo en las fincas | 39 |
| 4.2.3. | Beneficio que el sistema de cultivo de café provee al suelo | 39 |
| 4.3. | Caracterización de fauna silvestre vertebrada e invertebrada | 40 |
| 4.3.1. | Descripción general de la diversidad de fauna silvestre invertebrada | 40 |
| 4.4. | Diversidad de flora arborescente | 48 |
| 4.4.1. | Descripción general de la diversidad de flora | 48 |
| 4.4.2. | Comparación de los parámetros de diversidad biológica de flora por finca | 49 |
| 4.4.3. | Comparación de la riqueza de especies de flora | 49 |
| 4.5. | Propuestas de acciones para fincas en base a las limitantes encontradas | 53 |
| V. | CONCLUSIONES | 56 |
| VI. | LITERATURA CITADA | 57 |
| VII. | ANEXOS | 60 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Extensión territorial y ubicación (coordenadas UTM) de las fincas en estudio | 7 |
| 2. Tipos o clases de infiltración de agua (Fuente: USDA1993) | 15 |
| 3. Perfil de suelo Inceptisol | 25 |
| 4. Porcentaje de pendiente de tres fincas cafetaleras en estudio | 25 |
| 5. Perfil de suelo molisol | 31 |
| 6. Porcentaje de pendiente del terreno de 2 en estudio | 31 |
| 7. Perfil y característica de suelo Alfisol | 35 |
| 8. Resumen de la dinámica de erosión en las seis fincas de estudio | 38 |
| 9. Resultados de pH de los suelos en las parcelas de erosión en las fincas cafetaleras | 39 |
| 10. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de Permutación para la fauna silvestre invertebrada | 43 |
| 11. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de permutación para la fauna silvestre vertebrada. Se presentan los valores resultantes de la probabilidad (p) | 46 |
| 12. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de Permutación para la flora arborescente. Se presentan los valores resultantes de la probabilidad (p) | 51 |
| 13. Resumen de resultados de biodiversidad de las seis fincas estudiadas | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PÁGINA |
|---|--------|
| 1. Mapa de macro localización (Fuente INETER 1998) | 4 |
| 2. Etapas del proceso metodológico | 6 |
| 3. Ubicación de fincas cafetaleras en estudio. Fuente: Palacios y Gámez, 2015 | 8 |
| 4. Distribución de los clavos en cada uno de los sets y lecturas de los clavos para medir las pérdidas de suelo en milímetros. (Palacios, Gámez, 2015). | 11 |
| 5. Extracción de suelo | 12 |
| 6. Peso de suelo extraído | 12 |
| 7. Colocación de bolsa plástica. | 13 |
| 8. Medición de volumen de agua. | 13 |
| 9. Agregando agua para prueba de infiltración | 15 |
| 10. Midiendo el agua infiltrada | 16 |
| 11. Esquema de un transecto muestreo de los Mamíferos, Reptiles y Anfibios | 17 |
| 12. Ilustración del establecimiento de estaciones de muestreo de invertebrados a lo largo de un transecto | 18 |
| 13. Preparación de cebo para atraer las mariposas. (Poveda 2013) | 18 |
| 14. Trampa establecida y funcionando para la captura de mariposas. (Poveda 2013) | 19 |
| 15. Ilustración de una trampa pitfall para escarabajos coprófagos. | 20 |
| 16. Punto de muestreo de escarabajos coprófagos. | 20 |
| 17. <i>Total, de precipitaciones mensuales registradas en las fincas. Autoría propia</i> | 26 |
| 18. Tendencias de Pruebas de infiltración de agua en el suelo en fincas; a. El Espejo, b. El Solar y c El Porvenir | 30 |
| 19. Precipitaciones mensuales registradas en las fincas San Antonio y Santa Gema | 32 |
| 20. Tendencias de pruebas de infiltración de agua en el suelo a) San Antonio y b) Santa Gema. | 34 |
| 21. Total de precipitaciones mensuales en la finca Consentida | 36 |
| 22. Tendencia de prueba de infiltración de agua en el suelo en finca la Consentida | 37 |
| 23. Riqueza del número de especie invertebradas por finca, 2013 | 41 |
| 24. Abundancia del número de individuo de invertebrados por finca | 42 |
| 25. Riqueza de especie observada y calculada Chao 1. 2016 | 45 |
| 26. Sumatoria del número de individuos de fauna silvestre vertebradas por finca | 46 |
| 27. Riqueza de especie observada y calculada mediante el estimado Chao1 | 49 |
| 28. Sumatoria del número de individuos de flora por finca | 50 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | PÁGINA |
|---|---------------|
| 1. Resumen de la dinámica de erosión en los set instalado en las fincas cafetaleras | 60 |
| 2. Resultados de densidad aparente obtenidos en cada finca | 60 |
| 3. Lista de fauna vertebrada mencionados por los entrevistados en las fincas | 61 |
| 4. <i>Listado de especies arbóreas encontradas en finca de estudio</i> | 62 |

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de San Juan de Río Coco en seis fincas de café bajo sombra en el período de mayo 2012 a marzo 2013. El objetivo fue caracterizar los suelos y la diversidad biológica de especies arbóreas y fauna silvestre, con el fin de proponer acciones de conservación y mejora de en el manejo de suelos y biodiversidad. Para la caracterización edáfica se describieron seis perfiles de suelo, y se establecieron 18 parcelas de clavos y arandelas para monitorear erosión de suelo. El muestreo de flora arborescente y fauna silvestre se realizó a través de diferentes métodos de muestreo, entre lo que están parcelas cuadradas, puntos de conteo y transectos establecidos en cada finca. Como resultado, se identificaron suelos de los órdenes Alfisoles, Inceptisoles y Molisoles, en pendientes escarpadas que oscilan desde 34% a 76.3%, con altos contenidos de materia orgánica. La mayor tasa de erosión fue reportada en las fincas; Santa Gema ($388.66 \text{ ton ha}^{-1}$) y el Porvenir con 71 ton ha^{-1} anual. Por lo que se recomienda implementar medidas de conservación de suelos y agua. La mayor riqueza de biodiversidad de invertebrados se reportó en las fincas fue mayor en las fincas El Espejo y San Antonio (12 especies dada una); la diversidad de vertebrados fue mayor en las fincas Santa Gema con 13 especies y 7 en la Consentida. La flora presentó 21 especies en El Solar y 13 en Santa Gema. Es posible que el manejo particular de cada finca este influyendo en las diferencias entre las diversidad biológica. Se proponen acciones que permita mejorar las condiciones del suelo de las fincas para la conservación del mismo y la biodiversidad de especies arbórea y fauna silvestre.

Palabras claves: *Erosión biodiversidad, flora arbórea, café con sombra, invertebrados, vertebrados*

ABSTRACT

The coffee plantation of under shade favors production, and helps soil conservation and biodiversity. The present study was carried out in the municipality of San Juan de Rio Coco in six shaded coffee farms in the period from May 2012 to March 2013. The objective was to characterize the soils and biological diversity of tree species and wildlife, in order to propose conservation and improvement actions in soil and biodiversity management. For soil characterization, six soil profiles were described, and 18 plots of nails and washers were established to monitor soil erosion. The sampling of arborescent flora and wildlife was carried out through different sampling methods, among which are square plots, counting points and transects established in each farm. As a result, soils of the orders Alfisols, Inceptisols and Molisols were identified, on steep slopes ranging from 34% to 76.3%, with high organic matter content. The highest erosion rate was reported in the farms; Santa Gema (388.66 ton ha⁻¹) and El Porvenir with 71 ton ha⁻¹ annually. Therefore, it is recommended to implement soil and water conservation measures. The greatest biodiversity wealth of invertebrates was reported in the farms was greater in the El Espejo and San Antonio farms (12 species given one); vertebrate diversity was greater in Santa Gema farms with 13 species and 7 in Consentida. The flora presented 21 species in El Solar and 13 in Santa Gema. It is possible that the particular management of each farm is influencing the differences between biological diversity. Actions are proposed to improve the soil conditions of the farms for their conservation and the biodiversity of tree species and wildlife.

Keywords: Erosion biodiversity, tree flora, coffee with shade, invertebrates, vertebrates

I. INTRODUCCION

El mundo está viviendo un incremento en la extinción de especies, la pérdida de biodiversidad más rápida en la historia del planeta que probablemente se acelerara a medida que el clima cambie (Kaeslin, *et, al* 2013). Con los problemas ambientales que se presentan en algunas zonas de Nicaragua como es el peligro de extinción de especies de plantas, animales, otras se encuentran en diferentes grados de amenaza, la pérdida de hábitats de los ecosistemas es la amenaza principal que atentan con la conservación de estas especies Fauna y Flora (Guh 2004).

Al igual que la pérdida de la biodiversidad, los problemas ambientales provocan la degradación del suelo que conlleva a la reducción de la fertilidad del mismo por efecto de la erosión y que atentan contra la productividad, como consecuencia, existen problemas en la producción agricultura, esto se refleja en la crisis familiar campesina y en el deterioro progresivo de los recursos naturales, específicamente del suelo Avilés (2012). Estos problemas pueden ser amortiguados si se implementan obras de conservación de suelo.

El cultivo de café bajo sombra juega un papel importante en la conservación de la biodiversidad, y la conservación de suelo, (Altamirano 2005 (como citó Montagnini (1992), y la importancia de la implementación de sistemas agroforestales radica en su habilidad para mejorar y mantener la estabilidad de los sistemas agrícolas, utilizando bajos niveles de insumos, protegiendo los suelos de la degradación y favoreciendo la productividad de los mismos. Esto se debe a los beneficios de los árboles, entre los cuales se destaca captura de carbono, el aporte de materia orgánica, favoreciendo la disponibilidad y reserva de nutrientes.

Según Mendieta y Rocha (2007) los sistemas agroforestales proveen una variedad de nichos y recursos los cuales permiten mantener una diversidad de plantas y animales, usualmente menor a la soportada por un bosque intacto, pero que ayuda a mantener la conexión biótica, una de las funciones importante es la conservación de la diversidad biológica.

Diferentes estudios han demostrado el gran potencial que tienen las plantaciones de café bajo sombra para la conservación de diferentes especies, incluyendo distintos tipos de árboles que ayudan a la protección del suelo, pero pocos estudios han analizado las interacciones entre la conservación de la biodiversidad y los medios de vida de los caficultores que la mantienen. (Méndez y Bacon., 2005.).

La información que existe es considerada muy limitada en términos de pérdida de diversidad, MARENA (2008), por tal razón es necesario unir esfuerzo para hacer estudios que conlleven a conocer su estado actual y garantizar el acceso a la información científica actualizada de la biodiversidad que influya en los diferentes sectores del país, con el propósito de búsquedas de alternativas de su conservación y una mejor calidad de vida para sus habitantes. Por lo tanto, es necesario hacer trabajos de investigación en café bajo sombra ya que este es un sistema agroforestal el cual provee beneficios ambientales y que permita recabar información actualizada de monitoreo del suelo y la conservación de especies arbóreas y fauna silvestre en aquellas zonas del país donde no hay información que nos indique el estado actual del suelo y de la diversidad biológica.

El resultado del estudio será la base para facilitar insumos de información actualizada proponer acciones que permita a los propietarios de las fincas, habitantes e instituciones competentes aunar esfuerzos para incrementar la conservación de la biodiversidad y el recurso suelo, de esta forma contribuir en la mejora del cultivo de café y los medios de vida de los habitantes en zona de las seis fincas de café del municipio de San Juan del Río Coco.

El presente trabajo pretende validar métodos sencillos y participativos para evaluar productividad de suelos cafetaleros en las fincas y poder dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Caracterizar las condiciones del suelo y la diversidad biológica de especies arbóreas y fauna silvestre en seis fincas cafetaleras del municipio de San Juan de Rio Coco, Madriz, Nicaragua, a fin de proponer acciones que conlleven a la conservación del suelo y de la biodiversidad.

2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los suelos en seis fincas cafetaleras para identificar sus propiedades y los servicios ecológicos que le brinda el cultivo de café al suelo y la biodiversidad de especies arbóreas y fauna silvestre.
2. Cuantificar las pérdidas de suelo para saber la tasa de erosión de suelo de las seis fincas cafetaleras y los factores que provocan la erosión en cada finca.
3. Comparar los parámetros de biodiversidad de riqueza y abundancia en especies arbóreas y fauna silvestre existente en las seis fincas en estudio, para mejorar la conservación de suelos y la biodiversidad en fincas cafetaleras.
4. Proponer acciones de conservación de biodiversidad y de suelo en cultivo de café bajo sombra, con el fin de evitar la degradación de suelos y la pérdida de especies arbórea, fauna silvestre favoreciendo en lo ambiental, social y económico a los propietarios y habitantes de las fincas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización general del área de estudio

3.1.1. Localización

El municipio de San Juan de Río Coco pertenece al departamento de Madriz, su extensión es de 181.65 km², está ubicado en la parte norte de Nicaragua entre las coordenadas 13 32' latitud N y 86 10' de longitud O, con una altura de 849 metros sobre el nivel del mar y una superficie de 181.65 km², tiene una precipitación media anual de 1200 a 1600 mm, Limita Al Norte con el Municipio de El Jícaro (Departamento de Nueva Segovia) al Sur con el Municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega, al Este con el Municipio de Quilalí (Departamento de Nueva Segovia). Al Oeste con el Municipio de Telpaneca (Departamento de Madriz) SINAPRED (2003). Ver figura 1.

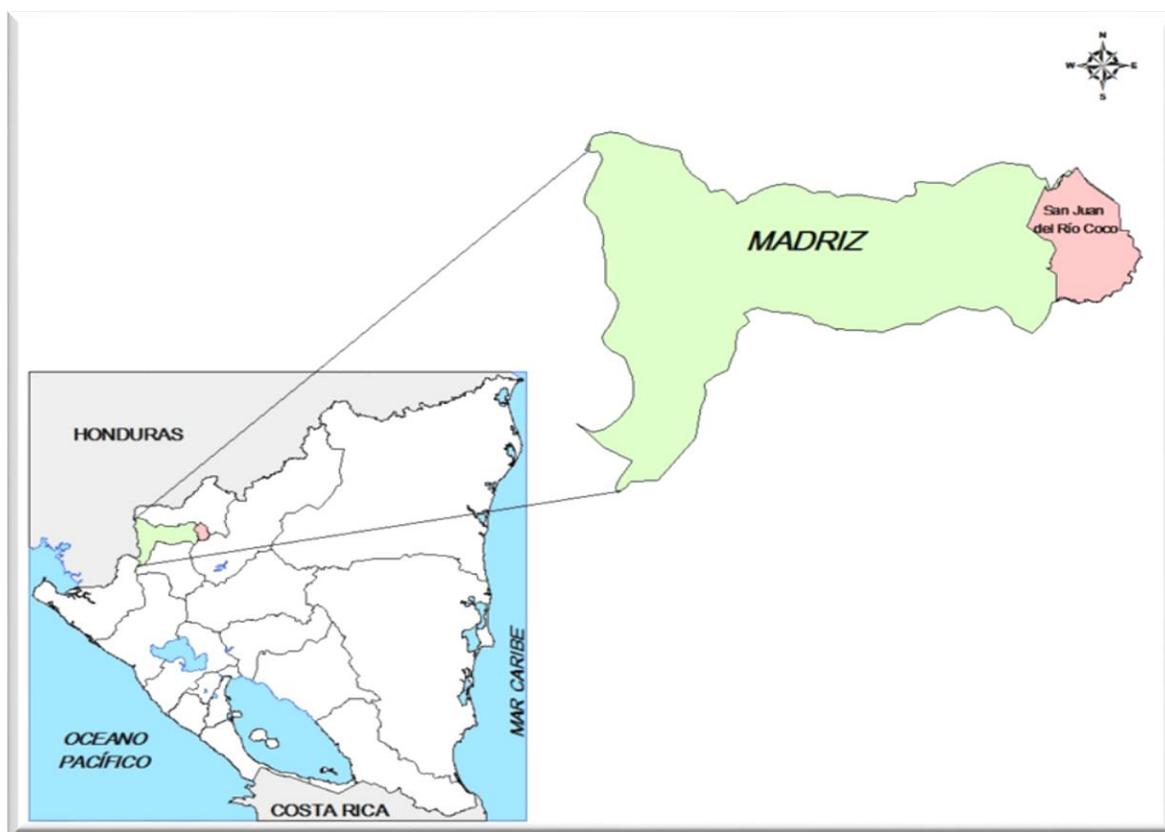


Figura 1. Mapa de macrolocalización. (Fuente: INETER 1998).

3.1.2. Condición climática

Presenta una precipitación promedio anual de 1,441 mm, con temperaturas que oscilan entre los 22 ° y 23° centígrados, su clima es de Bosque Tropical Húmedo (INIFOM, s.f.).

