

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL**



**COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS
INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO, PARA
EVALUAR EL MODELO AGROECOLÓGICO EN UN
SISTEMA DE HORTALIZAS, LOS PLANES,
CHALATENANGO, EL SALVADOR.**

POR:

SAIRA JENNIFER SANTOS ORTIZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÓNOMO

CUIDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2016.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

**ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA
DECANO**

**ING.AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO
SECRETARIO**

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

ING. AGR. M.Sc. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

DOCENTES DIRECTORES

ING.AGR.LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

ING.AGR. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

ING.AGR.RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

Resumen

La presente investigación se realizó en el período de Agosto a Diciembre de 2015, en la cooperativa ACOPO de R.L, la cual está ubicada en el Cantón Los Planes, Municipio de La Palma, Departamento de Chalatenango, a una altura de 1800 m.s.n.m. El trabajo consistió en la descripción de las fincas, determinación del coeficiente de biodiversidad y estudio de la composición de las comunidades de macroinvertebrados edáficos en sistemas de producción agroecológico y convencional, además de utilizar un bosque de pino como referencia para la comparación de las comunidades de macroinvertebrados edáficos; se caracterizaron las fincas con los criterios tecnológicos, económicos, social y ambiental de la finca agroecológica y finca convencional y a la vez su complejidad. Se midieron parámetros edáficos para determinar su influencia en el desarrollo de los macroinvertebrados edáficos. El muestreo se realizó en seis parcelas donde tres pertenecen a dicha cooperativa y tres a un productor convencional aledaño a la cooperativa ACOPO de RL. La información de las comunidades de macroinvertebrados edáficos se procesó utilizando los perfiles de Renyi que se calcularon utilizando el paquete BiodiversityR para Rcommander en el programa R 3.1. Los resultados del análisis por finca mostraron que la riqueza de grupos taxonómicos se presentaron diferentes entre los sistemas evaluados presento un valor superior en el bosque ($p < 0.05$), mientras que estadísticamente se mostró similar el sistema convencional y agroecológico ($p > 0.05$). En cuanto a la dominancia en los sistemas el agroecológico está altamente dominado con 61.88% de dominancia seguido del convencional con 46.15% y finalmente el bosque con 36.17%, por tanto el bosque es el sistema más equitativo. En la abundancia de taxones en el sistema agroecológico las especies más dominante fueron: Lumbricidae 61.88%, Staphylinidae 32.96 % y Chilopoda 1.34 %. En el sistema convencional los grupos taxonómicos más dominantes en el sistema son Lumbricidae 46.15 %, Formicidae 13.73%, y Staphylinidae 9.06%. En el bosque de pino las especies más dominantes son Lumbricidae 36.17%, Formicidae 18.33% y Chilopoda 5.47%. La abundancia de Lumbricidae, Staphylinidae y Formicidae responde a diversos estímulos de intensidad de uso de suelo, al hacer un estudio más detallado de estos grupos se pueden establecer como indicadores de calidad de suelo, y como herramientas para evaluar los sistemas agroecológicos.

PALABRAS CLAVE: Agroecología, Macroinvertebrados de suelo, Calidad de Suelo, Biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: todo poderoso por permitirme obtener un triunfo más en la vida, y darme la fuerza de voluntad para seguir adelante.

A Mi Familia: por ser el apoyo moral y económico de mi carrera y sobre todo por su dedicación y comprensión en todo momento, los amo mucho.

A mis Docente Directores Ing. Leopoldo Serrano Cervantes e Ing. Carlos Aguirre Castro, por los aportes de conocimientos que me brindaron para realizar este trabajo de graduación y culminarlo con satisfacción.

Agradecimiento: Ing.Agr.M.Sc.Miguel Paniagua y familia, Ing.Agr.Dagoberto Pérez e Ing.Agr. M.Sc. Miguel Sermeño por ofrecerme su tiempo y conocimientos, también a la Cooperativa ACOPO de R.L, CLUSA de El Salvador, Departamento de Química Agrícola Universidad de El Salvador y Departamento de Protección Vegetal Universidad de El Salvador, por apoyarme en todo el desarrollo de la investigación.

A mi alma mater : Por brindarme la formación Profesional a lo largo de la carrera y en especial a todos los docentes que año con año me formaron para que hoy día sea una persona de provecho y poder servir a nuestra sociedad.

Saira Santos Ortiz.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de manera muy especial:

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por permitirme dar este paso tan importante dentro de mi vida.

A mis padres, Cecilia Ortiz y Francisco Lara por estar presentes durante todo el camino que implicó la realización de este trabajo, por su comprensión y apoyo incondicional.

A mis hermanos Diana, Kevin y Marvin, por mostrarme su apoyo cuando les he necesitado.

A mis amigas Juliana Escamilla y María José Nieto por darme su apoyo en la realización de este proyecto.

A todos mis demás amigos y amigas, por todos esos momentos que compartimos durante toda la fase que implicó llegar a cumplir esta meta.

Saira Santos Ortiz.

ÍNDICE GENERAL

1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Ecosistemas	3
2.2 Sistemas agrícolas	3
2.3Sistemas agrícolas convencionales.....	3
2.4 Agroecosistemas.....	3
2.5 Agroecología	3
2.5.1 Principales características del Enfoque Agroecológico	3
2.5.2 Agroecología y biodiversidad	4
2.5.3 La biodiversidad.....	4
2.5.4 El papel ecológico de la biodiversidad	4
2.5.5 Medición de la biodiversidad	4
2.5.6 Agrobiodiversidad en el suelo	5
2.6 El Suelo	6
2.6.1 La calidad del suelo	6
2.6.2 Indicadores de calidad del suelo: Concepto y funciones	6
2.6.3 Evaluación de la calidad del suelo mediante el uso de indicadores.....	6
2.6.3.1 Indicadores Químicos	7
2.6.3.2 Indicadores Físicos	7
2.6.3.3 Indicadores Biológicos	7
2.7 Macrofauna de invertebrados del suelo	7
2.7.1 Funciones de la macrofauna del suelo.....	8
2.7.2 Importancia de la macrofauna del suelo.....	8
2.7.3 Grupos funcionales de la macrofauna del suelo.....	9
2.7.3.1 El grupo funcional de detritívoros	9
2.7.3.2 El grupo funcional de herbívoros y depredadores	9
2.7.3.3 El grupo que contribuye a la producción de estructuras físicas del suelo	9

2.7.4 Características morfológicas y funcionales de los principales taxonómicos de los macroinvertebrados edáficos	9
2.7.4.1 Lombrices	9
2.7.4.2 Ácaros.....	10
2.7.4.3 Arañas y pseudoescorpiones	11
2.7.4.4 Caracoles.....	12
2.7.4.5 Chilopoda.....	12
2.7.4.6 Chinchas.....	12
2.7.4.7 Colémbolos.....	13
2.7.4.8 Diplópodos.....	13
2.7.4.9 Escarabajos	13
2.7.4.10 Hormigas	14
2.7.4.11 Isópodos	15
2.7.4.12 Mariposas	15
2.7.4.13 Moscas y mosquitos.....	15
2.7.4.14 Symphyla	16
3.MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Localización.....	17
3.2 Fase preliminar	17
3.2.1 Reunión con los representantes de la cooperativa.....	17
3.2.2 Reconocimiento de parcelas	17
3.2.3 Diagnóstico de Fincas.....	17
3.2.3.1 Instrumento de diagnóstico de las fincas.....	17
3.2.3.2 Instrumento de biodiversidad	18
3.3 Fase de campo	19
3.3.1 Diagnóstico de las fincas	19
3.3.2 Determinación de la complejidad del sistema	19
3.3.3 Delimitación de las parcelas.....	19
3.3.4 Determinación de la pendiente.....	19

3.3.5 Georreferenciación de las parcelas.....	20
3.3.6 Toma de muestras de suelo para fertilidad	21
3.3.7 Recolección de muestras de abonos orgánicos	21
3.3.8 Determinación de la Densidad del suelo	22
3.3.9 Medición de la infiltración del suelo.....	22
3.3.10 Medición de la actividad microbiológica del suelo	23
3.3.11 Toma de muestras de macroinvertebrados	23
3.4 Fase de laboratorio	24
3.4.1 Reconocimiento taxonómico de organismos	24
3.5 Análisis de datos.....	25
3.5.1 Análisis estadístico	25
3.5.1.1 Diversidad Alfa.....	25
3.5.1.2 Diversidad Beta.....	26
3.5.2 Análisis económico	27
3.5.2.1 Costos de producción e ingresos	27
3.5.2.2 Relación beneficio/costo	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Aspectos generales de la cooperativa.....	28
4.1.1 Antecedentes.....	28
4.2 Diagnósticos	28
4.2.1 Diagnóstico de la finca agroecológica	28
4.2.1.1. Criterio agro tecnológico	28
4.2.1.2. Criterio económico	31
4.2.1.3. Criterio socio- político- cultural	32
4.2.1.4. Criterio medio ambiente y recursos naturales	32
4.2.2 Diagnóstico de la finca convencional	33
4.2.2.1. Criterio agro tecnológico	33
4.2.2.2. Criterio económico	35
4.2.2.3. Criterio socio- político- cultural	35

4.2.2.4. Criterio medio ambiente y recursos naturales	35
4.2.3 Diagnóstico del bosque.....	36
4.2.3.1 Criterio agro tecnológico	36
4.3 Determinación de la complejidad del sistema	36
4.3.1 Diagnóstico de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr).....	36
4.3.2 Manejo y conservación del suelo (MCS)	37
4.3.3 Manejo y conservación del agua (MCA).....	37
4.3.4 Intervenciones sanitarias en los rubros productivos (MISRPr)	37
4.3.5 Diagnóstico de la biota auxiliar (DMBAu)	37
4.3.6 Evaluación del estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs).....	38
4.3.7 Determinación del coeficiente de manejo de la biodiversidad	38
4.4 Medición de la actividad microbiológica	39
4.5 Análisis físico de suelo.....	40
4.6 Análisis químicos de suelo	43
4.7 Análisis químico de abono tipo bocashi	46
4.8 Macroinvertebrados edáficos	47
4.8.1 Abundancia relativa	47
4.8.2 Diversidad Alfa.....	49
4.8.2.1 Perfiles de Renyi.....	49
4.8.2.2 Riqueza.....	50
4.8.2.3 Índice de Shannon	51
4.8.2.4 Dominancia.....	52
4.8.2.5 Rangos de abundancia	52
4.8.3 Diversidad beta.....	54
4.9 Análisis económico de los cultivos	58
4.9.1 Relación beneficio/costo	58
5. CONCLUSIONES	60
6. RECOMENDACIONES	61

7. BIBLIOGRAFÍA.....	62
8. ANEXOS.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Determinación del nivel de complejidad de la biodiversidad.	19
Cuadro 2. Información geográfica de los puntos de muestreo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.	20
Cuadro 3. Indicadores para determinar el coeficiente de manejo de la biodiversidad.....	38
Cuadro 4. Resultados de la cantidad de actividad microbiológica en las parcelas agroecológica y convencional.	40
Cuadro 5. Relación velocidad de infiltración y drenaje del suelo.	40
Cuadro 6. Parámetros de densidad de suelo y textura.	41
Cuadro 7. Clasificación de la porosidad de suelo.	41
Cuadro 8. Parámetros físicos de los sistemas agroecológico y convencional.	43
Cuadro 9. Resultado de análisis químico de macronutrientes de las parcelas agroecológicas, convencionales.	44
Cuadro 10. Resultados de análisis químicos de micronutrientes de las parcelas agroecológicas y convencionales.	45
Cuadro 11. Valores de pH en el suelo de las parcelas agroecológicas y convencionales.	45
Cuadro 12. Resultado de análisis químico en abono tipo bocashi.....	46
Cuadro 13. Requerimientos de nutrientes para el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) y cebollín (<i>Allium schoenoprasum</i>).....	46
Cuadro 14. Número de individuos recolectados en los sistemas de estudio.	48
Cuadro 15. Valores calculados a partir de los perfiles de Renyi, en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.	50
Cuadro 16. Costos de producción del cultivo de lechuga, cebollín y repollo.....	58
Cuadro 17. Rendimientos e ingresos en el cultivo de lechuga, cebollín y repollo.	58
Cuadro 18. Relación costo/beneficio de los cultivos de lechuga, cebollín y repollo.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estimación de la pendiente en las parcelas	20
Figura 2. Distribución geográfica de las unidades de muestreo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.	21
Figura 3. Proceso de extracción de muestra para determinación de la densidad.	22
Figura 4. Preparación de la prueba de infiltración.	23

Figura 5. Adición de agua oxigenada a la muestra de suelo.....	23
Figura 6. Delimitación y excavación para muestreo de macroinvertebrados edáficos.	24
Figura 7. Extracción de macroinvertebrados edáficos en campo.....	24
Figura 8. Identificación taxonómica, utilizando estereoscopio.....	24
Figura 9. Resultado del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas agroecológica y convencional.....	39
Figura 10. Distribución en porcentaje de los individuos en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.....	48
Figura 11. Valores de los perfiles de Renyi para los sistemas agroecológico, bosque y convencional.....	50
Figura 12. Riqueza de grupos taxonómicos en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.....	51
Figura 13. Número equivalente de familias de organismos edáficos por sistema agroecológico, convencional y bosque.....	51
Figura 14. Rangos de abundancia de grupos taxonómicos en los sistemas A) Agroecológico, B) Convencional y C) Bosque.....	53
Figura 15. Diagrama de distribución de muestras en el plano formado por los componentes principales, considerando factores de riqueza, abundancia de grupos taxonómicos, equidad y aspectos vinculados a la actividad biológica del suelo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.....	55
Figura 16. Clasificación obtenida por el método del dendograma de la composición de las comunidades de artrópodos en sistemas agroecológico, convencional y bosque.....	56
Figura 17. Análisis de componentes principales con variables físico químicas de parcelas agroecológicas y convencionales.....	57

INDICE DE ANEXOS

A- 1. Diagnóstico agro-ecológico, social y cultural.....	67
A- 2. Guía para la determinación del Criterio de Biodiversidad: metodología de Dr. Luis Vázquez.....	81

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se buscan sistemas de producción sostenibles y resilientes a los cambios climáticos, y otras amenazas. El manejo con agroecosistemas son una alternativa para alcanzar estos objetivos, ofrecen ventajas como la conservación de la salud de los suelos, aumenta la biodiversidad, minimiza los riesgos de plagas y enfermedades, y permite tener mejores producciones, con un impacto mínimo al ecosistema, además de ser sostenibles a largo plazo.

Un componente esencial de los agroecosistemas es el suelo que constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos. Su conservación es importante, pues la productividad dependerá en buena medida del estado en que se encuentre, además los suelos son un importante componente esencial de la seguridad alimentaria y nutricional, un suelo de buena calidad producirá alimentos sanos.

En la medición de la calidad del suelo se utilizan diferentes indicadores, los cuales son representados por aquellas variables sensibles al deterioro o a la recuperación, estos indicadores pueden ser: Químicos, Físicos y Biológicos (Reyes 2013).

Dentro de los indicadores biológicos, debido a su diversidad, su número, sus funciones y al hecho de ser tan sensibles al cambio ambiental y las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes, plaguicidas, quemas, tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo, se encuentran los macroinvertebrados del suelo, que son organismos con un diámetro mayor a dos mm. Entre ellos hay lombrices de tierra, termitas, hormigas, escarabajos, cochinillas, caracoles, entre otros. Estos intervienen en distintos procesos como la agregación y formación de la estructura del suelo, en el movimiento y la retención del agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo (Huerta *et al.* 2008).

En El Salvador hay poca información acerca de la macrofauna de suelo. En 1992 Rivas *et al.* realizaron un estudio preliminar de artrópodos edáficos bajo diferentes condiciones de manejo del suelo, mientras en algunos países como Cuba ya se elaboraron documentos como el manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, donde se describe la composición y función de los macroinvertebrados del suelo, y se determinó un protocolo rápido para evaluar la calidad del suelo en función de los macroinvertebrados presentes (Cabrera 2014).

Partiendo de la importancia de los macroinvertebrados en el suelo se realizó la siguiente investigación donde se evaluó la composición de las comunidades en sistemas hortícolas agroecológico y convencional además se caracterizaron los sistemas de producción en estudio y se determinó la biodiversidad, presentes en los sistemas y se hizo un reconocimiento taxonómicos de los grupos macroinvertebrados del suelo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ecosistemas

Un ecosistema es un sistema de organismos vivos y el medio con el cual intercambian materia y energía (Hart, 1979).

2.2 Sistemas agrícolas

Los sistemas agrícolas son un subconjunto de los sistemas ecológicos. Son sistemas ecológicos porque tienen por lo menos un componente vivo (Spedding 1975).

2.3 Sistemas agrícolas convencionales

Son sistemas de producción agrícola, donde la mayoría no considera ninguna diversificación y en su mayoría solo tienen un componente de cultivo, donde hay usos de agroquímicos (Altieri y Nicholls, 2007).

2.4 Agroecosistemas

Es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población, con valor agrícola que pueden ser animales o cultivos; que interactúan con otras poblaciones bióticas como malezas, insectos y enfermedades. Una importante diferencia entre ecosistemas naturales y agroecosistemas es que el desempeño de un agroecosistema está directamente influido por la intervención del hombre (Hart, 1979).

2.5 Agroecología

Es la disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica (Altieri y Nicholls 2000). Un nuevo campo de conocimientos que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y un fuerte componente ético, para generar conocimientos y validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables (Sarandón y Flores 2014).

2.5.1 Principales características del Enfoque Agroecológico

La Agroecología parte de una serie de premisas metodológicas para desarrollar, integrar y mejorar las prácticas de producción agrícola que respondan a sus principios Guzmán *et al.* (2000) plantea los siguientes principios:

-Un enfoque holístico y sistémico.

-Una mirada multidisciplinaria, porque los sistemas sólo pueden entenderse a través de las perspectivas que aportan diferentes áreas del conocimiento.

-Una investigación-acción participativa, en que los agricultores son sujetos y no sólo objetos del proceso de investigación.

2.5.2 Agroecología y biodiversidad

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable. La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos se pierden, los costos pueden ser significativos. En esencia, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus varios componentes (Altieri y Nicholls 2000).

2.5.3 La biodiversidad

Se refiere al número de especies en un sitio o número de especies dentro de una comunidad de organismos ya sea que pertenezcan al mismo o a diferente grupo taxonómico, se refiere a la variedad de vida, incluidos los ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de que forman parte, la diversidad entre las especies y las que existe dentro de cada especie (Badii *et al.* 2007).

2.5.4 El papel ecológico de la biodiversidad

En los sistemas agrícolas, la biodiversidad realiza servicios que van más allá de la producción. Como ejemplos se incluyen el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la destoxificación de productos químicos nocivos. Estos procesos renovables y servicios al ecosistema son principalmente biológicos; por lo tanto, su persistencia depende del mantenimiento de la diversidad biológica. Cuando desaparecen estos servicios naturales debido a la simplificación biológica, los costos económicos y medioambientales pueden ser bastante significativos. Los costos agrícolas derivan de la necesidad de subsidiar cultivos con costosos recursos externos puesto que los agroecosistemas, privados de los componentes funcionales reguladores básicos, pierden la capacidad de sostener su propia fertilidad del suelo y regulación de plagas y enfermedades. Frecuentemente estos costos también implican una reducción en la calidad de vida, a causa de la merma en la calidad del suelo, agua y alimentos como consecuencia de la contaminación por pesticidas, nitratos u otros (Altieri y Nicholls 2009).