3.1.3. Características topográficas

La ciudad de San Juan de Río Coco se encuentra asentada y rodeada por cerros que se caracterizan por presentar un relieve muy irregular y abrupto con alturas que oscilan entre los 820 y 840 msnm (INIFOM, s.f.).

3.1.4. Vegetación

Según INIFOM, (s.f.) en el municipio se ha reducido el área boscosa debido a la explotación indiscriminada. Al analizar los datos históricos de Geomap de 1982 a escala 1: 250,000 y los mapas topográficos de INETER de 1988 a escala 1: 50,000, muestran que el área boscosa del municipio fue reducida de 219 km² en 1982 a 23.2 Km² en 1995, lo que significa una disminución del bosque de 195.8 Km², equivalentes a una pérdida relativa del 89.4 % del total de los bosques en el área de estudio.

3.1.5. Uso potencial de los suelos

Debido a las fuertes limitaciones topográficas el 90.1% del territorio tiene vocación forestal incluyendo área para bosques de protección; el 7.9% del territorio presenta vocación para cultivos, pero con uso restringido (INIFOM, s.f.).

3.1.6. Hidrografía

La principal fuente hidrográfica del municipio está compuesta por el Río Coco, que recorre el territorio con dirección oeste al noroeste, que a la vez sirve de límite entre el municipio de San Sebastián de Yalí y el municipio de San Juan del Río Coco, existiendo una fuente hidrográfica compuesta por los ríos San Juan y Almorzadero. Las microcuencas que cubren el municipio se caracterizan por presentar alta velocidad de drenaje por lo accidentado del terreno, arrastre de sedimentos, recorridos cortos y contaminación por la pulpa del café (beneficio húmedo). (INIFOM, s.f.).

3.2. El proceso metodológico para la realización del estudio

El proceso metodológico para la realización del estudio en las seis fincas de café bajo sombra está dividido en tres grandes etapas: Planificación, levantamiento de datos y procesamiento de análisis de la información (Figura 2).

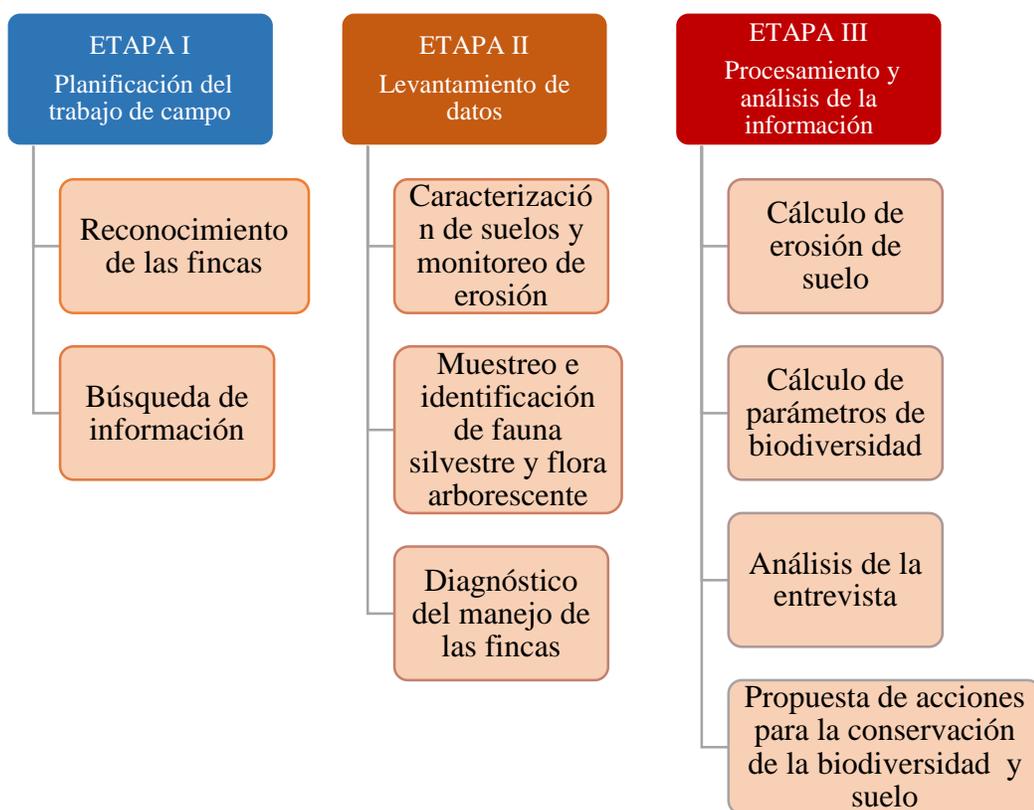


Figura 2. Etapas del proceso metodológico.

3.2.1. Etapa I: Planificación del trabajo de campo

i. Reconocimiento de las fincas

El estudio se realizó en seis fincas donde tienen establecido el cultivo de café bajo sombra, en el municipio de San Juan de Río Coco, departamento de Madriz en el periodo de Mayo 2012 a Marzo 2013. Las fincas seleccionadas fueron Santa Gema, El Porvenir, La Consentida, El Espejo, San Antonio y El Solar. El tamaño de las fincas oscila entre 2 a 60 mz y la ubicación específica se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1. Extensión territorial y ubicación (coordenadas UTM) de las fincas en estudio (Autoría propia)

| Fincas | Extensión (mz) | Coordenadas UTM (NAD27 Central) | |
|---------------|-------------------|---------------------------------|---------|
| | | X | Y |
| Santa Gema | 17.5 | 588750 | 1500200 |
| El Porvenir | 30 | 590949 | 1499617 |
| La Consentida | 2 | 588307 | 1499843 |
| El Espejo | 3.5 | 588325 | 1494439 |
| San Antonio | 60 | 588835 | 1498930 |
| El Solar | 1.5 | 591018 | 1496228 |

Para la selección de las fincas, se establecieron tres criterios en función de su localización de acuerdo a su tendencia topográfica (alta, media y baja). Estos son: Facilidad acceso, disposición de propietario de las fincas a ser parte del estudio y la diversificación de las formas de manejo que se aplican a las fincas cafetaleras en su sistema de producción la (Figura 3) muestra la ubicación de las fincas.

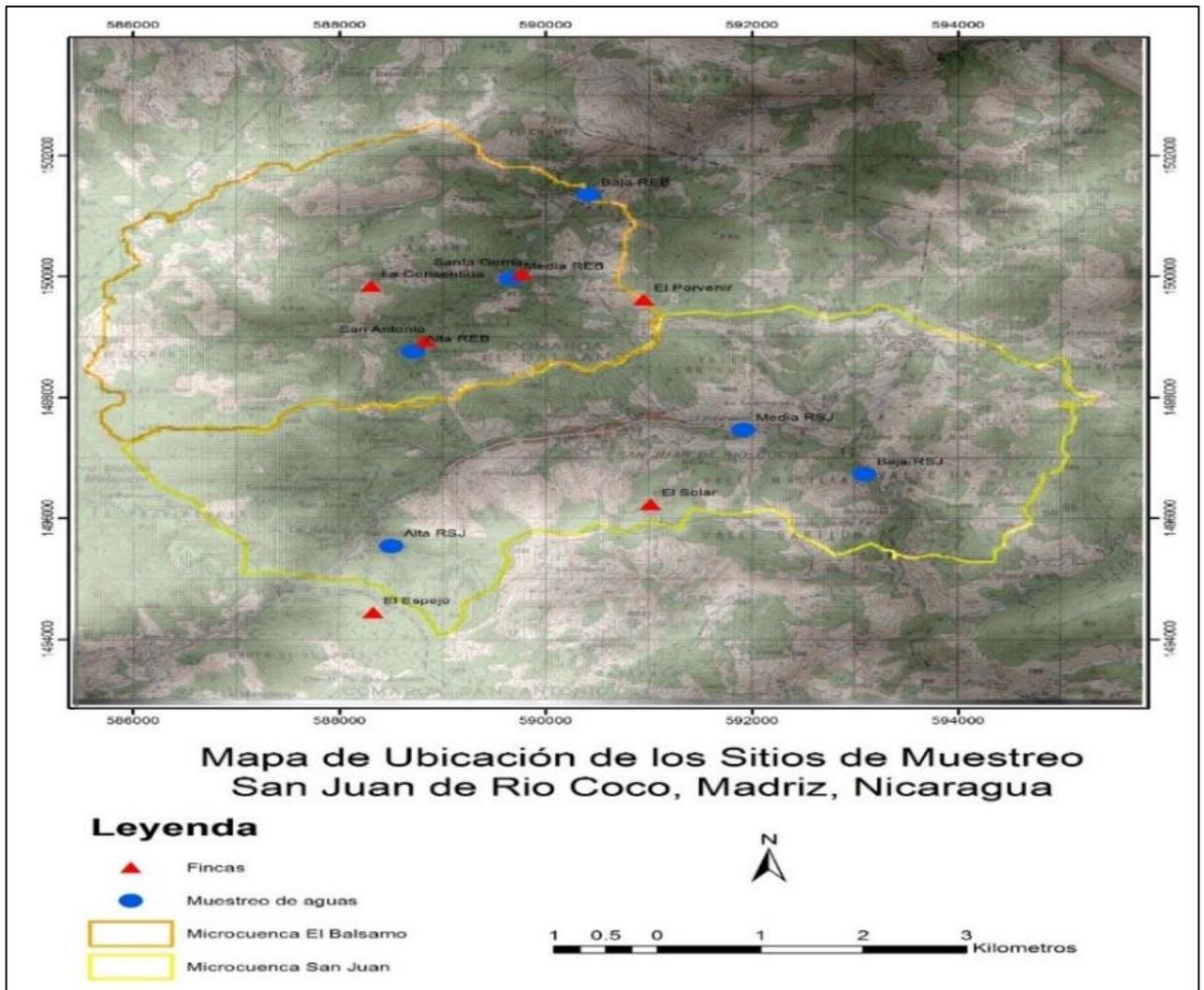


Figura 3. Ubicación de fincas cafetaleras en estudio. Fuente: Palacios y Gámez, 2015.

ii. Búsqueda de información

Con el fin de obtener información general del área de estudio, más específicos del uso de suelo y biodiversidad de especies arbóreas y fauna silvestre, se recopiló información con una entrevista abierta a los propietarios de las fincas y a personas aledañas a la zona, se seleccionó información para conocer de igual manera el manejo de las fincas de café bajo sombra. Es importante que las fincas tuvieran diversas formas de manejo del café para poder compararlas en términos de suelo y biodiversidad. Es conocido que las formas de manejo de la finca tienen influencia en los recursos naturales dentro de las mismas, por tal razón fue de interés

primordial el tener fincas con diferentes formas de manejo y así asociar la relación con los resultados.

La entrevista se realizó en cada finca, fueron abordadas en las viviendas de los propietarios y de los habitantes y consistió en hacerles preguntas abiertas para sus posibles repuestas. Las preguntas que se reflejan sobre el manejo que hacen en la finca son: ¿Tiene beneficio de café en la finca?, ¿Cómo trata las aguas residuales?, ¿Qué especies arbóreas utilizan en el cafetal?, ¿Qué tipo de plagas ataca al café de su finca? y ¿aplican productos inorgánicos u orgánicos al cultivo?

3.2.2. Etapa II: Levantamiento de datos

Luego de finalizar la etapa de campo, se realizó la colecta de muestras de suelo y fueron llevadas al laboratorio (LABQUISA S. A) para su análisis, y las muestras de diversidad biológica de fauna silvestre invertebradas enviadas al laboratorio entomológico de la (UNA) para su respectiva identificación.

i. Caracterización de suelos y monitoreo de erosión

La caracterización de los suelos se realizó a través de observaciones directas, la que incluye la descripción macro-morfológica de las características externas (relieve, drenaje, pendiente, pedregosidad, erosión, riesgos de deslizamiento o inundaciones, uso actual). Y las características internas (profundidad, textura, estructura, color, consistencia, raíces y poros) en los perfiles de suelo en las microcuencas San Juan se extrajeron nueve muestras de suelo tres por cada finca y en la microcuenca rio El Bálsamo se extrajeron seis muestras dos por cada finca para ser analizadas en LAQUISA (Laboratorios Químicos S.A.), para su clasificación definitiva de los mismos de acuerdo al método Soil Taxonomy, clave 2010.

- ***Cuantificación de ganancias o pérdidas de suelo***

Clavos y arandelas

Según metodología descrita por PASOLAC (2005) se utilizaron 10 clavos de acero de 30 cm de longitud para cada set como se muestra en la (Figura 4); marcando con pintura de aceite color amarillo 10 cm de longitud del clavo, de tal forma que las diferencias de altura entre la parte superior del clavo y el nivel del suelo, representan el nivel de pérdidas de suelo.

Para la frecuencia del registro se realizaron lecturas después de haberse incrementado precipitaciones muy significativas durante la etapa lluviosa; los registros permitieron calcular las pérdidas o acumulaciones en términos volumétricos, correspondiendo cada situación (pérdida o acumulación) a una altura, que para el conjunto de clavos origina una altura promedio, dato que junto al del área de trabajo, permite determinar el volumen de suelo perdido.

El monitoreo mide la diferencia de altura entre la línea de pintura inicial y la final, determinando la lámina de suelo erosionada o sedimentada. La cuantificación de los resultados se hace a través de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{E = H \times A \times Da}$$

Donde, E= Erosión o pérdida de suelo (mm o ton/ha)

H= Altura de la lámina perdida (cm o mm)

A= Área medida (m² o ha)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

$$\mathbf{S = H \times A \times Da}$$

Donde, S= Suelo sedimentado (mm o ton/ha)

H= Altura de la lámina acumulada (cm)

A= Área medida (m²)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

$$EN = E - S$$

Donde, EN= Erosión Neta (mm o ton/ha)

E= Erosión o pérdida de suelo (mm o ton/ha)

S= Suelo sedimentado (mm o ton/ha)

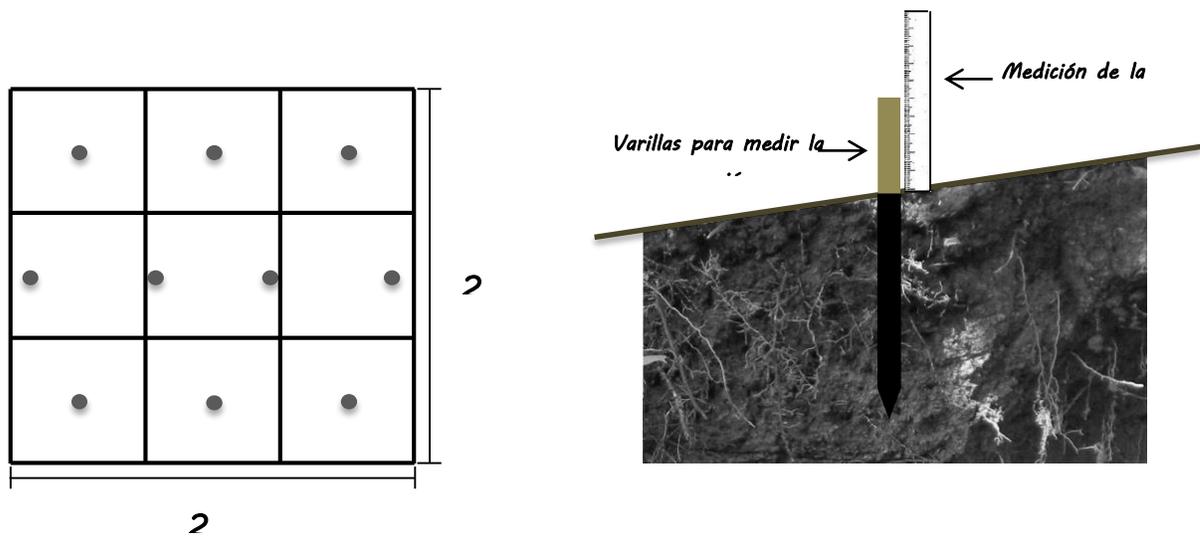


Figura 4. Distribución de los clavos en cada uno de los sets y lecturas de los clavos para medir las pérdidas de suelo en milímetros. (Palacios, Gámez, 2015).

- **Características físicas del suelo en cada parcela**

Densidad Aparente

Se determinó la densidad aparente para calcular la pérdida o ganancia de suelo, y se realizó por cada set instalado. La densidad aparente del suelo se determinó utilizando métodos de campo, procediendo de la siguiente manera:

Paso 1. Usando una pala recta se extrajo suelo, quedando un hueco, como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Extracción de suelo.

Paso 2. Una vez extraído se depositó en una bolsa para determinar su peso en una balanza de precisión, como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Peso de suelo extraído.