2.5.5 Medición de la biodiversidad

La biodiversidad tiene varios componentes que se expresan a diferentes escalas, se debe de aceptar que la diversidad es una propiedad de los seres vivos, por tanto se facilita la medición de la biodiversidad si se aborda de manera jerárquica (genes, especies,

comunidades). Se han establecido diferentes índices para la medición de la biodiversidad como los índices de Shannon y Simpson; entre otros; para utilizar cualquiera de los índices se debe de establecer en dependencia de las características a evaluar en los sistemas estudiados (Badii *et al.* 2007).

Badii *et al.* (2007) plantea que al estudiar comunidades se pueden estudiar diferentes parámetros como:

Diversidad

Se refiere a la variabilidad de los individuos presentes en una comunidad puede describirse mediante el número de especies presentes y por la distribución de los individuos entre especies.

Riqueza de especies

Es el número de especies presentes en una comunidad.

Abundancia

Se refiere a la proporción que representan los individuos de una especie particular, con respecto al total de los individuos de la comunidad.

Dominancia

No todas las especies ejercen la misma influencia sobre la naturaleza de la comunidad aquellas dominantes ejercen un mayor control sobre la estructura de la comunidad.

2.5.6 Agrobiodiversidad en el suelo

En los sistemas productivos de las zonas marginales de los trópicos, se propone el concepto de agrobiodiversidad como un elemento fundamental que facilita el entendimiento y la evaluación de la calidad y resiliencia del suelo. Comprende las diferentes formas que las familias agricultoras usan la diversidad natural del medio ambiente para la satisfacción de sus necesidades, incluyendo la selección de los cultivos y animales, el manejo de la tierra, el agua y la biota como un todo. La práctica de la agrodiversidad genera suelos caracterizados por una alta biodiversidad definidos como suelos agrobiodiversos, al igual que la calidad del suelo, puede ser evaluada por medio de indicadores que reflejan aspectos relacionados con las prácticas de manejo y los procesos del suelo asociados a la descomposición de residuos, la dinámica del agua, los nutrientes y la sedimentación; por ejemplo, el número de especies de animales invertebrados y la cantidad de lombrices de tierra (CATIE 2011).

2.6 El Suelo

El suelo constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos. La importancia de conservar un suelo de buena calidad es particularmente patente en los sistemas agrícolas, donde la productividad va a depender, en buena medida, del estado de conservación del suelo (Saturnino *et al.* 2011).

2.6.1 La calidad del suelo

Se define como su capacidad o aptitud de soportar el crecimiento de los vegetales, sin que esto ocasione la degradación del suelo o un daño ambiental (Ramírez 2013). La calidad es dinámica y puede cambiar en corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar practicas sustentables en el tiempo; la evaluación de la calidad del suelo permite revertir el deterioro en dicha funcionalidad ecosistémica (Navarrete *et al.* 2011).

2.6.2 Indicadores de calidad del suelo: Concepto y funciones

Un indicador es una variable que resume o simplifica información relevante al hacer que un fenómeno o condición de interés sea perceptible; y que cuantifica, mide y comunica información, en forma comprensible; describen el estado del fenómeno objeto de estudio, pero con un significado que va más allá de aquel que está directamente asociado con un parámetro individual. Estos deben ser preferiblemente variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas o nominales, o de rango u ordinales, especialmente cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, o el atributo no es cuantificable, o cuando los costos para cuantificar son demasiado elevados. Las principales funciones de los indicadores son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones para evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana, y anticipar condiciones y tendencias futuras (Ramírez 2013).

Debido a que los procesos y las funciones del suelo en los ecosistemas son complejos, los equipos científicos concuerdan en que evaluar la calidad del suelo requiere la integración de varias clases de datos que incluyan las propiedades físicas, químicas y biológicas (CATIE 2011).

2.6.3 Evaluación de la calidad del suelo mediante el uso de indicadores

Para la medición de la calidad dinámica del suelo se utilizan indicadores, los cuales son representados por aquellas variables sensibles al deterioro o a la recuperación. Estos indicadores permiten expresar el estado actual del recurso suelo y su tendencia. Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores

confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la moderna ciencia del suelo (Ramírez 2013).

Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él, los indicadores deben permitir: analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; analizar los posibles impactos antes de una intervención; monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible (Reyes 2013).

2.6.3.1 Indicadores Químicos

Los indicadores químicos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son: disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico total, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable (Bautista *et al.* 2004).

2.6.3.2 Indicadores Físicos

La calidad del suelo puede ser descrita por algunos indicadores físicos como densidad aparente, infiltración, porosidad, estructura, características de los agregados, otros; que influyen sobre diversos fenómenos como: el transporte de agua, nutrientes y aire, así como en la estimulación de procesos realizados por los microorganismos e invertebrados del suelo. Adicionalmente regula la emergencia de las plántulas, la penetración de las raíces e influye en los procesos de erosión (Reyes 2013).

2.6.3.3 Indicadores Biológicos

La evaluación de las propiedades biológicas del suelo, se relaciona estrechamente con la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como el reciclaje de los nutrientes (Navarrete *et al.* 2011). En el suelo viven una serie de organismos; entre estos organismos vegetales y los animales o fauna edáfica que ejercen una función importante con respecto al ciclo de nutrientes. Estos organismos también afectan la evolución de los suelos participando de la mezcla de partículas orgánicas y minerales, en la formación de poros y agregados por materia fecal, por estas razones los organismos son considerados un factor formador del suelo (Reyes 2013).

2.7 Macrofauna de invertebrados del suelo

La macrofauna del suelo incluye a los invertebrados visibles a simple vista que viven, total o parcialmente, dentro del suelo o inmediatamente sobre él (Brown *et al.* 2001); está

compuesta por animales invertebrados que poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igual o mayor de 10 mm; por lo que son posibles de detectar a simple vista (Caicedo y Sánchez 2011). Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones micro climáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (Cabrera 2014).

Los invertebrados de suelo pueden ser considerados como indicadores de la calidad de suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes, plaguicidas, las quemas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Rendón *et al.* 2011).

2.7.1 Funciones de la macrofauna del suelo

Estos organismos son los responsables de la acumulación y descomposición de la materia orgánica de los suelos afectando a todas las transformaciones de dicha materia orgánica, los nutrientes, y de algunas de las fracciones minerales de los mismos como sales y arcillas. Así mismo realizan varias funciones como la de acelerar el proceso de transformación e incorporación de los residuos vegetales y animales al suelo, aumentando la superficie de contacto sobre la que actuaran los microorganismos (Caicedo y Sánchez 2011).

La fauna edáfica en los sistemas agrícolas está relacionada con el tipo, edad, diversidad estructura y manejo del cultivo (Rendón *et al* 2011).

2.7.2 Importancia de la macrofauna del suelo

La importancia de los macroinvertebrados del suelo que habitan los distintos agroecosistemas, radica en la gran variedad de servicios ecosistémicos que ofrecen a través de sus actividades; interviniendo en procesos como el control natural, el reciclaje de nutrientes, la descomposición y transporte de materia orgánica, la estructura del suelo, entre otros (Altieri y Nicholls 2009).

De esta manera, el tipo y la abundancia de macroinvertebrados del suelo presentes en los agroecosistemas, se encuentra ligado a las condiciones edafoclimáticas que a su vez están determinadas por los niveles de precipitación, temperatura, cobertura vegetal, y el tipo de agroecosistemas (mono o policultivo) y su manejo (enmiendas químicas u orgánicas) (Arana 2014).

2.7.3 Grupos funcionales de la macrofauna del suelo

A partir de su función e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los depredadores, y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo se pueden señalar al grupo que contribuye a la formación de estructuras físicas de suelo (Cabrera 2014).

2.7.3.1 El grupo funcional de detritívoros

Vive en la hojarasca, en la superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca. La fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), jugando los detritívoros un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Cabrera 2014).

2.7.3.2 El grupo funcional de herbívoros y depredadores

Viven tanto en el interior como en la superficie del suelo. Los primeros se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo; mientras los depredadores consumen diversos invertebrados, por lo que modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre estas y los recursos disponibles del ecosistema (Cabrera 2014).

2.7.3.3 El grupo que contribuye a la producción de estructuras físicas del suelo

Constituyen una clasificación relacionada con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico, estos organismos, existen mayormente en el interior del suelo y son responsables de la formación de poros, oxigenación e infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen. También posibilitan la transformación de la materia orgánica por su interacción con algunos microorganismos. Influyen en el proceso de agregación y formación de la estructura del suelo, gracias al aporte de sus heces fecales, que son el producto de la mezcla en sus intestinos de material mineral (arena y arcilla) y orgánico del suelo, constituyendo reservorios de nutrientes (Cabrera 2014).

2.7.4 Características morfológicas y funcionales de los principales taxonómicos de los macroinvertebrados edáficos

2.7.4.1 Lombrices

Las lombrices de tierra pertenecen al filo de los Anélidos, clase Oligoqueta, familia lumbricidae. Las lombrices acostumbran vivir en donde la tierra es fresca y húmeda, es por

eso que hay temporadas en el año donde las lombrices se duplican y unas en las que disminuyen, principalmente en temporadas secas (Burges y Raw 1971).

Las lombrices de tierra son los organismos más importantes del suelo, especialmente en ecosistemas productivos, debido a su influencia en la descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y el ciclo de nutrientes (Ríos 2014).

Las lombrices de tierra promueven la actividad de los microorganismos mediante la fragmentación de la materia orgánica y el aumento del área accesible a los hongos y las bacterias. Además, estimulan el crecimiento extensivo de las raíces en el subsuelo debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno en los túneles (hasta cuatro veces más que el nitrógeno total en la capa superior del suelo) y a la fácil penetración de las raíces por los canales existentes (FAO 2010).

El efecto de las lombrices sobre la estructura del suelo resulta de la acción neta de su alimentación y la actividad de las madrigueras. Ellas ingieren partículas del suelo y materia orgánica, la mezcla de los desechos de estas dos fracciones constituyen las excretas o lo que se llama coprolitos. Una vez expulsado el suelo en forma de coprolitos puede ser erosionado debido al impacto de la lluvia o puede formar agregados sólidos estables a través de una variedad de mecanismos de estabilización. Las lombrices generalmente promueven la aireación y porosidad a través de la formación de madrigueras y al incrementar la proporción de grandes agregados en el suelo, y sus efectos son especialmente importantes en suelos con estructura pobre. Al aumentar la tasa de infiltración de agua, las lombrices pueden reducir la pérdida de suelo (Ríos 2014).

2.7.4.2 Ácaros

Los ácaros pertenecen a la clase Arachnida, sub clase Acari. Pueden medir desde unas cuantas micras hasta varios milímetros de largo. Comprenden una gran diversidad de grupos que se clasifican por sus hábitos alimenticios, por su hábitat o por sus relaciones tróficas o de comportamiento (Caicedo y Sánchez 2011).

Los ácaros presentan un cuerpo ovalado o redondeado, con cuatro pares de patas articuladas; su cuerpo puede presentar diferentes patrones de coloración y una gran diversidad de sedas o pelos modificados. Los ácaros ocupan prácticamente todos los ambientes, en el suelo según su forma alimentación, Iraola (2001) los clasifica de la siguiente manera:

Depredadores

Viven en la superficie exterior del suelo o en musgos, humus y excrementos de los animales. Se alimentan sobre todo de otros pequeños artrópodos y nematodos. Normalmente tienen patas largas, escudo dorsal bien desarrollado y son de movimientos rápidos.

Ácaros fitófagos

Son subterráneos, se alimentan de raíces o bulbos, perforando las células y absorbiendo el contenido, o triturando el tejido con los quelíceros. Se trata de ácaros poco esclerotizados, de patas cortas y movimientos lentos.

Ácaros saprófagos

Desempeñan un papel importantísimo en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de los nutrientes. Existen tres categorías de ácaros saprófagos que cubren la mayor parte de la materia orgánica:

1. Los macrofitófagos que se alimentan de materia vegetal muerta y madera.
2. Los microfitófagos lo hacen de hongos, bacterias y algas.
3. Los panfitófagos que no muestran una especialización clara.

2.7.4.3 Arañas y pseudoescorpiones

Las arañas constituyen uno de los grupos de artrópodos terrestres más comunes, pertenecen al orden Araneae tienen el cuerpo dividido en dos regiones: el cefalotórax y el abdomen. En la región del cefalotórax se ubican de dos a cuatro pares de ojos, un par de quelíceros, un par de pedipalpos, usadas para capturar y dar muerte a sus presas y cuatro pares de patas. El abdomen es liso, no segmentado y generalmente de forma globosa (Chiri 1989).

Los pseudoescorpiones son arácnidos terrestres de pequeño tamaño (1-7 mm). Son parecidos a escorpiones pero carecen de la glándula venenosa. Se los suele encontrar agrupados o aislados, bajo la corteza de troncos, ramas, hojarasca, bajo piedras, sobre musgos y en el suelo. Debido a su pequeño tamaño y sus hábitos ocultos nos son fáciles de observar (Lagos 2014).

Las arañas y pseudoescorpiones son depredadores y las principales presas son los insectos, tales como las larvas de moscas, escarabajos adultos y en estado larval, polillas pequeñas, así como cochinillas y termitas. Habitan la hojarasca y las grietas de la superficie del suelo, bajo piedras, cortezas de troncos; y pueden vivir en los nidos de termitas y

hormigas, sobre todo los falsos escorpiones. Las arañas producen seda, llamada telaraña y algunas la usan para cazar a sus presas, otras arañas son cazadoras activas. Las arañas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponibles en el ecosistema (Cabrera 2014).

2.7.4.4 Caracoles

Los caracoles son del phylum Mollusca, poseen una concha externa dura que está compuesta de carbonato de calcio, presentan una cabeza diferenciada, con tentáculos en cuyos extremos se encuentran los ojos, y un pie que es musculoso aplanado y retráctil que les sirve para adherirse a las plantas, para cavar en el suelo que les sirve para la locomoción. Pueden ser encontrados en casi todas partes, pero en general prefieren ambientes que ofrezcan refugio, humedad y gran abundancia de alimento; son detritívoros pues solo se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal. Algunos son carnívoros, actuando como depredadores sobre otros invertebrados del suelo (Berg 2000).

2.7.4.5 Chilopoda

Los ciempiés o Chilopoda son artrópodos terrestres pertenecientes al subphylum Myriapoda; Se caracterizan por poseer un cuerpo comprimido dorsoventralmente, que mide en promedio entre uno a diez cm, y que se divide en cabeza, tronco multisegmentado y un segmento terminal. Cada segmento del tronco tiene un par de patas que se extienden lateralmente. El último par de patas está generalmente modificado; su función puede ser locomotora, sensorial o para sujetar. La cabeza posee un par de antenas casi siempre alargadas. Los ciempiés, son depredadores generalistas, mantienen limitadas las poblaciones de muchos otros artrópodos epigeos, algunos de los cuales tienen el potencial de convertirse en plagas para el hombre o de afectar a otras especies (Curpul y Bueno 2015).

2.7.4.6 Chinchas

Los caracteres que distinguen a este grupo son la forma de la boca y la posición de las alas cuando se encuentran en reposo. Se caracterizan por poseer un aparato bucal chupador, con forma de tubo succionador que se extiende por debajo del cuerpo. Las chinchas presentan el primer par de alas divididas en una mitad anterior o basal, dura y una mitad posterior o distal, membranosa. El segundo par es totalmente membranoso y ambos pares de alas quedan planos con respecto al área del abdomen, cuando se cierran. Todos los integrantes del orden Hemiptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues atacan raíces u hojas. Se pueden encontrar en la hojarasca, dentro del suelo, debajo

de la corteza de árboles caídos y en todo tipo de ecosistemas naturales o antropizados. Sus poblaciones son susceptibles a la aplicación de plaguicidas (Cabrera 2014).

2.7.4.7 Colémbolos

Los colémbolos constituyen un Orden de artrópodos que reciben su nombre de un apéndice retráctil (fúrcula o furca) con el cual pueden propulsarse muchas veces el largo de su cuerpo, que no suele superar los 5 mm. Sobre la cabeza se alzan dos antenas segmentadas, el aparato bucal es de tipo masticador en la mayoría de los casos, la cabeza tiene una especie de canal que sigue por el tórax hasta alcanzar el primer extremo abdominal, en el tórax existe un par de patas por cada segmento. El abdomen presenta seis segmentos. Los colémbolos contribuyen a la formación del suelo ya que extraen materiales y en su proceso de digestión los transforman en materiales disponibles para el suelo (Burges y Raw 1971).

2.7.4.8 Diplópodos

Su cuerpo está conformado por la cabeza y el tronco compuesto de un número variable de segmentos. En particular, el cuerpo de los diplópodos, en una vista transversal, es circular, dorsalmente plano, en forma de una cúpula con el vientre plano o completamente plano. Poseen dos pares de patas en cada uno de los diplo segmentos de los que se compone el tronco del cuerpo. La gran mayoría de las especies de diplópodos viven en el suelo y tienen la facilidad de excavar. Por ello, la influencia de estos organismos en el suelo es de tipo física y química, puesto que al perforar el suelo rompen los niveles superiores y alteran la naturaleza física del mismo, incrementan la porosidad, la capacidad de retención de agua e influyen en los procesos de transporte de nutrientes. Son organismos fragmentadores y consumidores de materia vegetal en descomposición, la cual modifican mediante la digestión. Posteriormente, con la deposición de sus heces liberan componentes nitrogenados, estimulando la acción de las bacterias responsables de hasta 90% del trabajo químico durante los procesos de descomposición del material vegetal. Es indudable la importancia de estos organismos en los distintos ecosistemas donde habitan, por lo que actualmente son considerados como ingenieros del ecosistema junto con hormigas, coleópteros, termitas y lombrices de tierra (Carpul y Bueno 2015).

2.7.4.9 Escarabajos

Se caracterizan por tener el primer par de alas muy endurecido que forma un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen. Su forma varía de acuerdo con su sexo y el grupo al cual pertenecen. En general el cuerpo tiene tres regiones: la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza es pequeña y tiene un par de

mandíbulas y un par de maxilas como apéndices masticadores que le sirven para comer. Un par de antenas, y un par de ojos compuestos (Martínez 2011).

Los coleópteros tienen una gran importancia ecológica como degradadores de los restos orgánicos en varios tipos de ambientes son consumidores de follajes y flores y a su vez sirven de alimento a muchos vertebrados e invertebrados (Caicedo y Sánchez 2011).

Entre las familias de escarabajos más comunes en el suelo se pueden mencionar a: Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae. Generalmente Elateridae y Scarabaeidae comúnmente se encuentran en forma larval. Estas familias tienen caracteres externos bien definidos que posibilitan su diferenciación (Cabrera 2014).

Los Staphylinidae adultos son de cuerpos estrechos alargado; de élitros muy cortos, de colores brillantes; poseen mandíbulas desarrolladas y son muy buenos corredores y voladores. Algunos son depredadores y otros se alimentan de materiales orgánicos en descomposición, generalmente se encuentran en el suelo tanto de áreas boscosas, como de cultivos malezas y potreros (Gutiérrez y Villegas 2009).

En el caso de Staphylinidae tiene especies herbívoras, detritívoras y también depredadoras de otros insectos y de microartrópodos como los ácaros. Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae pueden ser halladas en la superficie o en el interior del suelo. Algunas de estas familias son muy sensibles a cambios en las prácticas agrícolas que afectan los recursos disponibles, ya sea por la aplicación de fertilizantes, plaguicidas o laboreo intenso (Cabrera 2014).