Paso 3. Se colocó una bolsa plástica en el hueco realizado y se le agregó agua hasta que estuviese a nivel con la superficie del suelo, como se muestra en la figura 7.

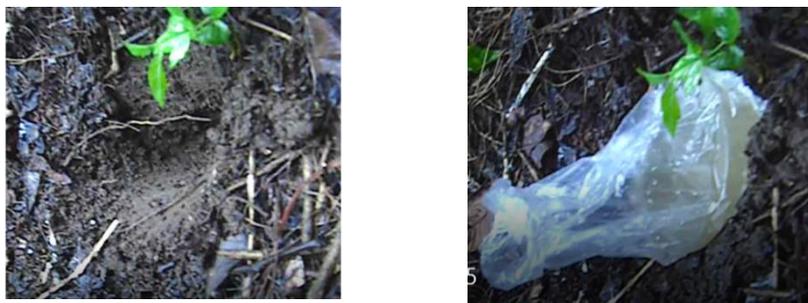


Figura 7. Colocación de bolsa plástica.

Paso 4. El volumen de agua se midió con una probeta, como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Medición de volumen de agua.

Paso 5. El volumen de suelo extraído se llevó al laboratorio para secarlo durante 24 horas a una temperatura de 105 °C para obtener el peso seco.

Una vez registrados los datos en nuestras respectivas hojas de trabajo se utilizó la fórmula siguiente para el cálculo de la densidad aparente:

$$D_{ap} = \frac{\text{Peso del suelo secado en el horno (g)}}{\text{Volumen del suelo (cm}^3\text{)}}$$

Determinación de materia orgánica en campo

Para demostrar la existencia de materia orgánica en el suelo, se utilizó peróxido de hidrogeno (H₂O₂), que en presencia de materia orgánica reacciona y se descompone en agua normal y

libera oxígeno. La materia orgánica del suelo procede de los vegetales de plantas y animales que habitan en suelo.

La prueba de campo consistió en adicionar peróxido de hidrogeno en la muestra de suelo para observar si ocurría o no alguna reacción. Se obtuvieron de forma cualitativa los resultados y se definieron según la siguiente descripción:

- Ninguna: si no hay efervescencia (no contiene materia orgánica).
- Ligera: si se observa una leve efervescencia (hay presencia, pero en pequeñas cantidades).
- Fuerte: si se observa una efervescencia fuerte (contiene gran cantidad de materia orgánica).

Infiltración de agua en el suelo

Se realizaron pruebas de infiltración de agua en el suelo en cada parcela donde estaban instalados los sets de clavos para medir pérdidas de suelo por erosión hídrica, utilizando anillos de acero de 6 cm de diámetro.

La textura o porcentaje de arena, limo y arcilla, afecta el régimen de infiltración. Usualmente, suelos arenosos presentan regímenes de infiltración veloces (Hillel, 1982; Palacios y Gámez 2015).

La infiltración decrece cuando el tamaño o cantidad de espacios porosos son aminorados por condiciones tales como destrucción de la estructura, taponamiento de poros por partículas, o movimientos más lentos de aguas más profundas cuando llegan a subsuelos más densos (Donahue *et al.*, 1997; Palacios y Gámez, 2015)

En el (cuadro 2) se muestran las velocidades de infiltración y las clases de infiltración pertinentes, estas son las clases de permeabilidad históricamente usadas en el reconocimiento edafológico del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA, 1993; Palacios y Gámez ,2015).

Cuadro 2. Tipos o clases de infiltración de agua (Fuente: USDA1993)

| Velocidad de infiltración (centímetros/minutos) | Velocidad de infiltración (centímetros/hora) | Clases de infiltración |
|--|---|------------------------|
| <1.18 | > 50.80 | Muy rápido |
| 1.18 – 3.94 | 15.24 – 50.80 | Rápido |
| 3.94 – 11.81 | 50.80 – 15.24 | Moderadamente rápido |
| 1.81 – 39.37 | 15.24 – 50.08 | Moderado |
| 39.37 – 118.11 | 5.08 – 1.52 | Moderadamente lento |
| 118.11 – 393.70 | 1.52 – 0.51 | Lento |
| 393.70 – 15,748.03 | 0.51 – 0.0038 | Muy lento |
| > 15,748.03 | < 0.0038 | Impermeable |

Los materiales utilizados en la medida de infiltración fueron: un anillo de 6 pulgadas de diámetro, envoltura plástica, probeta graduada de 500 ml y un cronómetro. Los pasos que se siguieron para realizar la prueba de infiltración del suelo fueron los siguientes:

Paso 1. Es importante afirmar el Suelo: con el anillo emplazado en su sitio, con los dedos y con mucho cuidado, se afirmó suavemente el suelo solamente alrededor de los bordes internos del anillo para prevenir filtraciones adicionales. Evitando disturbar el resto de la superficie del suelo dentro del anillo.

Paso 2. Se cubrió el anillo con una envoltura de plástico: se cubrió con una lámina de plástico, el anillo y la superficie del suelo dentro del anillo, como se observa en la (Figura 9) Este procedimiento evitó disturbar la superficie del suelo al agregar agua.



Figura 9. Agregando agua para prueba de infiltración.

Paso 3. Se: se llenó de agua el anillo recubierto con la envoltura de plástico.

Paso 4. Remover plástico y registrar el tiempo: se sacó la cobertura de plástico tirando con cuidado hacia fuera, dejando el agua dentro del anillo y anotando de inmediato el tiempo. Algunas de las imágenes al momento de realizar las respectivas pruebas de infiltración se muestran en la (Figura 10) .En el cuadro 3 se muestra la velocidades de infiltración según USDA, 1993.



Figura 10. Midiendo el agua infiltrada.

Potencial de hidrogeno en el suelo

El potencial de hidrogeno del suelo se determinó con un pH metro móvil de campo.

Se tomaban aproximadamente, 0.01kilogramos de suelo y se colocaba en un beaker con 0.05 Litros de agua, se agitaba y luego se introducía el potenciómetro del pH metro para su respectiva lectura.

ii. Muestreo e identificación de fauna silvestre y flora arborescente

Se realizó un diagnóstico de la diversidad biológica de fauna silvestre y de flora arborescente en términos de fauna silvestre, se recopiló información sobre fauna vertebrada e invertebrada. Los análisis de biodiversidad para la fauna vertebrada y para la flora arborescente se realizaron a través de la estructura de las comunidades, mientras que el análisis de la fauna invertebrada se realizó a nivel de conteo de la riqueza específica.

- ***Muestreo de Fauna silvestre vertebrada***

Las observaciones de las especies pertenecientes a las clases Mamífero, Reptiles y Anfibios se realizaron con el uso de transectos de anchos fijos con dimensiones 10 x 200 ó 300 m (Figura 11), dependiendo de la forma y tamaño de las fincas. Los muestreos se realizaron durante dos días, y en cada día se efectuaron dos réplicas de muestreo como se muestra en la figura 10, uno por la mañana de 5:30 – 7:30 am y otro por la tarde de 5:00 – 7:00 pm. Las observaciones se realizaron con la ayuda de un binocular Bushnell 35 x 50 mm. Las variables a tomar durante dichas observaciones fueron: tipo de especies y cantidad de individuos por especies. Las identificaciones se realizaron con el uso de las guías ilustradas de Stiles & Skutch (1998).

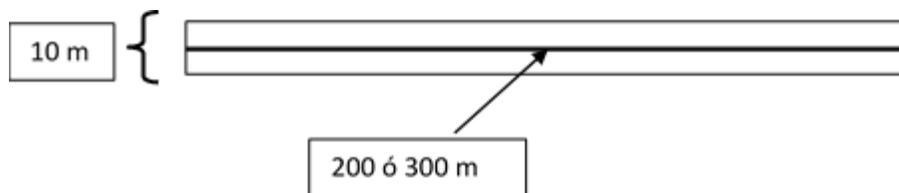


Figura 11. Esquema de un transecto muestreo de los Mamíferos, Reptiles y Anfibios.

Para el conteo de aves se utilizaron puntos de muestreos los cuales consisten en una circunferencia imaginaria de 25 m de radio en la cual las aves se contaron desde un punto central durante 10 minutos. Al igual que para las otras clases de vertebrados terrestres, los muestreos se realizaron durante dos días, y en cada día se hicieron dos réplicas de muestreo, uno por la mañana de 5:30 – 7:30 am y otro por la tarde de 5:00 – 7:00 pm. Se determinaron los tipos de especies y la cantidad de individuos por especies con la ayuda de un binocular Bushnell 35 x 50 mm y las guías de aves de Van Perlo (2006) y Stiles & Skutch (1989 y 2007).

- ***Muestreo de Fauna silvestre invertebrada: Diversidad de Lepidópteras diurnas***

Para desarrollar la metodología se establecieron por cada finca 4 estaciones de muestreo para invertebrados, éstas se establecieron a lo largo del transecto que se utilizó para cuantificar la diversidad de vertebrados y de plantas. Las estaciones estaban formadas por circunferencias de 15 m de radio (Figura 12).

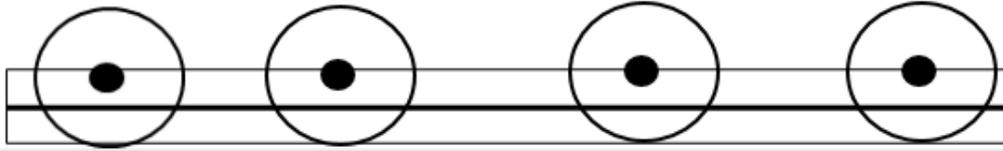


Figura 12. Ilustración del establecimiento de estaciones de muestreo de invertebrados a lo largo de un transecto.

Se utilizaron dos metodologías para la captura de las mariposas diurnas en dependencia de su alimentación nectarívora o de fermentos y exudados vegetales mariposas que se alimentan de néctar floral se capturaron con “redes entomológicas, por 10 minutos en el área de la estación, y las que se alimentan de fermentos y exudados vegetales se capturan con trampas cebadas, éstas se colocaron por la mañana y se revisaron a medio día; el cebo consistió en plátano maduro macerado y revuelto con cerveza (Figura 13).en la (Figura 14) se muestra la trampa ya colocada(foto derecha).



Figura 13. Preparación de cebo para atraer las mariposas. (Poveda 2013)



Figura 14. Trampa establecida y funcionando para la captura de mariposas. (Poveda 2013)

El cilindro de la trampa juega la función de encerrar a las mariposas cuando éstas entran por las aberturas de la parte inferior. Debido a que las mariposas tienden a volar hacia arriba, una vez dentro del cilindro buscan salida por arriba y no regresan a la parte inferior donde está la entrada, de tal forma que quedan encerradas en éste.

Las mariposas capturadas se preservaron en cartuchos de papel periódico y se llevaron al laboratorio entomológico para su identificación con el uso de claves entomológicas para Lepidopteras y con la asistencia de un entomólogo del Museo Entomológico de la Universidad Nacional Agraria.

- ***Muestreo de Fauna silvestre invertebrada: Diversidad de Scarabaeidae***

Para escarabajos se establecieron por cada finca cuatro estaciones de muestreo, a lo largo del transecto que se usaron para los vertebrados, las estaciones estaban formadas por circunferencias de 15 m de radio.

La colecta de los escarabajos coprófagos se realizó con una trampa de tipo “pitfall”, que consiste en un vaso plástico descartable de tamaño pequeño enterrado en el suelo de tal forma que la boca de éste quede a nivel del suelo.

El vaso se llena parcialmente con jabón líquido sin olor, sobre la abertura del vaso se colocó una cuchara plástica con el cebo, el cual consistía de excremento de cerdo (Figura 15).



Figura 15. Ilustración de una trampa pitfall para escarabajos coprófagos.

El vaso descartable se enterró a ras del suelo y sobre éste se colocó el cebo (excremento de cerdo) con el uso de una cuchara plástica enterrada en el suelo a orilla del vaso con agua de jabón. El vaso contenía jabón líquido.

Los individuos coprófagos son atraídos por el olor del cebo, éstos llegan volando y continúan caminando buscando la fuente del olor. Como el olor está en la parte superior de la boca del vaso, los insectos persiguen el olor hasta caer dentro del vaso antes de alcanzar el cebo.

Las trampas se colocaron al atardecer y se revisaron por la mañana del día siguiente. En cada punto se pusieron cuatro réplicas de trampas (Figura 16). Los individuos fueron colectados en viales 12 mm con alcohol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) al 70 %. Y luego se identificaron en el laboratorio entomológico de la Universidad Nacional Agraria por un especialista.

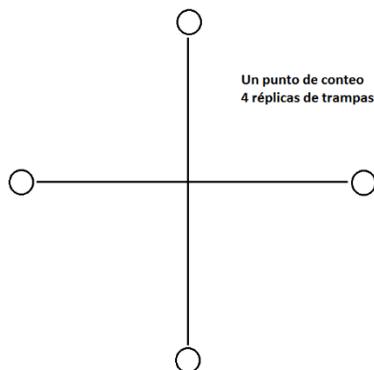


Figura 16. Punto de muestreo de escarabajos coprófagos.

El punto dividido en cuatro réplicas con el objetivo de aumentar la probabilidad espacial de llegada de un escarabajo.

- ***Muestreo de Fauna silvestre invertebrada: Diversidad de Formicidae***

Las hormigas se colectaron directamente del suelo, pero para facilitar el trabajo se colocaron trozos de jamón y se revisaron una hora después. También se hizo una exploración rápida en el círculo de 15 m de radio en busca de diferentes tipos de hormigas. Los individuos se colectaron en viales 12 mm con alcohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) al 70 %

- ***Diversidad biológica de flora***

Se evaluaron toda la vegetación arbórea y arbustiva con DAP (Diámetro a la altura del pecho) ≥ 10 cm. Para la toma de datos se establecieron uno o dos transectos entre 200 a 300 m de largo con un ancho de 10 m en cada finca de mayor tamaño (dos transecto). Las cuales fueron: El Porvenir, el Solar, y Santa Gema. En las fincas de menor tamaño se estableció un transecto (fincas San Antonio, el Espejo y la Consentida).

Las muestras de suelo fueron llevadas al laboratorio de la (LABQUISA. S .A), para sus respectivos análisis, igual para las muestras de fauna invertebrada de hormigas, mariposas y escarabajos se llevaron al laboratorio entomológico de la (UNA) para su debida identificación.

Análisis de la información sobre biodiversidad

Los datos se registraron en hojas de campo las cuales se digitalizaron en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel y luego se llevaron a cabo los correspondientes análisis. Además de los análisis propiamente de biodiversidad también se utilizaron estadísticas descriptiva y estadística de inferencia.

Análisis de biodiversidad

En cuanto al análisis de biodiversidad se calculó la riqueza, la abundancia, el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el estimador chao 1 (Magurran, 1988).

La riqueza de especie se refiere al conteo del número de especies que se encontró en cada finca. Es la forma más simple de concebir la biodiversidad y solo implica en observar a las

plantas o animales para determinar a qué especie pertenecen (nombre científico) con lo que se obtiene al final una lista de especies, el cálculo de la riqueza, que es la sumatoria del número de especies por unidad de muestreo o por fincas.

$$\sum S$$

Donde, S = número de especies

La abundancia involucra el conteo del número de individuo por especie. Esto requiere un poco más de esfuerzo porque se necesita usar unidades de muestreo para contar la cantidad de animales por especies. Las unidades que se utilizaron para este propósito fueron los puntos de conteo de aves y transectos de ancho fijo. La abundancia se calcula con la fórmula que a continuación se indica.

$$\sum N$$

Donde, N = número de individuos

El índice de Shannon-Wiener evalúa la equidad en la distribución del valor de importancia por cada especie en cada sitio. Este índice se calcula utilizando la ecuación descrita a continuación.(Moreno 2001)

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde,

H' = índice de Shannon-Wiener

p_i = abundancia proporcional de la especie i

Chao 1 es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra. La fórmula para calcular el valor del estimador se describe a continuación:(Moreno 2001)

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde,

S = Número de especies totales en una muestra.

a = Número de especies que están representadas por un único individuo.

b = Número de especies que está representada por dos individuos.

iii. Diagnóstico del manejo de las fincas

A fin de determinar la relación entre el estado actual de recursos suelo y biodiversidad, con el manejo de las fincas, se procedió a coleccionar información cualitativa mediante una encuesta abierta con 12 preguntas realizada a los dueños o trabajadores de cada finca. Entre los puntos más relevantes a indagar mediante la encuesta están presencia de personas en la finca; facilidad de observación de animales la entrevista; acceso a la propiedad e incursión de cazadores; áreas boscosas colindantes; frecuencia de limpieza del café, uso de agroquímicos, quema; presencia de perros dentro del área de café; especies arbóreas utilizadas para sombra, tipos de capacitaciones que reciben por instituciones competentes en temas ambientales.