2.7.4.10 Hormigas

Las hormigas pertenecen a la familia Formicidae. Viven en sociedad, habitan el suelo o bajo piedras, en ramas secas o en cualquier estructura hueca que les ofrezca el ambiente para formar sus nidos, donde conviven y laboran en grupos familiares, por lo que son llamados insectos sociales. Por lo regular en un nido de hormigas se pueden observar las diferentes etapas de su desarrollo: huevos, larvas, pupas y adultos. La importancia de las hormigas en el ecosistema, se debe a su aporte en el detrimento o beneficio de diferentes organismos, en la remoción de diferentes sustratos y en la acumulación de nutrientes en ciertos puntos del ambiente, que propicia el crecimiento de determinadas especies de plantas. En forma natural las hormigas se alimentan de un sinnúmero de recursos, con ellos participan de manera muy activa en el flujo de nutrientes. Existen especies que solo

consumen un tipo de alimentos, de insectos muy diminutos que viven en la hojarasca, otros grupos son depredadores que regulan la población de sus presas (Caicedo y Sánchez 2011).

2.7.4.11 Isópodos

Los isópodos oniscoideos son de particular interés ya que son representantes terrestres comunes de una clase de organismos predominantemente marinos o dulciacuícolas. Pero hay isópodos terrestres que conservan muchas características primitivas del grupo, no poseen una cutícula permeable lo que les incapacita para resistir la desecación. En consecuencia se encuentran en los hábitats húmedos. Se alimentan principalmente de materia orgánica muerta o en estado de putrefacción como desperdicios de hojas podridas. Pueden desempeñar un papel significativo en la descomposición de los desperdicios en el bosque (Burges y Raw 1971).

2.7.4.12 Mariposas

En el suelo a veces se pueden encontrar en estado adulto a las polillas, que al contrario de las mariposas no tienen colores vistosos y su actividad es fundamentalmente nocturna. También es muy común encontrar orugas, que constituyen la fase larval de los lepidópteros. Las mariposas y polillas son distintivas por la presencia de escamas en todo el cuerpo, y por tener boca en forma de trompa enrollada que permite chupar el néctar de las flores. Las orugas, por su parte, tienen forma de gusano, a veces envueltas en una seda, con la cabeza y los tres pares de patas diferenciados, y con unas estructuras proyectadas o abultadas hacia el final del cuerpo, consideradas falsas patas. Las orugas son fáciles de encontrar en profundas cámaras o galerías, en pastizales y otros sistemas; además, tienen hábitos herbívoros pues se alimentan de las hojas de las plantas (Cabrera 2014).

2.7.4.13 Moscas y mosquitos

Es común encontrar en el suelo tanto larvas como adultos. Los adultos tienen aparato bucal chupador, en forma de trompa bilobulada al final. Es peculiar en el grupo la presencia de solo un par de alas para el vuelo; el segundo par está reducido a manera de raqueta, que ayuda en el equilibrio. Las larvas de moscas tienden a confundirse con las larvas de escarabajos, aunque son más finas y no se les distingue claramente ni la cabeza ni las patas. La mayoría de las larvas de dípteros que habitan en el suelo son detritívoras, aunque algunas son depredadoras. Las especies detritívoras están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos, y su abundancia disminuye en suelos con bajo contenido orgánico (Cabrera 2014).

2.7.4.14 Symphyla

Son pequeñas, miriápodos crípticos sin ojos y sin pigmento. El cuerpo es suave y de 2 a 10 milímetros de largo, dividido en dos regiones del cuerpo: la cabeza y el tronco. La cabeza tiene antenas segmentadas, un órgano postantennal y tres pares de piezas bucales, el tronco cuenta con 15 a 24 segmentos, que están protegidos por la superposición de placas dorsales. Diez o doce segmentos que tienen patas. Los symphyla realizan migraciones verticales estacionales en el suelo en respuesta a los cambios de humedad y temperatura del suelo y a los ciclos alimenticios, de muda y puesta de huevos. Son principalmente herbívoros y detritívoros que viven profundamente en el suelo, debajo de las piedras, la madera en descomposición, y en otros lugares húmedos donde se alimentan de los pelos radiculares y raicillas. Una especie de Symphyla ha demostrado ser predominantemente depredadora, y algunas especies son saprófagas (Burges y Raw 1971).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El estudio se realizó en parcelas pertenecientes a la cooperativa ACOPO de R.L dedicadas al cultivo de hortalizas con un sistema agroecológico, parcelas con cultivo manejado de forma convencional y parcelas de bosque compuesto de pino, aledañas a las zonas de estudio, las cuales se encuentran geográficamente en el Cantón Los Planes, La Palma, Chalatenango, El Salvador; el cual se localiza a una altura de 1880 m.s.n.m, y en la latitud 14° 23' 30" N y longitud 89° 06' 00" oeste; con temperatura promedio de 15.8°C y humedad relativa promedio de 81%, con una precipitación acumulada de 1,900 mm anuales (MARN 2014).

El gran grupo de los suelos en la zona de estudio son: latosoles arcillo ácidos. Son profundos, antiguos y de mayor acidez, por lo que presentan menor contenido de nutrientes y de fertilidad moderada requiriendo una fertilización intensiva, las texturas de los suelos superficiales son franco arcilloso y el sub suelo de arcilloso a arcillo-limoso (MAG 2005). Con una profundidad efectiva de 20-30 cm.

El proceso de investigación se desarrolló en cuatro fases, estas son:

3.2 Fase preliminar

3.2.1 Reunión con los representantes de la cooperativa

Se realizó una reunión en la cooperativa ACOPO de R.L, con el presidente y un colaborador, para conocer las expectativas de la cooperativa y el planteamiento de la investigación a realizar.

3.2.2 Reconocimiento de parcelas

Se realizó una visita durante el mes de enero de 2015, para conocer las parcelas y hacer la delimitación de las áreas de estudio. Los cultivos que se estudiaron fueron: lechuga (*Lactuca sativa*) y cebollín (*Allium schoenoprasum*) en parcelas agroecológicas, y repollo (*Brassica oleracea* var. Capitata) en parcela convencional.

3.2.3 Diagnóstico de Fincas

3.2.3.1 Instrumento de diagnóstico de las fincas

Se realizó aplicando la Guía Metodológica descrita en el manual técnico agroecológico, parte I, publicado por el Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua (MAONIC) (Salmerón y Salazar 2014).(A-1). Esta guía de trabajo

de campo evaluaron cuatro criterios: Agro tecnológico, económico, socio- político-cultural y medioambiente- recursos naturales. Junto con los productores y su grupo familiar se hizo una entrevista para completar la encuesta.

3.2.3.2 Instrumento de biodiversidad

Se utilizó para el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejo de los elementos de la biodiversidad, la metodología propuesta por Vásquez 2013 (A-2), la cual se mide en una escala de uno a cuatro , y comprende: diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr), manejo y conservación del suelo (MCS), manejo y conservación del agua (MCA), manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr), manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) y la biodiversidad asociada (EBAs). Los resultados de cada uno de estos componentes permiten determinar el coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB), mediante la sumatoria de los promedios obtenidos, divididos ente el número de variables.

El diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr), incluye los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza. Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente: $DMBPr = [2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18]/23$.

El Manejo y conservación del suelo (MCS) considera los manejos específicos que se realizan en el suelo, que contribuye a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo. Se emplea la expresión siguiente: $MCS = [2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7]/9$.

El Manejo y conservación del agua (MCA). El agua, además de ser un recurso natural que requiere ser utilizado óptimamente, tiene una gran influencia en el manejo y conservación de la biodiversidad. Se emplea la expresión siguiente: $MCA = [A1 + A2 + 2A3 + 2A4 + A5]/7$.

Finalmente se clasifico el sistema respecto al nivel de complejidad alcanzado por los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad. Los valores de estos coeficientes y su significado se ilustran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación del nivel de complejidad de la biodiversidad.

CMB	Grado de complejidad de la biodiversidad
0.1 – 1.0	Simplificado (s)
1.1 – 2.0	Poco complejo (pc)
2.1 – 3.0	Medianamente complejo (mc)
3.1 - 3.5	Complejo (c)
3.6 – 4.0	Altamente complejo (ac)

3.3 Fase de campo

3.3.1 Diagnóstico de las fincas

Para los diagnósticos se llenaron los formularios con la información proporcionada por los productores de las tres fincas convencionales y tres fincas agroecológicas en las tres parcelas del bosque solo se realizó una pequeña descripción de algunos aspectos que se observaron de este diagnóstico en las diferentes giras de campo.

3.3.2 Determinación de la complejidad del sistema

Consistió en llenar la encuesta para el análisis la metodología recomendada por Vásquez (2013). Esta información se recolectó durante las diferentes visitas de campo; en las tres parcelas convencionales y tres parcelas agroecológicas, en las parcelas de bosque no se determinó la complejidad ya que la metodología es aplicable a sistemas agroecológicos y convencionales, la información fue procesada en una hoja de cálculo de Excel para la determinación de biodiversidad.

3.3.3 Delimitación de las parcelas

En las tres parcelas hortícolas agroecológica, convencional y bosque, se delimitó un área 6 x17 m, haciendo un área total de 102 m².

Para la selección de los sitios de muestreo y la obtención de información de los mismos, se tomaron en cuenta que los terrenos tuvieran una pendiente y vegetación similar.

3.3.4 Determinación de la pendiente

Para estimar el porcentaje de la pendiente, se utilizó una cinta métrica y con los datos recolectados se procedió a calcular la pendiente en porcentaje (Figura 1).