3.2. 3.Etapa III: Procesamiento y análisis de la información

i. Cálculo de erosión de suelo

Una vez obtenido los datos de suelo con las observaciones directas realizadas en el campo y con los análisis de LABQUISA se procedió a calcular la densidad aparente con las siguientes formulas:

Dap = Peso del suelo secado en el horno (g)

Volumen del suelo (cm³)

Teniendo este dato se calcula la pérdida de suelo

$$E = H \times A \times Da$$

Donde, E= Erosión o pérdida de suelo (mm o ton/ha)

H= Altura de la lámina perdida (cm o mm)

A= Área medida (m² o ha)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

Luego se calcula el suelo sedimentado

$$S = H \times A \times Da$$

Donde, S= Suelo sedimentado (mm o ton/ha)

H= Altura de la lámina acumulada (cm)

A= Área medida (m²)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

Posteriormente se calculó la erosión neta de suelo de cada finca.

$$EN= E-S$$

Donde, EN= Erosión Neta (mm o ton/ha)

E= Erosión o pérdida de suelo (mm o ton/ha)

ii. Cálculo de parámetros de biodiversidad

Los datos obtenidos de la recolección de datos se digitalizaron en hojas de cálculo del programa Microsoft luego se llevaron a cabo los correspondientes análisis:

Calculo de diversidad biológica con el uso de Shannon Wiener, el estimador de Chao 1 que midió la diversidad biológica calculada de la fauna silvestre invertebrada, vertebrada y flora arborecente.

iii. Análisis de la entrevista

El análisis de la entrevista se realizó de acuerdo a los testimonios de los entrevistados y a los resultados obtenidos porque fue una base para relacionar el alcance del estudio en las fincas cafetaleras.

iii. Propuestas de acciones para la conservación de la biodiversidad y suelo.

Las propuestas de acciones para la conservación de la biodiversidad y el recurso suelo, se basaron en problemas identificados con observaciones directas en cada sitio del estudio, la tasa alta de erosión de suelo, la aplicación de agroquímicos, la falta de capacitaciones con temas relacionados a la conservación de suelo y biodiversidad y de los análisis de parámetros de biodiversidad de los tres grupos(Invertebrados, vertebrados y flora), como de las entrevistas empleadas para realizar el diagnóstico del manejo de las fincas. En el (anexo 5) se muestran las preguntas de la entrevista aplicada a los propietarios de las fincas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Caracterización de suelos de las fincas de café bajo sombra

4.1.1. Caracterización de suelo Inceptisoles fincas: El Espejo, El Porvenir y El Solar

En las fincas el Espejo, porvenir y El sola pertenecen al grupo de los inceptisoles. Son suelos poco profundos, de color pardo oscuro, textura franco arcillosa en la superficie y arcillosa en el subsuelo, son bien drenados, situados en terrenos escarpados y colinados. En el (Cuadro 3) se muestra perfil de suelo Inceptisoles y en el (Cuadro 4) se muestran las pendientes de cada finca en estudio de estos suelos.

Cuadro 3. Perfil de suelo Inceptisol

|  | Horizonte | Características |
|--|-------------------------------------|---|
| | A 0 a 29 cm | Color café oscuro, 7.5 YR $\frac{3}{4}$ en húmedo, textura arcillosa, estructura granular, consistencia friable; abundantes poros y raíces finas; límite plano y neto. |
| | Bw₁ 29 a 65 cm | Color café 7.5 YR $\frac{4}{4}$ en húmedo, textura arcillosa, estructura en bloques angulares, consistencia friable y plástico, abundantes poros; muchas raíces; límite plano y neto. |
| | Bw₂ + de 65 cm | Textura arcillosa, estructura similar a la roca, |

Por el porcentaje de pendientes de estos suelos indican que son suelos escarpados y que es un factor que provoca la erosión hídrica, por lo tanto se debe de hacer manejo de conservación de suelo.

Cuadro 4. Porcentaje de pendiente de tres fincas cafetaleras en estudio

| Finca | Productor | Pendiente (%) |
|-------------|--------------------------|---------------|
| El Espejo | Salomé Zeledón (q e p d) | 35.6 |
| El Porvenir | Onelia Castellón | 76.3 |
| El Solar | Gregorio López | 34.8 |

Estas pendientes facilitan que el escurrimiento superficial sea rápido, lo que ha venido desencadenando un riesgo de erosión de leve a severo. Las precipitaciones registradas en el periodo de julio a octubre enero 2012 (Figura 17), en las fincas en estudio variaron de 3 a 185 mm. Estas precipitaciones en pendientes mayores a 45% desencadenan procesos erosivos severos.

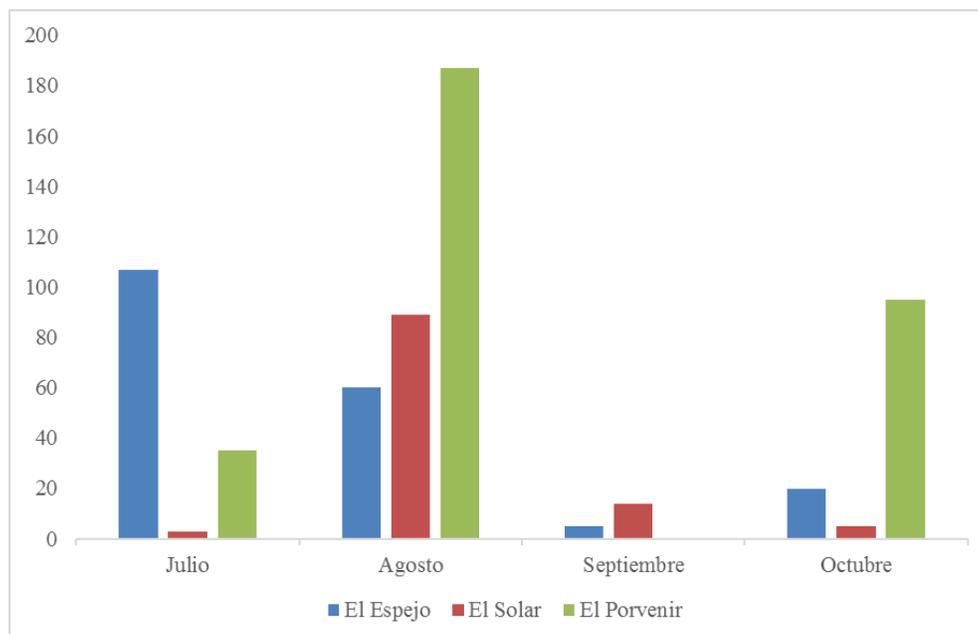


Figura 17. Total de precipitaciones mensuales registradas en las fincas. Autoría propia.

a) Pérdidas de suelos por erosión hídrica en fincas

El proceso de erosión en suelos en laderas tiene una dinámica de pérdida y ganancia de suelos, el suelo es transportado desde la parte alta y depositado a las partes bajas. Esta dinámica erosiva depende de factores climáticos como la precipitación (intensidad), la protección que ofrece la cobertura vegetal, la inclinación del terreno, las condiciones de drenaje y la ausencia de un manejo adecuado de los suelos, especialmente en las laderas.

En la época húmeda del país, que es donde suceden las precipitaciones, en el monitoreo de la erosión, a nivel de cinco parcelas en estas tres fincas, la escorrentía transportó una tasa de erosión de suelos de 43.06, 34.5 y 71 ton/ha en las fincas El Espejo, El Solar y El Porvenir respectivamente. En las fincas El Espejo y El Solar tuvieron una tasa de sedimentación o

depósito de sedimentos en los restos de vegetación, depositada por la cobertura vegetal en estas fincas presentó una tendencia inversa con valores de 43.06 y 19.59 ton/ha promedio respectivamente. En finca El Porvenir no hubo sedimentación en ninguna parcela de monitoreo.

La tasa de erosión neta en cada una de las fincas fue de 0.64, 14.94 y 71 ton/ha. Esta tasa de erosión está asociada a la pendiente del terreno donde está ubicada cada finca. La finca El Espejo al presentar pendientes que varían entre 22 y 49%, siendo la pendiente promedio de 35.6% y la finca El Solar pendiente que varían entre 7 y 56% donde la pendiente promedio es de 34.8%, favorecen los procesos erosivos no tan severos como los obtenidos en este estudio. El uso de la tierra, así como el porcentaje de cobertura vegetal y el tipo de suelos, influyen en esta pérdida de suelo por erosión hídrica que no sea tan severa.

Mientras la dinámica en la finca El Porvenir indican que la pendiente fuertemente escarpada (71%), y el tipo de material parental (granito) que les dio origen a estos suelos son condiciones que favorecen a la erosión, ya que es mayor la velocidad de la escorrentía superficial. A pesar de tener un uso de suelo bajo un sistema agroforestal (café bajo sombra), donde se espera que las pérdidas de suelo sean menores debido a la protección de la vegetación tanto en interceptar el agua de lluvia como la provisión hojarasca acumulada en la superficie del suelo. En cambio, en esta finca se observa que hay desprendimiento y arrastre de suelo por efectos de la erosión hídrica, lo que contribuye a que las pérdidas de suelos no sean altas.

Según FAO (1980) la clasificación en grados de erosión, en esta finca indican que los suelos de la finca El Espejo (Salome Zeledón) presentó un grado de erosión ligera, la finca El Solar (Gregorio López) es moderada y la finca El Porvenir(Onelia Castellón) tiene un grado de erosión severa esto se debe a que las pendientes son muy escarpadas (76.3%) y la precipitación varió en cada una de ellas, entre mayor sea la inclinación del terreno y mayor la incidencia de lluvia la erosión es más severa.

Se hace difícil y complejo de estimar los costos de la erosión del suelo debido a las diferentes aplicaciones tanto de abonos orgánicos como de fertilizantes inorgánicos o para el control de

ataque de plagas y enfermedades adjudicando las pérdidas de productividad, a estos últimos. Los sistemas que presentan o aportan mayor cobertura al suelo reducen la erosión y mejoran las condiciones del suelo, aunque se puede observar que a pendiente mayores de 45% es muy severa como en la finca El Porvenir.

Las 3 fincas tienen establecidos un Sistema Agroforestal con café bajo sombra, conformado por árboles de uso múltiple, las especies arbóreas encontradas son la (Guabas negra *Inga feuillei*, Gavilán *Simaruba glauca*, Caimito *Chrysophyllum cainito* y naranjas *Citrus X sinensis*). Guanábana (*Annona muricata*), Tempisque (*Sideroxylon Copir*), Zapotillo (Pau Laurel (*Cordia alliodora*), *Sapota*). Los usos que se le da a estas especies como leña, provisión de materia orgánica y sombra al cultivo del café, donde el factor climático y los suelos juegan un papel muy importante en lo que se refiere a mantener un microclima y mantener la fertilidad natural de los suelos por el ciclo de nutrientes debido al contenido de materia orgánica.

b) Materia Orgánica en los suelos

La materia orgánica juega un papel clave en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos, y a través de funciones de tipo biológico, químico y físico, derivadas de las muchas y variadas reacciones gobernadas o mediatizadas por la materia orgánica del suelo, entre las que se incluyen cambio iónico, oxidación-reducción, capacidad tampón, complejación de metales y adsorción de compuestos orgánicos naturales Dávila (2006)

De la evaluación cualitativa de la presencia de materia orgánica en estos suelos inceptisoles, la prueba de campo con peróxido de hidrógeno (H_2O_2), como indicador de presencia o ausencia de materia orgánica en el suelo de las tres fincas en estudio fue positiva. La presencia de materia orgánica se debe a la provisión de biomasa del cultivo del café, así como de los árboles frutales que dan sombra al cafetal y por ende la conservación de los suelos.

c) Pruebas de infiltración

En la figura 18 se muestra la infiltración del agua en el suelo en las fincas a) El Espejo, b) El Solar y c) El Porvenir, como se muestra en la figura. Se puede observar que el agua infiltra con rapidez en los suelos secos; siendo la velocidad de infiltración inicial, a medida que el

agua fue sustituyendo al aire que se encontraba en los poros del suelo, el agua de la superficie se va infiltrando a una velocidad menor, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica. En las tres fincas se observa la tendencia que entre los 3 y 6 minutos alcanza la infiltración básica estos suelos.

Cuando la cantidad de agua de lluvia excede la velocidad de infiltración, hay escurrimiento, lo que causa una distribución desigual del agua y, posiblemente, erosión.

Según clasificación del Servicio de Conservación de suelos de Estados Unidos USDA (1993), la velocidad de infiltración del agua en el suelo se clasifica como muy rápido en las tres fincas. La infiltración es un proceso complejo que depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de la cantidad de agua que ha recibido en el pasado, de los cambios estructurales en las capas de suelo y de cuánto aire se encuentra atrapado en el suelo.

Hay varias características que influyen en la velocidad de infiltración como la textura y estructura del suelo, las grietas, las prácticas de cultivo y la expansión del suelo cuando se humedece). En este sentido las propiedades físicas de estos suelos al tener una textura franco arcillosa indican que son suelos que tienen una buena aireación, con mucha actividad biológica por los altos contenidos de materia orgánica que provee el sistema agroforestal de café bajo sombra que tienen las finca, la macrofauna se encarga de descomponer toda la materia orgánica y que esta mejora las características físicas del suelo, entre ellas la estructura, por tanto, son bien drenados.

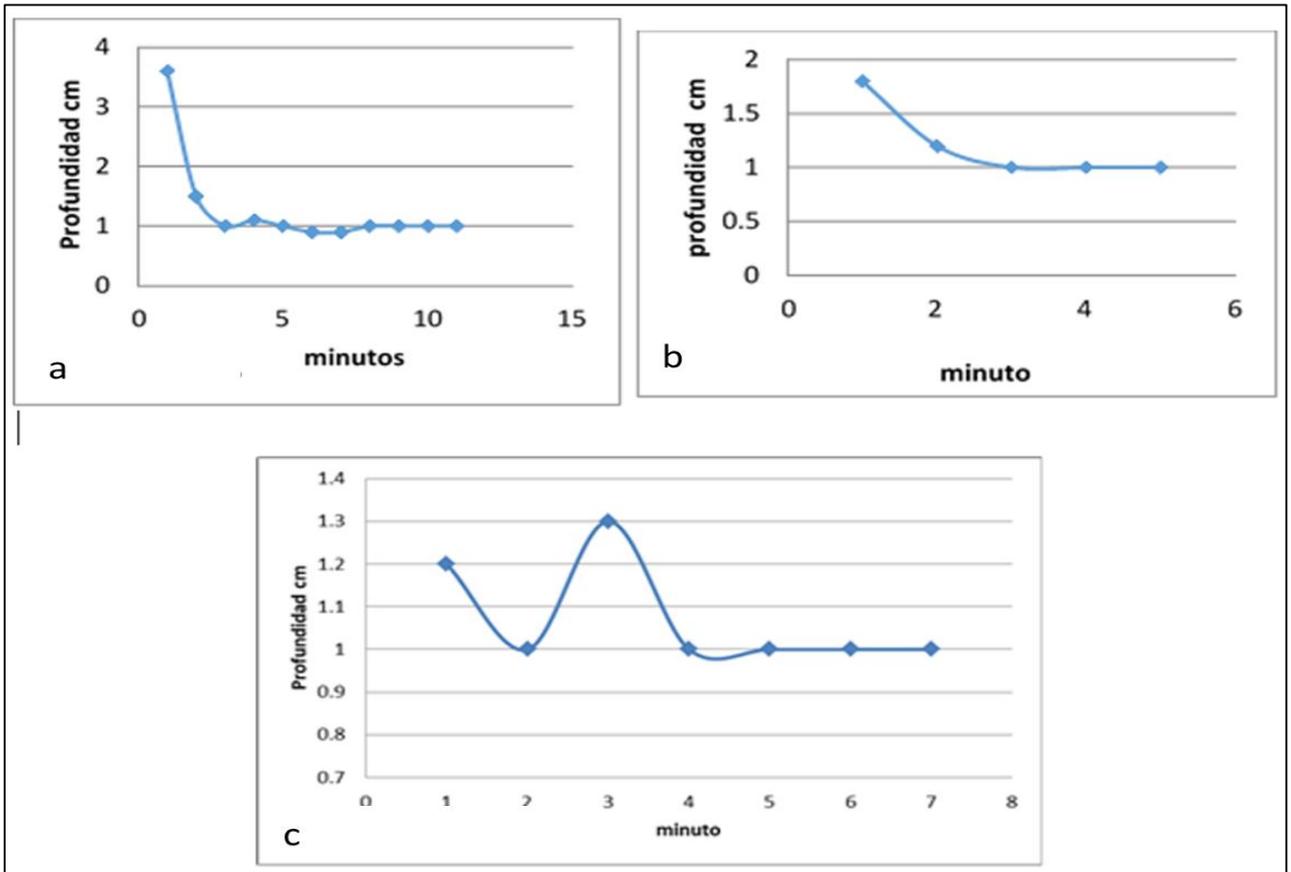


Figura 18. Tendencias de pruebas de infiltración de agua en el suelo en fincas; a. El Espejo, b. El Solar y c. El Porvenir.

4.1.2. Caracterización de suelos Molisoles fincas: San Antonio y Santa Gema

Las fincas San Antonio y Santa Gema están ubicadas en la microcuenca del río El Bálsamo los suelos de las fincas en estudio pertenecen al grupo de los molisoles que son suelos profundos, en relieve escarpados con pendientes de 30 a 50 %, de colores oscuros a pardo oscuros, de texturas franco arcillo arenosa, permeables bien drenados, erosión moderada escurrimiento superficial rápido, sin pedregosidad en la superficie y en el perfil. En el cuadro 5 se muestran perfiles de suelo molisol

Cuadro 5. Perfil de suelo molisol

| | | |
|---|-------------------------|---|
|  | Horizonte | Características |
| | A 0 a 32 cm | Color café oscuro 7.5 YR 3/2 en seco y 7.5 YR 3/1 en húmedo, textura franco arcilloso arenosa; estructura granular, ligeramente adhesivo, friable en húmedo, poros abundantes, abundantes raíces finas y medias y pocas raíces gruesas. |
| | BC 32 a 47 cm | Color café 7.5 YR 4/2 en seco y 7.5 YR 3/2 en húmedo, textura arcilloso arenoso, estructura granular, ligeramente friables, ligeramente adhesivo, poros abundantes, muchas pocas raíces finas, pocas raíces gruesas. |
| | C + de 47 cm | |

A continuación, en el (Cuadro 6) muestra los porcentajes de pendientes media que las fincas San Antonio y Santa Gema presentan.

Cuadro 6. Porcentaje de pendiente del terreno de 2 en estudio

| Finca | Productor | Pendiente (%) |
|-------------|----------------|---------------|
| San Antonio | Salvador Ortez | 46.3 |
| Santa Gema | Rosa Vanegas | 71.0 |

Estas pendientes facilitan que el escurrimiento superficial sea muy rápido, lo que ha desencadenado en el tiempo un riesgo alto de erosión, donde las precipitaciones registradas durante el periodo de julio a octubre 2012 (Figura 19), variaron de 5 a 258 mm. Estas precipitaciones en estos terrenos con pendientes mayores a 45% pueden desencadenar procesos erosivos severos. En el mes de septiembre el productor no realizó lecturas del pluviómetro casero instalado en su finca, debido a eso no se presenta registros de ese mes.

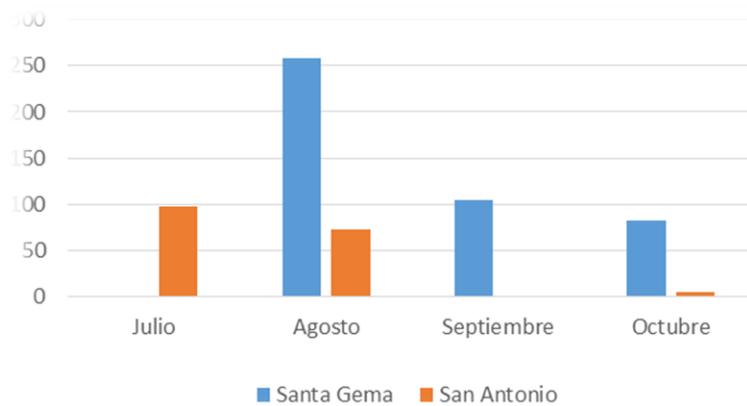


Figura 19. Precipitaciones mensuales registradas en la finca San Antonio y Santa Gema.

a) Pérdidas de suelos por erosión hídrica en fincas

La dinámica de pérdida y ganancia de suelos en las laderas es debida al transporte desde la parte alta y depósito a las partes bajas de las mismas. Los factores que influyen en esta dinámica son: la intensidad y duración de las precipitaciones, pendiente del terreno, el porcentaje de cobertura vegetal y el manejo que se dé a los suelos.

En el monitoreo realizado para estimar las pérdidas de suelos por erosión hídrica, la escorrentía transportó una tasa de erosión de suelos de 9.1 ton/ha en la finca San Antonio y 387.66 ton/ha en la Santa Gema respectivamente. En la finca San Antonio se dio una tasa de retención en el micro relieve y por la cobertura vegetal sobre el suelo que representan 58.4 ton/ha. En la finca Santa Gema solo se dieron pérdidas de suelo.

La tasa de erosión neta en las fincas fue de 388 ton/ha de pérdidas de suelo por erosión. Esta tasa de erosión está asociada a la pendiente del terreno donde está ubicada cada finca, la misma tiene una pendiente de 71% de inclinación, lo que favorecen los procesos erosivos muy severos como los obtenidos en esta finca, El uso de la tierra, así como el porcentaje de cobertura vegetal y el tipo de suelos, influyen en estas pérdidas de suelo por erosión hídrica muy severa. En cambio, se depositaron por efecto del transporte de suelos de la parte alta a las medias y bajas de su recorrido y por efecto de micro relieve el escurrimiento superficial y depositó 49 ton/ha, lo que representa ganancias de suelo.

Se espera que en suelos bajo un sistema agroforestal (café bajo sombra), se espera que las pérdidas de suelo sean menores debido a la protección de la vegetación tanto en interceptar el agua de lluvia como la provisión de hojarasca acumulada en la superficie del suelo. Por lo que en la finca Santa Gema se observa que las pérdidas de suelos sean altas debido al desprendimiento y arrastre de suelo por efectos de la erosión hídrica.

La clasificación en grados de erosión, según FAO 1980, indica que los suelos de la finca San Antonio (Salvador Ortez) presentó un grado de erosión ligera, mientras en la finca Santa Gema (Rosa Vanegas) tiene un grado de erosión muy severa. Los sistemas que presentan o aportan mayor cobertura al suelo reducen la erosión y mejoran las condiciones del suelo, aunque se puede observar que a pendiente mayores de 71% es muy severa como en la finca Santa Gema.

En estas 2 fincas con Sistema Agroforestal con café bajo sombra, está conformado por árboles de porte mediano y alto, de copas de buena cobertura, el uso que se les da a estas especies en las fincas es: leña, aporte de materia orgánica a fin de mantener la fertilidad natural de los suelos por el ciclado de nutrientes debido al contenido de materia orgánica, las frutas para alimentos de animales y sombra al cultivo del café, con un manejo de sombra para proteger al cultivo de ataques de plagas y enfermedades y para mantener un microclima.

b) Materia Orgánica en los suelos

La reacción de suelo al adicionar H_2O_2 (agua oxigenada, como indicador de presencia o ausencia de materia orgánica en el suelo), como prueba de campo a fin de determinar presencia /ausencia de materia orgánica se observó una muy buena reacción del suelo. Se observó una efervescencia muy fuerte. La presencia de materia orgánica se debe a la provisión de biomasa del cultivo del café, así como de los árboles y frutales que dan sombra al cafetal.

c) Pruebas de infiltración

La velocidad de infiltración del agua en el suelo Molisol y en uso de café bajo sombra fue de 0.3 cm/min en la finca San Antonio y 0.4 cm/min en la finca Santa Gema. La infiltración inicial fue 0.8 y 1 cm/min respectivamente, en la medida de ir llenando los poros del suelo la

velocidad de infiltración disminuye hasta alcanzar la infiltración básica al minuto 6 en la finca San Antonio (a) y entre 3 a 6 minutos en la finca Santa Gema (b), (Figura 20).

Según clasificación del Servicio de Conservación de suelos de Estados Unidos USDA 1993, la velocidad de infiltración del agua en el suelo se clasifica como muy rápido en las dos fincas, esto es debido a la propiedad física que tiene el suelo como porosidad, estructura y textura (franco arcillo arenosa, le confiere mayor cantidad de espacios porosos), las condiciones de humedad antecedes, la profundidad efectiva enraizamiento, entre otras, permiten la velocidad de infiltración sea muy rápido.

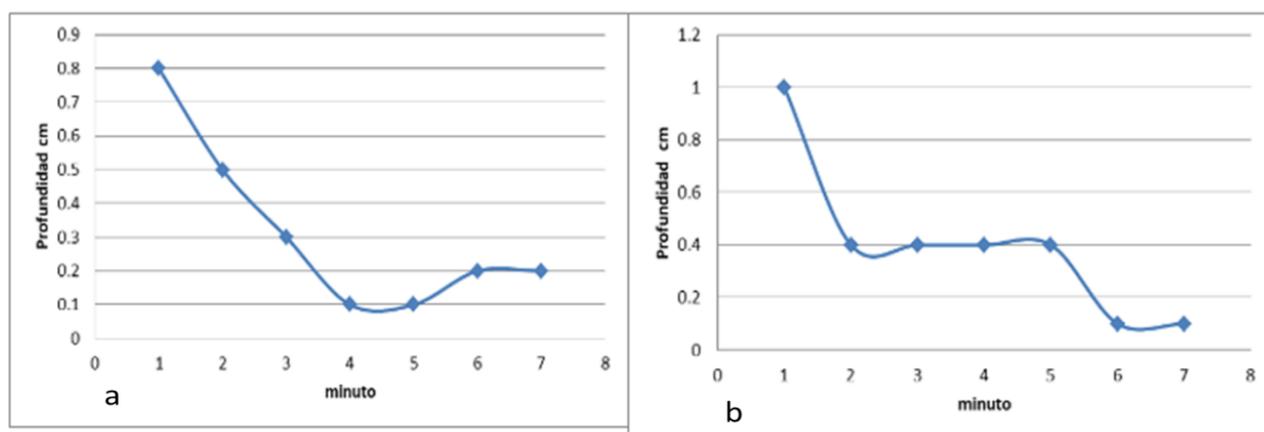


Figura 20. Tendencias de pruebas de infiltración de agua en el suelo a) San Antonio y b) Santa Gema.

La velocidad promedio de infiltración fue de 0.31 y 0.4 cm/min para las fincas San Antonio y Santa Gema respectivamente. Para establecer un sistema de riego en el cafetal se debe de tomar en consideración el tiempo en que el cultivo demanda de agua.

La textura y estructura del suelo, las grietas, las prácticas de cultivo son características que influyen en la velocidad de infiltración. En este sentido las propiedades físicas de estos suelos al presentar una textura franco arcillosa indican que son suelos con buena aireación, con mucha actividad biológica por el contenido altos de materia orgánica que provee el e café bajo sombra que tienen las finca, la macrofauna se encarga de descomponer toda la materia orgánica y que esta mejora las características físicas del suelo, entre ellas la estructura, por tanto, son bien drenados.

4.1.3. Caracterización en suelos Alfisoles de finca La Consentida

Los Alfisoles, son suelos maduros bien desarrollados, con horizontes superficiales con colores claros y oscuros; presenta una fertilidad de baja a media (saturación de bases mayor de 35%) que conservan reservas considerables de minerales primarios; especificando que cuenta con un horizonte argílico (Bt) arcillosos enriquecidos por iluviación En el (cuadro7) se presenta perfil y características de suelo Alfisol.

Cuadro 7. Perfil y característica de suelo Alfisol

|  | Horizonte | Características |
|--|-------------------------|---|
| | A 0 a 10 cm | Color pardo grisáceo muy oscuro 10 YR 3/2, textura Franca arcillosa en la superficie, estructura granular, consistencia friable en húmedo, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva en mojado, abundantes macro, meso y microporos, abundantes raíces medias y finas, límite plano y neto. |
| | Bt 10 a 85 cm | Color pardo rojizo 5 YR 4/4, textura arcillosa, estructura bloques angulares, consistencia firme en húmedo y adhesivo en mojado, abundante microporos. Pocas raíces gruesas y finas. |
| | C 85+ cm | |

La finca La Consentida (Doña Maritza Colindres), está ubicada en la microcuenca del río El Bálsamo. Los suelos de la finca son suelos típicos del orden Alfisol, caracterizados por la presencia de un horizonte argílico (rico en arcilla de carácter iluvial), son moderadamente profundos, ubicados en pendientes mayor de 45 %, de textura franco arenosa en la superficie y franca en el subsuelo, de color café oscuro en la superficie y café rojizo en el subsuelo, drenaje bueno, permeabilidad buena, con piedras en la superficie y en el perfil. Permanece húmedo la mayor parte del año. Están siendo utilizados con café con sombra y pastizales. Son aptos para forestal, sistemas agroforestales (café con sombra) y silvopastoriles.

a) Monitoreo de parcelas de erosión

En el monitoreo realizado para estimar las pérdidas de suelos por erosión hídrica, la escorrentía transportó una tasa de erosión de suelos de 7.52 ton/ha en la finca y con una tasa de depósito de sedimento en el orden de 61.62 ton/ha, esto pudo ser debido a que la

escorrentía superficial el suelo que va transportando de las partes más altas, lo va depositando el suelo erosionado por influencia del micro relieve y por la cobertura vegetal que tiene el suelo en la superficie que permiten que la escorrentía sea lenta. El deposito neto fue de 77 ton/ha.

Los suelos de esta finca son muy susceptibles a la erosión, ya que el material parental que le dio origen a los mismos es granito, lo que los caracteriza por ser suelos arenosos, presentando una débil estructura por el contenido de cuarzo que tienen, pero en la finca los procesos erosivos fueron muy leves o casi nulos, por el efecto protector de la cubierta vegetal y la materia orgánica depositada en la superficie del suelo que permiten reducir las pérdidas de suelos por erosión hídrica.

Las precipitaciones registradas en el período agosto – octubre (Figura 21). En esta finca se reportan precipitaciones entre los meses de julio a octubre. No se hicieron registros de precipitaciones en septiembre debido a que el dueño de la finca no hizo registro de las mismas. Solamente se reportan las precipitaciones hasta el día 12 de octubre, se observa que el período del 1 al 12 de octubre se registraron mayores precipitaciones que en el mes de agosto.

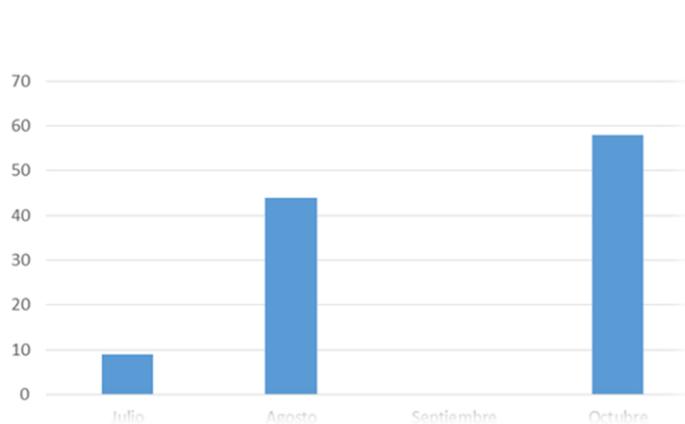


Figura 21. Total de precipitaciones mensuales registradas en la finca La Consentida.

b) Pruebas de infiltración

En la prueba de infiltración se determinó que en la parte alta se obtuvo valor de 1.38 cm/min. Se clasifica como muy rápido según clasificación del Servicio de Conservación de suelos de Estados Unidos. En la (Figura 22) se muestra la tendencia de la velocidad del agua en el suelo

de la finca, en la cual se estabiliza a partir de los 2 minutos de iniciada la prueba, terminado de estabilizarse a los 6 minutos.

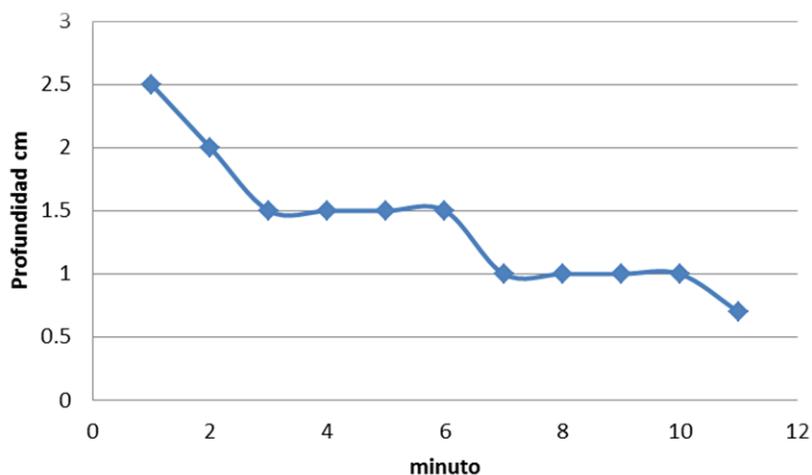


Figura 22. Tendencias de pruebas de infiltración de agua en el suelo en finca La Consentida.

c) Materia orgánica

Entre los parámetros físico y químicos del suelo, se encuentra la materia orgánica el cual es uno de los indicador de la calidad del suelo, estudios realizados sobre la calidad de suelos en dos fincas cafetaleras del país (Salazar et., al 2017) han demostrado que los suelos bajo un sistema agroecológico proveen e incrementan la materia orgánica, es importante conocer este indicador para dar seguimiento y manejo del suelo.