Figura 1. Estimación de la pendiente en las parcelas

3.3.5 Georreferenciación de las parcelas

Cada parcela fue georreferenciada con GPS (Cuadro 2), para elaborar el mapa de ubicación de cada una de las parcelas (Figura 2).

Cuadro 2. Información geográfica de los puntos de muestreo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

Sistema	X	Y	Altitud (m.s.n.m)
Agroecológico 1	14.32057	-89.09585	2,032
Agroecológico 2	14.31869	-89.09070	1,892
Agroecológico 3	14.31588	-89.09130	1,907
Convencional 1	14.31840	-89.09137	1,909
Convencional 2	14.31915	-89.09161	1,917
Convencional 3	14.31930	-89.09174	1,915
Bosque 1	14.32019	-89.09634	2,005
Bosque 2	14.31917	-89.09574	2,010
Bosque 3	14.32056	-89.09661	2,005

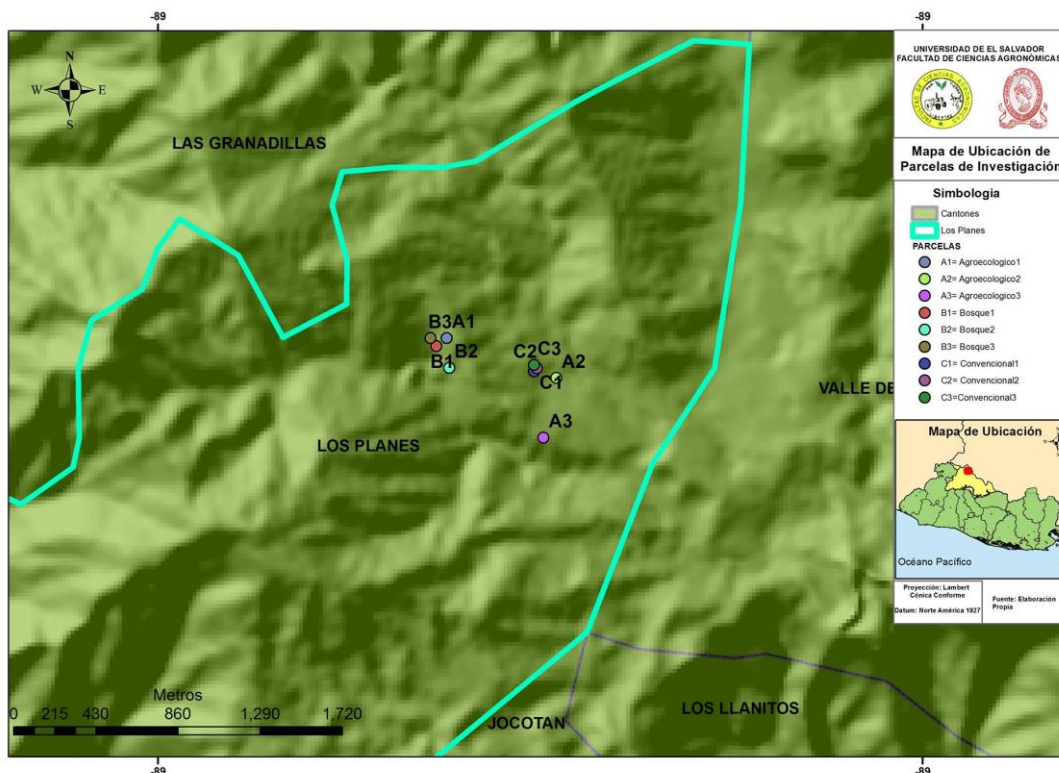


Figura 2. Ubicación geográfica de las unidades de muestreo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

3.3.6 Toma de muestras de suelo para fertilidad

Se recolectó una muestra por cada una de las tres parcelas agroecológicas y tres convencionales, las cuales se trasladaron al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES; para determinar: cantidad de materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, cobre, calcio, magnesio y zinc. En el caso de las parcelas de bosque no se muestreo, porque se utilizaran solo como referencia en la comparación de macroinvertebrados edáficos.

3.3.7 Recolección de muestras de abonos orgánicos

El abono se recolectó en la cooperativa ACOPO de R.L, que es el lugar donde se fabrica, porque ahí se abastecen los productores del lugar. Se colectaron cinco sub muestras de media libra de abono tipo bocashi y se colocaron en una cubeta plástica, se mezclaron homogéneamente para la obtención de muestra final de una libra y media. Después se trasladado al laboratorio de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES; para realizarle los análisis de materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, cobre, calcio, magnesio y zinc.

3.3.8 Determinación de la Densidad del suelo

El método que se utilizó para la medición de la densidad del suelo es el del cilindro con volumen conocido, realizando la prueba con un tubo de PVC de 5 cm de diámetro con una altura de 10 cm. Se limpió la superficie del suelo, se colocó el cilindro en el suelo y sobre él se colocó una tabla de madera, que se golpeó suavemente con un martillo hasta que se consiguió que el cilindro penetrara en el suelo completamente (Figura 3).

Con una pala se excavo alrededor del cilindro, y se retiró el suelo sin perturbarlo; se trasladó al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES; donde se tomó el peso húmedo de la muestra y luego se colocó en una estufa a 105°C, por 24 horas.



Figura 3. Proceso de extracción de muestra para determinación de la densidad.

3.3.9 Medición de la infiltración del suelo

El método que se utilizó para la medición de la infiltración fue con un cilindro, de tubo de PVC de 16.5 cm de diámetro con una altura de 15 cm, se limpió la superficie del suelo, se colocó el cilindro en el suelo y sobre él se colocó una tabla de madera, que se golpeó suavemente con un martillo hasta que el cilindro penetrara unos tres centímetros en el suelo, se cubrió con plástico el cilindro y se colocó agua adentro (Figura 4), se anotó el nivel hasta del agua después se quitó el plástico y se anotó cuánta agua se ha infiltrado después de realizar cinco lecturas con intervalos de un minuto, luego se aumentó los intervalos a 5, 10 ,15, 30 y 45 minutos; para mantener un nivel de agua constante se llenó el cilindro hasta tres veces.

Después los datos se procesaron para la estimación de la infiltración en cm/ hora.



Figura 4. Preparación de la prueba de infiltración.

3.3.10 Medición de la actividad microbológica del suelo

Para la evaluación se recolecto 20 gr suelo de cada una de las parcelas que se trasladó al Laboratorio de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UES, donde se tomaron 5 g de suelo, que se colocó en un recipiente y se le agrego 5 ml de agua oxigenada de 12 volúmenes (Figura 5); al observar el efecto de la reacción se clasifico en una escala de 1 al 5.

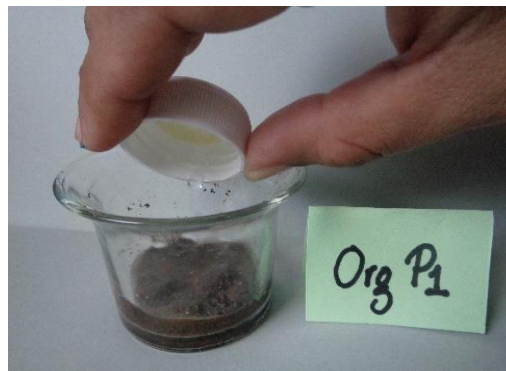


Figura 5. Adición de agua oxigenada a la muestra de suelo.

3.3.11 Toma de muestras de macroinvertebrados

Para efectos de estudiar los macroinvertebrados edáficos, se seleccionaron tres parcelas con manejo agroecológico, tres con manejo convencional (con uso de agroquímicos), y tres en un bosque de la zona (compuesto de pino). La recolección de muestras de macroinvertebrados se hizo utilizando como base el método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) (Moreira *et al.* 2012), realizando agujeros de 25 cm de ancho X 25 cm de largo x 15 cm de profundidad, (Figura 6) teniendo un volumen total 0.009375 m³, equivalente a 9.375 litros de suelo extraído en cada una de las tres sub muestras de cada parcela, el muestreo se realizó distribuyendo la toma de muestras en “V” tratando que la distancia entre los sitios de muestreo fuese de 4 metros como mínimo, el suelo extraído se colocó en bandejas plásticas, para la separación de todos los macroinvertebrados edáficos presentes en las muestras; esto se hizo en el lugar de muestreo (Figura 7). Se utilizó

alcohol etílico al 70% como medio preservante de especímenes, recolectados; para las lombrices se utilizó formalina al 5% como medio de preservante.



Figura 6. Delimitación y excavación para muestreo de macroinvertebrados edáficos.



Figura 7. Extracción de macroinvertebrados edáficos en campo.

3.4 Fase de laboratorio

3.4.1 Reconocimiento taxonómico de organismos

La identificación taxonómica de los macroinvertebrados edáficos se realizó a nivel de órdenes y familias por comparación de características morfológicas de importancia, mediante el uso de claves y descripciones taxonómicas (Borror *et al.* 1989) (Costa y Ide 2000). Para la manipulación de los especímenes se emplearon pinzas entomológicas de punta fina y pinceles, y para la observación de características morfológicas se emplearon microscopio estereoscopio (Figura 8).



Figura 8. Identificación taxonómica, utilizando estereoscopio.

3.5 Análisis de datos

3.5.1 Análisis estadístico

Se midieron la diversidad alfa y beta de las comunidades de macroinvertebrados edáficos.

3.5.1.1 Diversidad Alfa

Para el análisis de la diversidad alfa (Jost 2006), se sugiere el uso de los valores de la Entropía de Renyi para diferentes órdenes, de acuerdo con su sensibilidad a las especies raras y comunes. Mediante el uso de entropías de Renyi para diversos órdenes se forma el perfil de Renyi (Kindt y Coe 2005) en el que se pueden resumir los aspectos más importantes de la diversidad alfa: la riqueza de especies, la equidad de la distribución y la dominancia.

$$H_q(p) = \frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^n p_i^q$$

Donde q = orden de diversidad (0 a infinito); p_i = frecuencia de la especie i .