De la apreciación cualitativa de la presencia/ausencia de materia orgánica en las seis fincas en estudio, se observó que hay una buena reacción positiva en el suelo al agregar peróxido de hidrogeno (H_2O_2) Los contenidos de materia orgánica se deben a la biomasa que aportan los árboles que componen el sistema agroforestal, la descomposición de la biomasa la realizan los microorganismos que habitan en el suelo en la finca.

4.2. Caracterización biofísica de suelo

4.2.1. Dinámica de la erosión de suelo

El comportamiento de la erosión hídrica en estos suelos está influenciada por las precipitaciones, el tipo de suelo con textura franco arenoso, la pendiente inclinada la cual determina la orientación del agua y la capacidad de arrastre por la velocidad a lo que permite viajar la escorrentía. Hernández (2010) En el (Cuadro 8) se detalla resumen de la dinámica de erosión en las fincas de estudio.

Cuadro 8. Resumen de la dinámica de erosión en las seis fincas de estudio.

| Fincas | Pérdida de suelo/anual | Ganancia de suelo | Erosión neta / anual |
|---------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Santa gema | 387.66 ton /ha | No hubo | 388 ton/ha |
| El Porvenir | 71 ton / ha | No hubo | 71 ton/ha |
| La consentida | 7.52 ton/ ha | 61,5 ton /ha | 77 ton/ha |
| San Antonio | 9.1 ton / ha | 58.4 ton /ha | 388 ton/ ha |
| El Espejo | 43.06 ton / ha | 43.6 ton /ha | 0,64 ton/ ha |
| El Solar | 34.06 ton / ha | 19.59 ton/ha | 14.94 ton/ha |

La erosión de suelos es un proceso que se inicia cuando las gotas de lluvia impactan en el suelo y disgregan las partículas de éste; asimismo la magnitud con que ocurre el fenómeno, depende del tamaño y la velocidad de las gotas de lluvia. Avilés (2016). Estos suelos, por tener características que le dan susceptibilidad de ser erosionados, se deben de construir zanjas y/o cubas de infiltración a fin de disminuir la velocidad de la escorrentía superficial que se ve favorecida por las pendientes escarpadas en las fincas cafetaleras en estudio. Además otro factor es el tipo son condiciones que favorecen a la erosión, por eso es importante de mantener la cobertura vegetal que ofrecen los sistemas agroforestales. Ver más detalle de dinámica de erosión en (anexo 1).

4.2.2. Potencial de hidrogeno del suelo en las fincas

Los suelos de las fincas presentan rangos de pH óptimos, medianamente ácido y ligeramente ácido lo que permite que los organismos biológicos transformen los minerales del suelo para la disponibilidad de los nutrientes para el desarrollo del cultivo de café y la producción misma del cafeto, en el cuadro 9, se muestran resultados de las pruebas de pH.

Cuadro 9. Resultados de pH de los suelos en las parcelas de erosión en las fincas cafetaleras

| Finca | pH del suelo |
|---------------|--------------|
| San Antonio | 5.6 |
| La Consentida | 5.8 |
| El Porvenir | 5.3 |
| Santa Gema | 6.7 |
| El Espejo | 5.2 |
| El Solar | 5.6 |

4.2.3 Beneficios que el sistema de cultivo provee al suelo

El cultivo de café bajo sombra proveen al suelo beneficios ambientales como, la conservación del suelo por la captación y retención de agua y nutrientes la retención de agua debido a la vegetación de especies arbóreas existente, la cual contribuye a la disminución de la erosión hídrica y la relación que existe entre la biodiversidad de fauna porque le provee el alimento de la producción de las especies arbóreas. (Mendieta y Rocha 2007). Las seis fincas en estudio poseen un sistema agroforestal con especies de arbórea de uso múltiple funciones. (Ver anexo 4 lista de especies arbórea). El manejo que hace el sistema agroforestal es manejo de la sombra para evitar ataques de plagas y enfermedades propias de ambiente húmedo, limpia de las malezas para evitar la competencia por los nutrientes del suelo, permite que el suelo este expuesto a la escorrentía

4.3. Caracterización de Fauna silvestre: vertebrada e invertebrada

4.3.1. Descripción general de la diversidad de invertebrados

Se colectaron 205 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a las familias Scarabaeidae (93 individuos), Formicidae (83) y al orden Lepidoptera (29). Distribuidos en 28 especies, siete de la familia Scarabaeidae, siete de la familia Formicidae y 14 del orden Lepidoptera. El orden Lepidoptera estuvo representado por 4 familias: Hesperidae, Noctuidae, Nymphalidae y Pieridae. Las especies más abundantes de manera general fueron para los Scarabaeidae: *Onthophagus batesi* (68 individuos) y *Dichotomius annae* (11); para las Formicidae: *Selenopsis* sp (45) y *Crematogaster* sp (31) y para las Lepidopteras: *Pareuptychia hesione* (3).

El agro sistema cafetalero con sombra es un elemento para mantener una biodiversidad alta por la complejidad florística y estructura de los árboles de sombra la cual se debe a varios estratos vegetativos en el ecosistema y ofrece diversidad de nidos y sitios para unas series de organismo(Guido et al.2003).

a) Comparación de los parámetros de diversidad biológica por finca

La riqueza de especies de invertebrados comparada entre las seis fincas no mostró diferencias significativas ($p= 0.12$), de tal forma que el número de especies en área de estudio oscila entre 4 a 12 especies. Sin embargo, la riqueza fue relativamente mayor en las fincas El Espejo y San Antonio con 12 especies cada una (Figura 23).

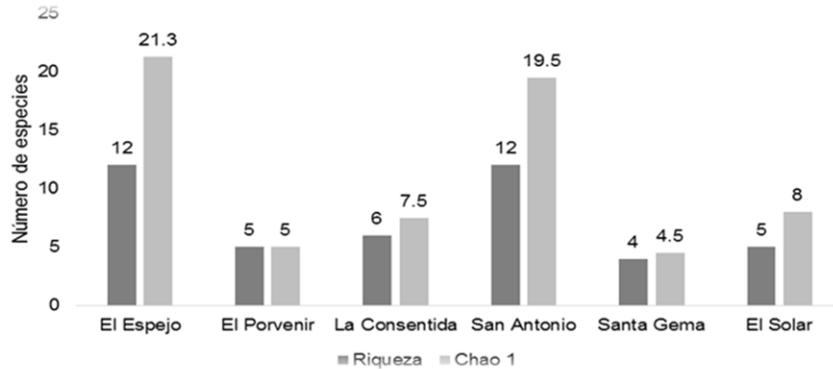


Figura 23. Riqueza del número de especie invertebradas por finca, 2013.

Al comparar el número de especies esperadas (estimadas con Chao 1) con el número de especies observadas (riqueza cuantificada), se esperarían encontrar al menos nueve especies más en la finca El Espejo y 7.5 especies más en San Antonio si se intensificase el esfuerzo de realizar mayor número de muestreo.

La abundancia fue significativamente mayor ($p < 0.001$) en la finca San Antonio (Figura 24); sin embargo, esta mayor abundancia obedece a la inclusión de una cantidad considerable de individuos de la familia Formicidae, conformada por 70 individuos de dos especies *Crematogaster* sp y *Selenopsis* sp. Aparentemente algunas unidades de muestreo en esta finca coincidieron con colonias de estas especies, desafortunadamente la aleatorización de las muestras no logró coincidir en otras colonias de estas especies en las otras fincas. La abundancia comparada entre las fincas se tornaría no significativa ($p = 0.42$) si se excluyeran de la cuenta los 70 individuos de la familia Formicidae.

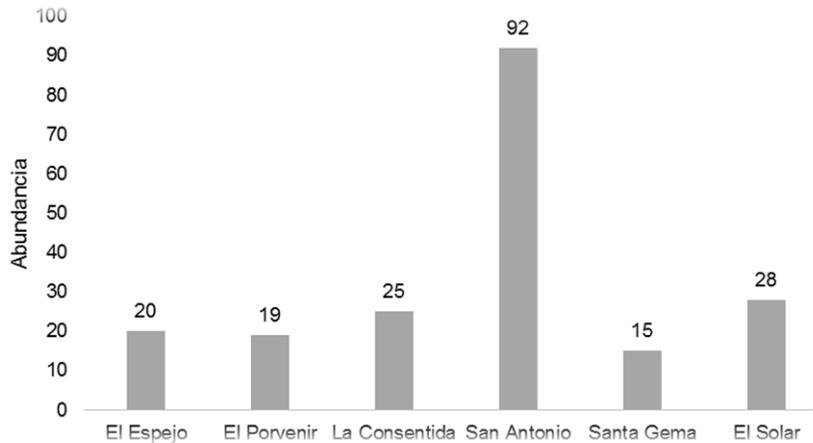


Figura 24. Abundancia del número de individuos de invertebrados por finca.

Al comparar los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H'), que permite calcular la diversidad de especie, se encontró que el valor resultante de la probabilidad fue mayor en las fincas El Espejo y San Antonio ($H' = 2.29$ y 1.56 respectivamente), sin diferencias significativas entre ellas; en las demás fincas, se registra menor diversidad de especies (Cuadro 10).

Es decir, de manera general donde los parámetros de diversidad de fauna silvestre invertebrada resultaron más altos fueron las fincas El Espejo y San Antonio; seguidamente las fincas La Consentida y El Porvenir y en última instancia las fincas Santa Gema y El Solar. Menor riqueza y abundancia de estos organismos. De esto se deduce que la distribución e individuo por especies es más equitativa en las fincas El Espejo y San Antonio, a pesar de la mayor abundancia concentrada en las especies *Crematogaster sp* y *Selenopsis sp* encontradas esta última finca. Efectivamente, sin la presencia de estas dos especies, el valor del índice para San Antonio hubiera sido de 2.04 en lugar de 1.56.

Cuadro 10. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de Permutación para la fauna silvestre invertebrada.

| Fincas comparadas | | H' Respectivos | | Valor de p |
|-------------------|---------------|----------------|--------|------------|
| El Espejo | El Porvenir | 2.29 | 1.357 | <0.01* |
| El Espejo | La Consentida | 2.29 | 1.105 | <0.01* |
| El Espejo | San Antonio | 2.29 | 1.561 | 0.10 |
| El Espejo | Santa Gema | 2.29 | 0.8572 | <0.01* |
| El Espejo | El Solar | 2.29 | 0.7858 | <0.01* |
| El Porvenir | La Consentida | 1.357 | 1.105 | 0.54 |
| El Porvenir | San Antonio | 1.357 | 1.561 | 0.61 |
| El Porvenir | Santa Gema | 1.357 | 0.8572 | 0.25 |
| El Porvenir | El Solar | 1.357 | 0.7858 | 0.13 |
| La Consentida | San Antonio | 1.105 | 1.561 | 0.16 |
| La Consentida | Santa Gema | 1.105 | 0.8572 | 0.61 |
| La Consentida | El Solar | 1.105 | 0.7858 | 0.45 |
| San Antonio | Santa Gema | 1.561 | 0.8572 | 0.08 |
| San Antonio | El Solar | 1.561 | 0.7858 | <0.01* |
| Santa Gema | El Solar | 0.8572 | 0.7858 | 0.89 |

* Diferencias significativas.

Con lo anterior se concluye que de manera general las fincas donde los parámetros de diversidad de fauna silvestre invertebrada resultaron más altos fueron las fincas El Espejo y San Antonio; seguidamente se localizan las fincas La Consentida y El Porvenir; y en última instancia las fincas Santa Gema y El Solar. En El Solar se determinó la menor diversidad (según el índice de Shannon – Wiener) y en Santa Gema la menor riqueza y abundancia de estos organismos.

Muchas razones pueden estar influyendo en las diferencias de diversidad de invertebrados entre las seis fincas. Algunas de ellas pueden estar relacionadas con el manejo específico de las fincas. Son de especial importancia diferentes niveles de uso de agroquímicos y el manejo de la cobertura vegetal. En el caso específico de las mariposas, podría influir la presencia o no de plantas potenciales para su alimentación. Las colonias de hormigas, por otro lado, pueden presentar patrones de distribución no uniformes y esto puede influenciar el ser encontrado durante los muestreos.

Los escarabajos, en especial los coprófagos, suelen estar influenciada con la presencia de fauna (doméstica o silvestre) que forman parte del ecosistema formado por el cultivo de café

con sombra. Por lo anterior, y en base a las especies esperadas según el estimador de Chao 1, se podría deducir que es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en las fincas para poder acumular mayor cantidad de datos sobre biodiversidad y poder capturar todas esas variaciones.

b. Descripción general de la diversidad de vertebrados

Se registraron 139 individuos de fauna silvestre vertebrada, los cuales están agrupados en 21 especies. La especie más abundante es *Psarocolius montezuma* con 56 individuos encontrados en los diferentes puntos de muestreo. El resto de las especies está representado con menos de 8 individuos. Se identificó la especie *Sciurus variegatoides* (Mamífero); las especie *Norops tropidonotus*, *Norops humilis*, *Sceloporus variabilis* y *Sphenomorphus cherrie* (Reptiles); y la especie *Bufo* sp (anfibio); el resto pertenecían a la clase Aves.

c) Comparación de los parámetros de diversidad biológica por finca

La riqueza de especies de fauna silvestre comparada entre las seis fincas difirió significativamente ($p=0.01$), la finca en donde se reportaron mayor cantidad de fauna silvestre fue Santa Gema (Figura 25). Siendo para la misma finca también considerable el valor del estimador de Chao 1, prediciendo que en ese sitio puede haber incluso hasta 5 especies más de las encontradas. Para las fincas como El Espejo, El Porvenir, La Consentida y San Antonio, el estimador ya no predice más especies que las encontradas.

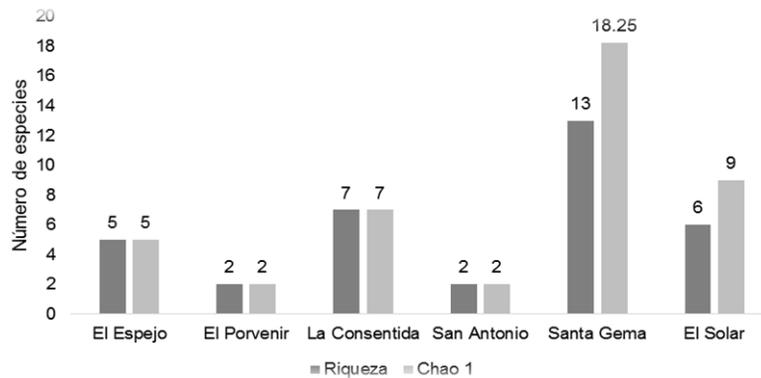


Figura 25. Riqueza de especie observada y calculada Chao 1. 2016.

La abundancia de individuos observados comparada entre finca mostró diferencia significativa ($p < 0.001$), siendo (en orden decreciente) El Espejo, Santa Gema y La Consentida las fincas donde se determinaron mayor cantidad de individuos (Figura 26). Al igual que en la abundancia de invertebrados, la mayor cantidad de individuos en donde se registró más abundancia se debe exclusivamente a la presencia de colonias de *Psarocolius montezuma*, particularmente en El Espejo en donde se contaron 39 individuos en una colonia y en 10 individuos en El Porvenir. Esto tendrá implicaciones en los valores del índice de Shannon-Wiener, el cual considerará estos sitios como de baja diversidad debido a la alta dominancia.

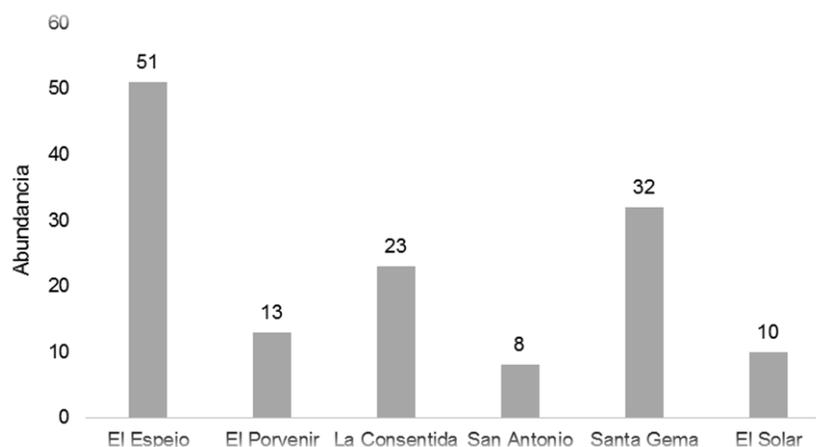


Figura 26. Sumatoria del número de individuos de fauna silvestre vertebrada por finca.