Partiendo de los datos de abundancia de las especies recolectadas se calcularon los perfiles de Renyi para cada una de las submuestras. Los Perfiles de Renyi se calcularon utilizando el paquete BiodiversityR para Rcommander en el programa R 3.1.2 (R Core Team 2015)

Se utilizaron los valores de entropía de Renyi para los diferentes órdenes de α (0, 1, 2 e infinito) luego se estimaron los siguientes índices siguiendo lo propuesto por Jost (2006):

- Riqueza de especies: Exponencial de la entropía de Renyi, el orden es igual a 0. Esto como una medida clara del número de especies encontrado en cada sitio.
- Número efectivo de especies en diversidad de orden 1: Exponencial de la entropía de Renyi en $\alpha = 1$, equivalente al exponencial del índice de Shannon. Esta transformación muestra el “Número Efectivo de especies”, indica el número de especies igualmente abundantes que son necesarias para lograr el valor del índice de Shannon (Jost, 2006). Este índice tiene la ventaja de no presentar sesgo por la abundancia de las especies, incluyendo las especies consideradas raras.
- Número efectivo de especies en diversidad de orden 2: Exponencial de la entropía de Renyi en $\alpha = 2$, equivalente al inverso del índice de concentración de Simpson. Este índice da más peso a las especies más abundantes y por lo tanto la idea de la equidad de la comunidad en cuestión (Jost, 2006).

- Proporción de dominancia de la especie más abundante: Exponencial del inverso de la entropía de Renyi cuando α tiende al infinito. Con esta proporción se conoce cuanto de la diversidad de la comunidad es debido a la especie más abundante que se encontró, varía de 0 – 1.

El uso de los perfiles de Renyi, sobre una medida individual de diversidad, brinda mayor información acerca de la comunidad biológica en estudio. Por otra parte, la comparación entre dos comunidades es más fácil al observar las curvas. La interpretación del perfil de Renyi incorpora los siguientes aspectos:

- La forma de perfil es un indicativo de su equidad, un perfil horizontal indica que todas las especies son equitativas en cuanto a abundancia. Entre menos horizontal sea un perfil, las especies están distribuidas con menor equidad.
- El punto de inicio en el lado izquierdo del perfil, indica la riqueza de especies. Los perfiles que inician más alto, tienen una mayor riqueza.
- Si el perfil de un sitio se encuentra en algún lugar sobre el perfil de otro, significa que este sitio o condición es más diverso que el otro.

La comparación de los resultados obtenidos en las parcelas dentro de una finca, se compararon entre sí para tener una idea de las diferencias en cuanto a las comunidades de artrópodos de suelo. Por otra parte, la comparación entre diferentes fincas, permitió determinar como la complejidad del sistema de producción impacta en las características de la comunidad de artrópodos del suelo.

3.5.1.2 Diversidad Beta

La diversidad beta determina la distancia ecológica entre dos sitios (fincas) o dos parcelas dentro de una misma finca. Esta distancia se mide entre dos comunidades a través de la abundancia de los grupos taxonómicos presentes. Se utilizó la medida de distancia de Bray-Curtis (Kindt y Coe 2005) que adquiere valores de cero, si los sitios son completamente diferentes en cuanto a su composición taxonómica, y uno si los sitios son completamente similares. La distancia de Bray-Curtis para cada par de parcelas o fincas se calculó con la siguiente fórmula:

$$Bray - Curtis = D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, c_i)}{\sum_{i=1}^S (a_i + c_i)}$$

Donde:

$\min(a_i, c_i)$ = la abundancia mínima de la especie “i” entre las comunidades “a” y “c”.

$(a_i + c_i)$ = la suma de las abundancias de la especie “i” en las comunidades “a” y “c”.

3.5.2 Análisis económico

3.5.2.1 Costos de producción e ingresos

Utilizando los datos económicos brindados por los productores se calculó para cada tratamiento en un área de 25 m² (área por mesa de cultivo), los costos de producción total, el ingreso total e ingreso neto.

3.5.2.2 Relación beneficio/costo

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos en estudio se realizó el análisis de beneficio/ costo, por área de 25 m² (área por mesa de cultivo).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aspectos generales de la cooperativa

4.1.1 Antecedentes

La cooperativa ACOPO de R.L. fue creada el 28 de agosto de 1995, a iniciativa de cinco productores que fueron los pioneros en iniciar el proceso de agricultura orgánica en 1994. Ellos fueron: Saúl Romero, Enrique Landaverde, Adelmo Arreaga, Pedro Arreaga y Domingo García; quienes fueron incentivados a producir cultivos orgánicos por CLUSA (Liga de Cooperativas de Estados Unidos en América Central), por medio del proyecto de diversificación y producción de hortalizas orgánicas, el cual comenzó a planificarse en 1994 y concluyó dos años más tarde.

En el año 2000 aproximadamente se iniciaron gestiones para introducir a los supermercados los productos; a partir de ese momento la cooperativa ha mantenido la distribución a supermercados, hoteles y restaurantes; la cooperativa con el paso de los años ha mejorado su producción, su distribución e incluso la presentación de los productos.

4.2 Diagnósticos

4.2.1 Diagnóstico de la finca agroecológica

A continuación se describen los resultados de los criterios de diagnósticos aplicados en la cooperativa ACOPO de R.L.

4.2.1.1. Criterio agro tecnológico

Cultivos principales:

Los cultivos principales que se desarrollan en la cooperativa son el cebollín (*Allium schoenoprasum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacea oleracea*), brócoli (*Brassica oleracea itálica*) y rábano (*Raphanus sativus*) en una área total cultivada de tres mz (2.11 Ha).

Diseño del terreno:

Las parcelas tienen un diseño en terrazas de banco (llamadas mesas por el productor) en la que se implementa la rotación de los cultivos, que para efectos de su manejo se toma en cuenta factores del suelo, plagas, hierbas espontaneas y enfermedades.

Desarrollo de actividades agronómicas:

Los productores para la realización de las actividades agronómicas utilizan implementos agrícolas manuales como azadón, pala y cuna, con las cuales realizan sus labores en la preparación de suelo y en el manejo de los cultivos; también realizan la práctica de la labranza manual en lo ancho de las terrazas, la incorporación de abonos orgánicos y la limpieza manual de sus cultivos, que representan algunas de las actividades apropiadas para el manejo adecuado y favorables para el ambiente.

Cambio de técnicas agrícolas:

No se realiza selección de semilla, porque los materiales genéticos de los cultivos se importan a través de la cooperativa y tampoco realizan intercambios de semilla, sin embargo intercambian algunas experiencias con otros productores de la zona. Es deseable que en la zona se produzcan las semillas ya que las condiciones edafoclimáticas son favorables para que a futuro se realice esa actividad, ya que en los sistemas agroecológicos se busca reducir la dependencia de factores externos.

Rendimientos:

Los rendimientos que se obtienen por mesa de cultivo de 20 m² (2x10 m), son: cebollín (*Allium schoenoprasum*) 25 manojos de 4 onzas en un periodo de tres meses, espinaca (*Spinacea oleracea*) 300 libras en un periodo de tres meses, brócoli (*Brassica oleracea itálica*) 250 unidades en dos meses, cilantro (*Coriandrum sativum*) 25 manojos por mes y lechuga (*Lactuca sativa*) 150 unidades en un mes y medio y rábano (*Raphanus sativus*) 105 libras en tres semanas.

Perdidas en cosechas:

Las pérdidas de las cosechas que se dan por dos situaciones importantes que son: en época lluviosa se registran promedios anuales de 1,900 mm precipitación y además los suelos que son de textura arcillo retienen mucha humedad produciendo pudriciones en la raíces de los cultivos, por lo que los productores deciden reducir el área cultivada.

Sistema de riego:

En época seca se implementa riego por aspersión, sin embargo no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos, debido al uso de agua por otros productores de la zona que utilizan la misma fuente de agua. Para la implementación del sistema de riego se utilizan fuentes naturales de agua provenientes de un nacimiento del lugar, que se encuentra aproximadamente a 200 m, el cual se lleva a la parcela a través de tubos de poliducto y se hace el riego con aspersores con un caudal de 8 L/min, en un intervalo de

tres veces a la semana; el sistema de drenaje es a través de las cunetas que forman los taludes de las terrazas y con las mesas de las terrazas de banco que están trazadas de tal forma que no hay acumulación del exceso de agua. Se debe de mantener protegidas las áreas de abastecimiento de la zona, mediante acuerdos locales para hacer un uso apropiado del agua.

Registros:

Según los productores no llevan registros exactos de sus gastos y sus ingresos, ni de producción, ya que sus trabajadores no saben leer ni escribir, pero la cooperativa a la que pertenecen lleva el registro del producto que llevan a la planta procesadora, además les brindan las programaciones de siembra que según ellos se los planifica el supermercado al que le venden los productos. Es factible poder establecer un sistema de registros entre los productores.

Conocimiento técnico:

El personal de campo que apoya en la producción no tiene el suficiente conocimiento técnicos acerca del manejo de los cultivos, pero son orientados por los mismos productores; las actividades laborales en las parcelas se realizan durante seis días a la semana, entre las cuales: preparación del suelo con doble excavación, aplicación de insumos (abonos, repelentes entre otros), limpieza manual y cosecha.

Costo de mano de obra:

Cuando se contrata personal, el salario promedio de un jornal es de \$7.00 (USD) diarios, y generalmente se contrata de dos a tres personas para que realicen estas actividades de forma permanente en la parcela. Aunque es importante mencionar que puede darse una disminución de la mano de obra disponible por la falta de incentivos y por influencia de otros proyectos y diferentes sistemas de producción; se debe de actualizar las competencias de los productores para que se mantengan motivados a continuar con la producción orgánica.