La diversidad de especie calculada con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') fue mayor en la finca Santa Gema y La Consentida ($H' = 2.22$ y 1.80 respectivamente) sin diferencias significativas entre ellas (Cuadro 11). Para las restantes fincas la diversidad comparada fue menor, con diferencias significativas en comparación con las fincas antes mencionadas.

Cuadro 11. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de permutación para la fauna silvestre vertebrada. Se presentan los valores resultantes de la probabilidad (p)

| Fincas comparadas | | H' Respectivos | | Valor de p |
|-------------------|---------------|----------------|------|------------|
| El Espejo | El Porvenir | 0.79 | 0.50 | 0.17 |
| El Espejo | La Consentida | 0.79 | 1.67 | <0.01* |
| El Espejo | San Antonio | 0.79 | 0.31 | 0.11 |
| El Espejo | Santa Gema | 0.79 | 2.04 | <0.01* |
| El Espejo | El Solar | 0.79 | 1.36 | 0.07 |
| El Porvenir | La Consentida | 0.50 | 1.67 | <0.01* |
| El Porvenir | San Antonio | 0.50 | 0.31 | 0.52 |
| El Porvenir | Santa Gema | 0.50 | 2.04 | <0.01* |
| El Porvenir | El Solar | 0.50 | 1.36 | 0.01* |
| La Consentida | San Antonio | 1.67 | 0.31 | <0.01* |
| La Consentida | Santa Gema | 1.67 | 2.04 | 0.08 |
| La Consentida | El Solar | 1.67 | 1.36 | 0.30 |
| San Antonio | Santa Gema | 0.31 | 2.04 | <0.01* |
| San Antonio | El Solar | 0.31 | 1.36 | 0.01* |
| Santa Gema | El Solar | 1.13 | 1.36 | 0.03* |

* Diferencias significativas.

Con lo anterior se concluye que de manera general las fincas donde los parámetros de diversidad de fauna silvestre resultaron más altos fueron las fincas Santa Gema y La Consentida. Muchos factores pueden estar influyendo en las diferencias de los parámetros de diversidad de la finca, de nuevo el manejo de la finca puede tener influencia directa. El manejo de la cobertura arbórea para brindar sombra adecuada y el manejo de la cobertura herbácea y arbustiva para reducir la competencia y daños a las plantas de café tiene impacto en la diversidad de fauna silvestre.

El agro sistema cafetalero con sombra es un elemento para mantener una biodiversidad alta por la complejidad florística y estructura de los árboles de sombra la cual se debe a varios estratos vegetativos en el ecosistema y ofrece diversidad de nidos y sitios para unas series de organismo.

La cacería furtiva puede estar contribuyendo también a las diferencias entre las diversidades, esto se concretiza con testimonios de los propietarios quienes declaran que personas invaden sus terrenos para cazar animales. La presencia de perros y de muchas personas en la temporada de corta del café puede ahuyentar algunos animales silvestres sensibles a la presencia humana, como los felinos.

La diversidad de especie de fauna silvestre también tiene una influencia positiva con la cercanía de las fincas a áreas naturales colindantes, con las cuales puede establecerse un corredor biológico en donde estos puedan circular. En anexo 3 se muestra lista de fauna silvestre vertebrada mencionada por los entrevistados de las fincas en estudio.

Santa Gema fue una finca peculiar en la presencia de especies de fauna silvestre, en relación a las restantes, sin embargo, con la información colectada no fue posible deducir con exactitud cuáles fueron las características de la misma que favorecieron la mayor presencia de estos animales durante el momento de muestreo.

Cabe mencionar, ante todo, que, aunque se hayan determinado 21 especie, esa cantidad es considerada muy baja, en especial para las tres clases no aves. De esto se deduce que se podría necesitar mayor esfuerzo de muestreo para poder tener una lista completa de las especies de este grupo. Es recomendable que esos muestreos incluyan ambas estaciones.

Incrementar el número de unidades de muestreo tal vez no sería la meta, pues cada finca tiene su límite de extensión, sino la frecuencia de visitas a las unidades de muestreo, de tal forma que permita la acumulación del número de especies observadas.

d) Comparación de fauna silvestre vertebrada e invertebrada encontradas

Al hacer comparación entre estos dos grupos, en cuanto a su riqueza y abundancia en las Fincas de café bajo sombra, la que más se destaca es la finca el Espejo con mayor riqueza y abundancia de los dos grupos. Esto puede indicar que esta Finca puede ser que estén mejor manejada por sus dueños, que las otras fincas. Esto es importante porque muchas de estas especies cumplen un papel como controladores biológicos de otras especies insectiles. (Guido et al.2003).

Este sitio presta las condiciones para las existencias de la Fauna Silvestre vertebradas e invertebradas, en el caso de algunos vertebrados estas fincas son apropiadas para ser corredor biológico entre un sitio y otro en donde la fauna silvestre encuentra alimentos para sus sobrevivencias ya que el cultivo de café se encuentra bajo un sistema agroforestal. Los propietarios de estas Fincas dan testimonio que han observados animales vertebrados (mamíferos) solo llegan de paso en busca de agua, alimentos, que provee el sistema del cultivo.

En las fincas donde se encontró menor abundancia y riqueza de estos grupos, quizás por la poca existencia de estos en el momento de los muestreos o por la influencia de cazadores que cazan a la fauna vertebrada con huleras, perros los cuales ahuyentan a la fauna silvestre vertebrada, los pobladores no tienen conciencia sobre la conservación de la fauna silvestre o quizás la tienen, pero las necesidades de alimentarse no permiten que su estadía en el sitio estas perturbaciones provocan que la fauna emigre a las zonas más montañosas, ya que cerca de las fincas existen áreas boscosas en donde se desplazan para evitar la perturbación.

4.4. Diversidad de flora arborescente

4.4.1. Descripción general de la diversidad de flora

Se registraron 234 individuos de flora arborescente, los cuales están agrupados en 42 especies. Las especies más abundantes de manera general fueron: *Inga vera* (47 individuos), *Inga spectabilis* (28) e *Inga punctata* (25); seguidas de *Inga* sp (19), *Citrus sinensis* (13),

Syzygium malaccense (12) y *Persea americana* (10); el resto de las especies estaban representadas por menos de 10 individuos.

4.4.2. Comparación de los parámetros de diversidad biológica por finca

4.4.3. Comparación de la riqueza de especies de flora

La riqueza de especies de flora arborescente comparada entre las cinco fincas no difirió significativamente ($p=0.08$), el estimador de chao solamente estima las especies calculadas a partir de las observadas que se encontraron en el muestreo los análisis de probabilidad muestran cuanto menor sea el valor de ($p < 0.5$) más significativo será el resultado por lo tanto la riqueza encontrada en las seis fincas no hay diferencia el valor de ($p > 0.5$) de tal forma que el número de especies en área de estudio oscila entre 6 a 21 especies. Sin embargo, la riqueza fue relativamente mayor en la finca El Solar 21 especies (Figura 27) En la finca la consentida no se obtuvieron datos.

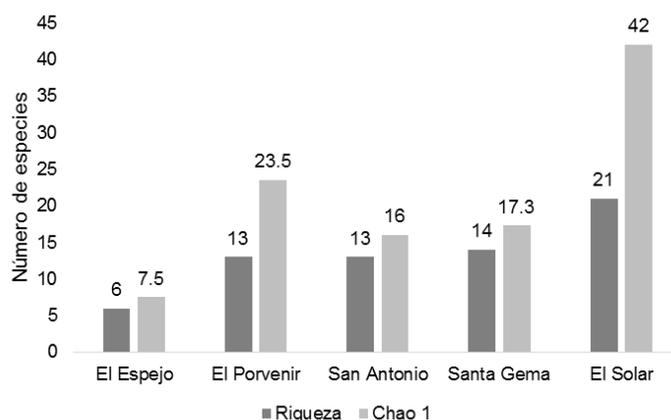


Figura 27. Riqueza de especie observada y calculada mediante el estimador Chao 1.

De las dos fincas, en El Solar se esperan más especies por coleccionar, esto se refleja en la curva de acumulación de especies en donde la riqueza acumulada de esta finca tiene un ángulo de inclinación mayor con respecto al nivel asintótico comparado con el resto de las fincas. Esto se ratifica con el estimador Chao 1, el cual predice que el total de especies a encontrar en El Solar para alcanzar el nivel asintótico de la curva es 42 especies. Esto significa que las especies registradas aumenta el número, conforme aumenta el número de muestreo en el campo en tiempo y espacio.

La abundancia de individuos observados comparada entre finca mostró diferencia significativa ($p < 0.001$), siendo (en orden decreciente) El Porvenir, San Antonio y Santa Gema las fincas donde se determinaron mayor cantidad de individuos. En El Porvenir la abundancia fue mayor dada la presencia de *Inga punctata*, *Inga spectabilis* e *Syzygium malaccense*, todas especies de árboles establecidos seguramente a preferencia del dueño de la finca. En El Espejo se registró la menor cantidad de individuos en comparación con el resto de las fincas (Figura 28).

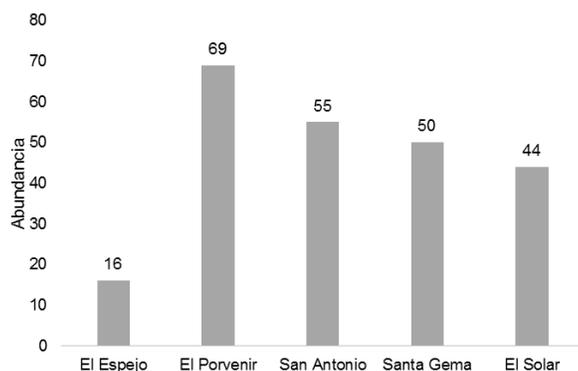


Figura 28. Sumatoria del número de individuos de flora por finca.

Este dato de la abundancia nos puede estar indicando que en estas fincas es porque se encontraron mayor número de individuos seguramente muy repetitivos, en el caso del porvenir y San Antonio quizás el propietario de las fincas tiene más preferencia de plantar árboles *Inga punctata*, *Inga spectabilis* e *Syzygium malaccense* que otra especie de árboles, priorizan que tipos de árboles les conviene plantar, son más maderable y de sombra.

La diversidad de especie calculada con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') fue mayor en las fincas El Solar y Santa Gema ($H' = 2.44$ y 2.19 respectivamente) sin diferencias significativas entre ellas (Cuadro 12). Para las restantes fincas la diversidad comparada fue menor, con diferencias significativas solamente al ser comparada con la finca San Antonio y casi significativa (a un $\alpha = 0.05$) con las fincas El Espejo y El porvenir. Lo que expresa que realmente en San Antonio la diversidad de especie fue mucho menor en comparación con todas las fincas.

Cuadro 12. Comparación pareada de los índices de diversidad de Shannon – Wiener (H') entre las fincas mediante el método de Permutación para la flora arborescente. Se presentan los valores resultantes de la probabilidad (p)

| Fincas comparadas | | H' Respectivos | | Valor de p |
|--------------------------|-------------|-----------------------|------|-------------------|
| El Espejo | El Porvenir | 1.44 | 1.89 | 0.37 |
| El Espejo | San Antonio | 1.44 | 1.73 | 0.59 |
| El Espejo | Santa Gema | 1.44 | 2.19 | 0.13 |
| El Espejo | El Solar | 1.44 | 2.44 | 0.06 |
| El Porvenir | San Antonio | 1.89 | 1.73 | 0.46 |
| El Porvenir | Santa Gema | 1.89 | 2.19 | 0.18 |
| El Porvenir | El Solar | 1.89 | 2.44 | 0.05 |
| San Antonio | Santa Gema | 1.73 | 2.19 | 0.14 |
| San Antonio | El Solar | 1.73 | 2.44 | 0.01* |
| Santa Gema | El Solar | 2.19 | 2.44 | 0.32 |

* Diferencias significativas.

De manera general las fincas donde los parámetros de diversidad de flora arborescente resultaron más altos fueron las fincas El Solar y Santa Gema. La diversidad de flora arborescente en las fincas cafetaleras está fuertemente relacionada con el manejo de los árboles para sombra. Los propietarios quitan y establecen árboles apostando a sacarle el mejor provecho en términos de brindar sombra adecuada o como árbol útil para fijar elementos nutritivos en el suelo.

Una alta diversidad de vegetación arbórea es recomendable en los sistemas agroforestales, pues alta diversidad vegetal se traduce en alta diversidad de fauna silvestre vertebrada o invertebrada. Aunque evidentemente, esta diversidad no será comparable con la diversidad existente en un bosque natural en donde la estructura tridimensional que forma la comunidad vegetal confiera estratos vegetales en los cuales la fauna se distribuye para ser utilizados como hábitat, refugio y fuente de alimento. Pero, de todas formas, los ecosistemas formados por el café con sombra son menos invasivos que otros cultivos perennes y sin contar los anuales.

Podemos decir que en estas fincas Santa Gema existen una diversidad árboles los cuales el propietario identifica la función y beneficio que le dará al sistema del cultivo, ejemplo la Guabas, búcaro. Este último es bueno para mejorar el nitrógeno en el suelo, como comida de venado. Las guabas sirven para leña, otros son zapotillo y laurel que son maderables. Se puede decir que en la Finca El Espejo los valores de diversidad de flora arborecente son bajos por que el propietario prefiere tener árboles frutales como, naranja, mandarina y limón dulce, no existe variedades de otros tipos de árboles según la encuesta que se le realizo al propietario, existe relación de la diversidad de vertebrados esto porque las frutas contribuyen a la alimentación de los animales existente en esa finca,

Los resultados de especies invertebradas en relación con la riqueza presente en las seis fincas, nos indica que las fincas El Espejo y San Antonio puede ser que los propietarios hagan un buen manejo de su finca, tienen un ecosistema bien favorable en cuanto al habitat de estos, ya que les permite hacer su función ecológicamente con las condiciones que le presta el sitio, favoreciendo el ambiente para la nutrición del suelo ya que en el caso de los escarabajos y hormigas le permiten un buen reciclaje de los nutrientes del suelo por la descomposición de materia orgánica y la aireación del mismo suelo (Martínez et, al 2011).

Al igual que la presencia de estos individuos (Escarabajos) nos indican que son indicadores biológicos debido a su presencia, podemos decir que tienen una estrecha interrelación con la especies vertebradas, usan sus heces para su función ecológica y al observar que se encontraron mayor diversidad biológica de invertebrado en estas fincas se puede decir que las especies vertebradas utilizan el sitio para habitar o alimentarse de los productos que genera la vegetación arbórea, algunos mamíferos utilizan el sitio para corredor biológico para desplazarse de un lugar a otro.

Los resultados obtenidos de fauna vertebrada en cuanto a la riqueza de especies indican que en la finca el espejo es mayor la riqueza de especie seguida, el porvenir y la consentida, pero que es posible encontrar más especies según (Chao 1) si se realizara un muestreo más intensivo. El aporte que ofrece un habitat en los cafetales con sombra especies arbóreas provee recursos para una diversidad de aves, pero que estas a su vez se ven afectada por la transformación del paisaje (CENICAFE 2008).

En San Antonio y El Solar se encontró menor cantidad de especies, esto podría indicar que la fauna silvestre está haciendo amenazada por perturbaciones ambientales. Testimonios de algunos pobladores dicen que utilizan huleros como diversión para matar las aves la existencia de los perros, ahuyentan y provocan que la fauna silvestre se aleje del lugar. Los datos de flora de la consentida no se obtuvieron por el tiempo de lluvia En el (cuadro 13) se detalla resumen de resultados de biodiversidad de las seis fincas estudiadas.

Cuadro 13. Resumen de resultados de biodiversidad de las seis fincas estudiadas

| Nombre de la Finca | Riqueza | | | Abundancia | | |
|--------------------|---------------|-------------|-------|---------------|-------------|-------|
| | Invertebrados | Vertebrados | Flora | Invertebrados | Vertebrados | Flora |
| Santa Gema | 4 | 13 | 14 | 15 | 32 | 50 |
| El Porvenir | 5 | 2 | 13 | 19 | 13 | 69 |
| El Espejo | 12 | 5 | 6 | 20 | 51 | 16 |
| San Antonio | 12 | 2 | 13 | 92 | 8 | 55 |
| El Solar | 5 | 6 | 21 | 28 | 10 | 44 |
| La Consentida | 6 | 7 | ----- | 25 | 23 | ----- |

4.5. Propuesta de acciones para fincas en base a las limitantes encontradas

Los procesos ecológicos que ofrecen los cafetales bajo sombra, permiten la conservación de otros bienes y servicios ambientales, de valores directos e indirectos (CENICAFE 2008), las seis fincas de café bajo sombra en estudio, presentan un sistema agroforestal el cual es de mucha importancia para la conservación y mejora de los recursos naturales ya que genera muchos beneficios ambientales, tales como la fijación de nitrógeno en el suelo, minimiza la erosión hídrica, alimentación a la fauna silvestre, protección a fuentes acuíferos y otros.

En base a los análisis de los resultados del estudio se proponen acciones encaminadas las cuales serán útil para disminuir la erosión hídrica del suelo, mejorar la calidad del cultivo de café, disminución de plagas, enfermedades y por ende mejor mercado del grano de café, mejores ingresos a los propietarios de las fincas, mejor calidad de vida para sus habitantes de la zona y sobre todo un buen equilibrio para la naturaleza, lo cual se logrará si todos los

involucrados unen esfuerzo para hacer una buena aplicación de estas acciones que se proponen a continuación:

- ❖ Los propietarios de las fincas deben de combinar otras prácticas de conservación de suelos, tales como construcción de zanjas de infiltración, cubas de infiltración para minimizar la velocidad de las escorrentías superficiales que se observan favorecidas por las pendientes escarpadas.
- ❖ Se deben de establecer viveros con especies de árboles para uso múltiples como por ejemplo las leguminosas(Guabas)las cuales sirven para fijación de Nitrógeno en el suelo, frutales(bananos, Plátanos, Naranjas ,Mango) con el propósito de contar con reserva para futuras plantaciones en reforestación en el sistema agroforestal del cultivo de café y con ello favorecer la disminuir la erosión hídrica de suelo, una buena diversidad de flora, para este establecimiento de viveros los propietarios de las fincas pueden solicitar asistencia técnica a INAFOR.
- ❖ En las fincas El Espejo y Santa Gema rrealizar forestación con especies de árboles como cedro, jenízaro, cítricos madero negro en las orillas de los ríos y riachuelos, con el propósito de la protección del suelo, mantener la recarga hídrica y lo que favorece a la presencia de fauna. Estas fuentes hídricas ayudan a tener una conexión de corredores biológicos de la fauna silvestre con las montañas aledañas a la fincas.
- ❖ Mantener la poda correspondiente con técnicas manual adecuadas que permitan regular la humedad y temperatura que ayude para la sobrevivencia de lo microorganismo del suelo y evite las enfermedades en los árboles, ya que al usar motosierras se incrementa ruido, que esta provoca, estaría perturbando la fauna silvestre, ahuyentándola a otros sitios.
- ❖ Evitar repetitivamente las limpiezas y quemas controladas en el sistema agroforestal de cada finca, con el propósito de mantener la cobertura vegetal para la obtención de materia orgánica descompuesta por los organismos del suelo y esta a su vez permita la existencia de los mismos en las fincas utilizando una planificación de fechas destinadas para esa actividad al menos tres veces al año. Según los testimonios de los propietarios de las fincas entrevistados contestaron que si las hacen, pero no dijeron cuántas veces realizan esta actividad en el año.

- ❖ Sensibilizar a los comunitarios con charlas de educación ambientalista por técnicos de MARENA para evitar la cacería furtiva adentro y fuera de las fincas. Con el fin de que la fauna silvestre permanezca con más tiempo en su hábitat y así se podrá conservar su existencia en el sitio.
- ❖ Crear iniciativa en la creación de zocriaderos de algunos animales de fauna silvestre como por ejemplo cusucos, Iguanas, guatusas que permita su uso alimentario racional sostenible y aprovechamiento para su conservación., esto se puede llevar a cabo con capacitaciones de educación ambiental por parte del MARENA. Esta capacitación enfocada al establecimiento de zocriaderos, de la importancia que tienen estos ,el cuidado y manejo que deben de tener, las capacitaciones estarán dirigidas a los comunitarios de la zona y a los dueños de las Fincas, organizados para búsqueda de financiamiento sino cuentan con recursos para el establecimiento.
- ❖ Aumentar y mejorar la selección de la cobertura vegetal arbórea en la finca El Espejo ya que en esta se encontró la menor diversidad de especies arbórea, esto permitirá tener una mayor diversidad de árboles que tengan múltiples usos y beneficios ecológicos.
- ❖ Organización de los propietarios de las fincas y habitantes para la búsqueda de capacitaciones con Instituciones competente INAFOR, MARENA, UCA, UNA en temas de educación ambiental, con el fin de tener y manejar información de la importancia del uso racional sostenible de los recursos naturales y la conservación de la diversidad, las capacitaciones pueden estar orientadas a los temas de: Cambio Climáticos, sobre el buen uso de los recursos naturales, su conservación, producción de Compost, manejo de plagas, creación de zocriaderos, establecimiento de viveros y sensibilización.
- ❖ Los propietarios y técnicos de MARENA pueden realizar búsqueda de apoyo para generar externalidad de los bienes de servicios ambiental que presta el sistema agroforestales, incentivos que fortalezcan a los productores en la conservación de suelo y diversidad biológica de especies arbóreas y fauna silvestre.

V. CONCLUSIONES

Las fincas estudiadas tienen como uso de la tierra el cultivo de café, presentan suelos del tipo Alfisoles, Inceptisoles y Molisoles, son bien escarpados con pendientes mayores de 35 %, son ricos en materia orgánica con pH óptimos para el desarrollo del cultivo de café en sistema agroforestal. Debido al material que les dio origen (granito) favorece a la erosión hídrica, pero, Las fincas Santa Gema y El Espejo es donde se encontró mayor pérdida de suelo, lo cual indica que hay una degradación del mismo, por lo tanto hay que tomar medidas que eviten la degradación total de este suelo haciendo prácticas combinadas de conservación de suelo, construcción de zanjas infiltración, incrementar la vegetación arbórea manejada

El cultivo de café bajo sombra es de mucha importancia porque tiene una estrecha relación con la conservación del suelo porque las especies arbóreas le dan protección al mismo en la disminución de la erosión hídrica y aumento de nutrición por el tipo de especies arbóreas que se encuentran en el sistema de cultivo de café, al mismo tiempo la diversidad biológica se siente protegida por estas especies arbóreas porque le proporcionan alimentos, agua, sombra, hábitat y algunas especies de fauna silvestre vertebrada, utilizan las fincas como corredor biológico.

La diversidad biológica de los grupos invertebrados, vertebrados y flora arborescente fue diferente entre las seis fincas. Las diferencias en los parámetros de biodiversidad podrían atribuirse al manejo específico y diferente de cada finca; de algunos por manejo agroquímicos, otros abonos orgánicos que ellos mismo procesan de los sub productos de los desechos de frutas y domésticos; a limpiezas repetitivas y a opciones de plantar árboles de su interés, entre otras.

VI. LITERATURA CITADA

- Altamirano, J. 2005 Biomasa y nutrientes de mantillo en diferentes sistemas de producción de café (Coffe arabica) en el Municipio de Masatepe, departamento de Masaya, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/1977>.
- Avilés, E.S 2016. Efecto de los sistemas de cultivo-arboles-pastos sobre la erosión laminar y la calidad de suelo en la micro Cuenca Tecomapa, municipio de Somotillo Nicaragua. (*Tesis de MSc*). Universidad Nacional Agraria.
- CENICAFE, (Centro nacional de investigación de café) Estudios regionales de biodiversidad en las zonas cafetaleras de Colombia. 2008.
Recuperado: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0378.pdf>
- Dávila B, S. Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de ucajali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono Sevilla 2006 Tesis doctorado Universidad de Sevilla facultad de ciencias químicas).Recuperado: <https://core.ac.uk/download/pdf/36094475.pdf>
- FAO. 1980. Metodología provisional para evaluar la desertificación de los suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. FAO. Roma, Italia.
Recuperado: <http://www.fao.org/3/t2351s/T2351S05.htm>
- Guh. A. enero 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetalera colombiana entre 1970 y 1997.cenicafe 55(1). 29, 44, 2004. Recuperado de https://www.researchgate.net/.../228990185_Cafe_y_cambio_de_paisaje_en_la_zona_ca
- Guido. I, Rodríguez, A. C, Sancho, R.J Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro San Ramón 2003.Revista el pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica. Vol. 8 n 10 - 11

- Hernández, A. 2010 Dinámica erosión/sedimentación: Diseño y aplicación del modelo para la cuenca de Rio Nosora Tecnología en marcha, Vol., 23, N 4 P32 Recuperado de <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Dinamica+erosion>
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estados territoriales, NI).1988. (En línea). Managua, NI. Consultado 23 de septiembre 2013. Recuperado de www.Ineter.gob.ni
- INIFOM (Instituto Nicaragüense de fomento municipal. Ficha municipal. San Juan de Rio Coco (En línea) Managua Ni. Consultado el 19 de Junio 2013. Recuperado de <http://inifom.gob.ni/municipal/documentos/MADRIZ/Sanjuanderiococo.pdf>
- Kaeslin, E, Redmon, L. Dadle, N. Nigel Dudley(Ed) 2013. La fauna silvestre en un clima cambiante, organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) Roma p5.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press. Priceton, New Jersey. 179 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales) 2008. Biodiversidad, Revista Nicaragüense, Vol. 1, Pág. 5 octubre 2008.
- Martínez M, L; M, Cruz, E .Montes de Oca y M, T, Suarez 2011 Funciones de los Escarabajos del estiércol de los Pastizales Recuperado de <http://www.ganaderialaluna.com/pdf/escarabajos.pdf> Revisado 16 Nov 2016
- Méndez, E. Bacon. Ch, 2005 Medios de vida y conservación de la biodiversidad arbórea; Las experiencias de las cooperativas cafetaleras en El Salvador y Nicaragua. Leisa. Revista de Agroecología 20(4). Recuperado de <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-20-numero-4/2076-medios-de-vida-y-co>
- Mendieta, M. Rocha, L 2007.Sistemas Agroforestal. Universidad Nacional Agraria. Pág. 14,16. Managua, Nicaragua.

Mendoza, E. 2005 Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica basado en experimentos nacionales Managua, Nicaragua 2005.

Recuperado. <https://es.slideshare.net/marcosalas/1180647717manual-de-erosion>

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. 84 p.

Palacio, R.V, Gómez, O.C.2015 Valoración del estado de los recursos hídricos y edáficos en seis fincas de café en el Municipio de San Juan de Rio Coco Madriz. (Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria).

(PASOLAC Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central, 2005. Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Basado en experiencias nacionales. Managua, Nicaragua (61 p).

Salazar C, D; García, C.J; Rodríguez, G, R; Calero, A, C; Navarro, M, A; Luna, V, O.2017. Evaluación Agroecológica de dos agro sistemas con café (*Coffea arábica* L.) en San Ramón y dos en Condega, Nicaragua (41),

(SINAPRED), Sistema Nacional Para la Prevención, Mitigación de Desastre Plan de repuesta municipal con enfoque de la gestión de riesgo (,2003).

Stiles, G. & Skutch, A. 1989. Bird of Costa Rica. Cornell University Press. Ithaca, New York, US. 511p.

Stiles, G. & Skutch, A. 2007. Guía de aves de Costa Rica. 4ta. ed. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 680p.

Van Perlo, B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press, New Jersey, US. 336 p.

USDA (Department of Agriculture, US). Soil Conservation Service. Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Washington, DC. 315 p.

VII ANEXO

Anexo 1. Resumen de la dinámica de erosión en los set instalados en las fincas cafetaleras

| Finca | El Espejo | | | La Consentida | | | San Antonio | | | El Porvenir | | | El Solar | | | Santa Gema | | |
|--------------|--------------|------------|-----|---------------|-----------|-----|-------------|-------------|-----|--------------|-----------|-----|-------------|------------|-----|------------|-----------|-----|
| | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % | Perd (mm) | Dep· (mm) | P % |
| set 1 | -2.72 | | 22 | | 1.5 | 54 | | 5.5 | 60 | -3.1 | | 100 | | 1.3 | 24 | -7 | | 63 |
| set 2 | | 1.66 | 33 | | 8.94 | 63 | | 0.92 | 51 | -3 | | 70 | | 1.1 | 35 | -15.1 | | 82 |
| set 3 | -1.02 | | 35 | -1.6 | | 45 | -0.8 | | 28 | -5.8 | | 59 | | 0.8 | 56 | -16.9 | | 68 |
| set 4 | -1.7 | | 39 | | 0.4 | 41 | | | | | | | -3.8 | | 52 | | | |
| set 5 | | 3.74 | 49 | | 0.98 | 26 | | | | | | | -0.9 | | 7 | | | |
| set 6 | | | | | 1.2 | 25 | | | | | | | | | | | | |
| Total | -5.44 | 5.4 | | -1.6 | 13 | | -0.8 | 6.42 | | -11.9 | | | -4.7 | 3.2 | | -39 | | |

Anexo 2. Resultados de densidad aparente obtenidos en cada finca

| Parte de la ladera | Densidad aparente (gr/cm ³) | | | | | |
|--------------------|---|----------|-------------|-------------|---------------|-----------|
| | Santa Gema | El Solar | El Porvenir | San Antonio | La Consentida | El Espejo |
| Alta | 0.9722 | 0.814 | 0.592 | 0.95 | 0.716 | 0.716 |

| | | | | | | |
|--------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <i>Media</i> | 1.0491 | 0.896 | 0.614 | 0.89 | 0.5711 | 0.571 |
| <i>Baja</i> | 0.9593 | 0.697 | 0.58 | 0.716 | 0.7213 | 0.721 |

Anexo 3. Lista de fauna vertebrada mencionados por los entrevistados en las fincas

| Nombre común | Nombre científico |
|---------------------|------------------------------|
| Ardilla | <i>Sciurussp</i> |
| Armadillo | <i>Dasyopusnovencintus</i> |
| Chanco monte | <i>Tayasutajacu</i> |
| Comadreas | <i>Mustela sp</i> |
| Guardatinajas | <i>Agouti paca</i> |
| Cuyuso | <i>Potos flavus</i> |
| Gato de Monte | <i>Felissp</i> |
| Guatusas | <i>Dasyproctapunctata</i> |
| León | <i>Puma concolor</i> |
| Pizote | <i>Nasuaspp</i> |
| Venados | <i>Odocoileusvirginianus</i> |
| Zorro Espín | <i>Coendousp</i> |
| Zorro Mion | <i>Conepatussp</i> |
| Zorros cola pelada | <i>Didelphispp</i> |

Anexo 4. Listado de especies arbóreas encontradas en finca de estudio

| Especie | Nombre científico | Especie | Nombre científico |
|----------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Acacia magna | <i>Acacia mangium</i> | Guaba roja | <i>Inga sp</i> |
| Aguacate | <i>Persea americana</i> | Guácimo | <i>Guazuma ulmifolia</i> |
| Aguacate osan | <i>Persea americana</i> | Gualiqueme | <i>Erytrina</i> |
| aguacate wasli | <i>Persea sp</i> | Guanábana | <i>Annona muricata</i> |
| Alamo | <i>Styrax sp</i> | elequeme | <i>Erytrina berteroana</i> |
| Boquillo | <i>Antirrhinum majus</i> | Jocote | <i>Spondias purpurea</i> |
| Búcaro | <i>Erytrina poepigiana</i> | Laurel | <i>Cordia alliodora</i> |
| Caimito | <i>Chrysophyllum cainito</i> | Limón | <i>Citrus limon</i> |
| Caoba roja | <i>Swietenia humilis</i> | Mango | <i>Manguifera indica</i> |
| Chaperno | <i>Albizia adinocephala</i> | Manom | <i>Melicoccus bijugatus</i> |
| Cola de pavo | <i>Cupania sp</i> | Naranja | <i>Citrus sinensis</i> |
| Gavilán | <i>Pseudosamanea guachapele</i> | Ojoche | <i>Brosimum alicastrum</i> |
| Guaba | <i>Inga vera</i> | Perote | <i>Syzygium malaccens</i> |
| Guaba blanca | <i>Inga spectabilis</i> | Pimienta | <i>Pimenta dioica</i> |
| Guaba negra | <i>Inga punctata</i> | Tempisque | <i>Sideroxylon capir</i> |
| Guaba paterna | <i>Inga sp</i> | Vainilla | <i>Vanilla planifolia</i> |
| Pochote | <i>Pochota fendleri</i> | Muñeco | <i>Cordia colococca</i> |
| Meritrina | <i>Erytrina berteroana</i> | Matapalo | <i>Ficus sp</i> |