Asistencia técnica:

En relación a la asistencia técnica los productores han recibido capacitación en conservación de suelos y elaboración de insumos orgánicos, con el apoyo de organizaciones como CLUSA El Salvador, desde hace aproximadamente diez años. Pero se necesita más capacitaciones a fin de fortalecer las capacidades de los productores y actualizar los conocimientos en la producción orgánica y agroecológica.

Conservación de suelo:

Se implementan algunas medidas de conservación de suelo, ya que se tienen las terrazas de banco en las parcelas que se encuentran con poco mantenimiento por lo cual hay que desarrollar prácticas de mantenimiento, pues esto puede estar ocasionando problemas de erosión y pérdidas de barreras vivas.

Aplicación de técnicas agroecológicas:

Se aplican técnicas agroecológicas como: uso de abonos orgánicos (bocashi y gallinaza); protección del bosque de pino considerado como natural por los productores debido que no hay tala, quema, ni ingreso de personas al área boscosa; protección de fuente natural de agua procurando mantener aislada la fuente de desechos ni uso de la fuente para otros propósitos; aplicación de repelentes de insectos y foliares orgánicos a los cultivos y harina de roca al suelo para la remineralización.

Aplicaciones a los cultivos:

Para el control de plagas se aplican los repelentes orgánicos, a todos los cultivos cada dos semanas en dosis de 40 cc por bomba de mochila de 20 litros; el abono que se utiliza es el bocashi, utilizando una dosis de una libra por metro cuadrado. En la época lluviosa se dan problemas fitosanitarios que requieren un estudio necesario para mejorar el volumen producciones.

Insumos:

Los insumos como los repelentes y foliares orgánicos son producidos en la cooperativa, el repelente es un compuesto a base de ajo (*Allium sativum*), chile picante (*Capsicum annum*), cebolla (*Allium cepa*), entre otros; los foliares se preparan utilizando flores y frutas (que se encuentran disponibles en la localidad), el bocashi que es el principal abono orgánico que se utiliza es preparado con gallinaza, melaza, microorganismos de montaña y tierra, la harina de roca se compra por la importancia de su uso pero no hay conocimiento del tipo de roca que hay en la zona.

4.2.1.2. Criterio económico

Planificación de actividades:

Las actividades de la finca se planifican, con base al plan de negocios que se le ha brindado el supermercado donde comercializa sus productos.

Gastos familiares y de la finca:

Los gastos familiares ascienden en promedio a \$260.00 (USD) mensuales, los cuales incluyen: alimentación, vivienda, vestuario, energía eléctrica, agua, entre otros. Los gastos de la finca son variables dependiendo de las necesidades de los cultivos, cada una de las actividades de la fincas son financiadas con fondos del productor.

Ingresos:

Los ingresos del productor con el cultivo presente en la parcela estudiada ascienden a un promedio de \$450.00 (US) mensuales, los cuales utiliza para cubrir gastos familiares y de la finca. Que se pueden ver incrementados si se buscan mercados alternativos y no tener completamente la dependencia de un solo canal de comercialización.

4.2.1.3. Criterio socio- político- cultural

Situación legal de la parcela:

La tierra es propia y esta compartida con la esposa del productor, la familia no tiene ningún porcentaje de participación en las actividades de la finca, sin embargo en el hogar la participación de la mujer es un 60%, los hombres 20% y los jóvenes un 20%.

Composición del grupo familiar y escolaridad:

El grupo familiar de los productores está compuesto por la esposa y de cuatro a diez hijos, todos los integrantes tienen una escolaridad a nivel de primaria, los ingresos familiares los provee únicamente el productor. Las familias participan en actividades deportivas en la escuela como un apoyo a la comunidad.

Apoyo y servicios a la comunidad:

Algunas ONGs de las que participan activamente en la comunidad son Ayuda en Acción y CLUSA El Salvador, brindando capacitaciones en agricultura orgánica y agroecología.

Los servicios con los que cuentan en la comunidad son energía eléctrica, agua potable, recolección de basura, telefonía móvil y fija, centro de salud y escuela pública hasta nivel de bachillerato.

4.2.1.4. Criterio medio ambiente y recursos naturales

Conocimientos generales del medio ambiente y recursos naturales:

Los productores tienen conocimientos acerca del medio ambiente y la biodiversidad; y utiliza prácticas como producción orgánica y conservación de bosques. El bosque está

compuesto de pinos y ciprés y se cortan algunos árboles para comercializarlos como madera aserrada y leña.

No se practican quemas ni aplicación de productos agroquímicos desde hace 22 años, el productor menciona que conoce que estos provocan algunas enfermedades como cáncer, insuficiencia renal, además de contaminar las aguas y suelo.

4.2.2 Diagnóstico de la finca convencional

A continuación se describen los resultados de los criterios de diagnóstico aplicados a los productores que utilizan sistemas convencionales (Uso de agroquímicos y prácticas comunes en la producción).

4.2.2.1. Criterio agro tecnológico

Cultivos principales:

El cultivo principal de las parcelas es el repollo (*Brassica oleracea* var. Capitata), con una área total sembrada de una mz.

Desarrollo de actividades agronómicas:

No se implementa ninguna rotación de cultivos, se utilizan implementos agrícolas manuales como azadón pala, cuma, bomba de mochila, con las cuales realiza sus laboreos en la preparación de suelo y en el desarrollo del cultivo, practica la labranza, incorporación de gallinaza al suelo, limpieza manual, aplicación de insecticidas, fungicidas y fertilizantes químicos al cultivo.

Cambio de técnicas agrícolas:

No se realiza selección de semilla, los materiales genéticos de los cultivos se importan; no se realizan cambios de semilla, ni intercambian técnicas con otros productores de la zona.

Rendimientos:

Los rendimientos que se obtienen por una mz de cultivo son 1,500 unidades de repollo grande (*Brassica oleracea* var. Capitata) en un periodo de tres meses.

Sistema de riego:

Para la implementación del sistema de riego se utilizan fuentes naturales de agua provenientes de un nacimiento del lugar, que se encuentra aproximadamente a 600 metros,

la cual se lleva a la parcela a través de tubos de poliducto y se hace el riego con aspersores con un caudal de 6 L/min tres veces a la semana con un sistema de drenaje natural.

Registros:

Según el productor no lleva registros de sus gastos y sus ingresos, ni de su producción y otros datos importantes.

Conocimiento técnico:

Los trabajadores carecen de conocimientos técnicos acerca del manejo de los cultivos, y los días laborales en las parcelas son de cinco a seis por semana, las labores que se realizan son: aplicación e incorporación de gallinaza al suelo, siembra, fertilizar, aplicación de insecticidas y fungicidas, limpieza manual y cosecha.

Costo de mano de obra:

En promedio el salario de un jornal es de \$7.00 (USD) diarios, y se contratan de dos a tres personas para que realicen estas actividades de forma permanente en la parcela.

Asistencia técnica:

El productor ha recibido asistencia técnica de parte del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), en cuanto al manejo del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*).

Aplicación de técnicas agroecológicas:

El productor no conoce técnicas agroecológicas como la determinación de la materia orgánica en la parcela, ni aplica medidas de conservación de suelo, ni practicas agroecológicas.

Aplicaciones a los cultivos:

Antes de la siembra se aplican tres sacos de gallinaza en la parcela, luego para el control de plagas se aplican insecticidas como Colpirifos 15 cc por bomba de 20 lt cada dos semanas, Lambda Cihalotrina en dosis de 15 cc por bomba de 20 lt cada semana y Clorraniliprol en dosis de 5 cc por bomba de 20 lt cada dos semanas, para el control de hongos se aplica Difenconazol en dosis de 15 cc por bomba de 20 lt y la fertilización se hace con formula 15-15-15 en dos aplicaciones utilizando tres sacos por mz, estas aplicaciones se inician a las tres semanas después de la siembra. Los insumos químicos y la gallinaza se compran en la localidad.

4.2.2.2. Criterio económico

Planificación de actividades:

En esta finca las actividades se van realizando de manera continua.

Gastos familiares y de la finca:

Los gastos familiares ascienden en promedio a \$250.00 (USD) mensuales, los cuales incluyen gastos de alimentación, vivienda, vestuario, energía eléctrica, agua, entre otros. Los gastos de la finca son variables dependiendo de las necesidades de los cultivos, cada una de las actividades de la fincas son financiadas con fondos del productor.

Ingresos:

Los ingresos del productor ascienden a un promedio de \$500.00 (USD) mensuales, los cuales utilizan para cubrir gastos familiares y de la finca.

4.2.2.3. Criterio socio- político- cultural

Situación legal de la parcela:

La tierra es arrendada por el productor, la familia no tiene ningún porcentaje de participación en las actividades de la finca, sin embargo en el hogar la participación de la mujer es un 70%, los hombres 10% y los jóvenes un 20%.

Composición del grupo familiar y escolaridad:

El grupo familiar del productor está compuesto por su esposa y un hijo, el productor y la esposa tienen una escolaridad a nivel de primaria, y el hijo tiene una escolaridad de secundaria. La familia no participa en actividades ni en organizaciones de la comunidad.

Apoyos y servicios a la comunidad:

Algunas ONGs de las que participan activamente en la comunidad son Ayuda en Acción y CLUSA El Salvador, brindando capacitaciones en agricultura orgánica y agroecología.

Los servicios con los que cuentan en la comunidad son energía eléctrica, agua potable, recolección de basura, telefonía fija, centro de salud y escuela pública.

4.2.2.4. Criterio medio ambiente y recursos naturales

Conocimientos generales del medio ambiente y recursos naturales:

El productor tiene conocimientos acerca del medio ambiente, pero desconoce la importancia de la biodiversidad.

Se realiza la quema de rastrojos y vegetación espontánea, se aplican agroquímicos durante todo el periodo del cultivo, sin embargo el productor menciona que conoce que estos provocan algunas enfermedades como insuficiencia renal, y considera el empezar a tomar medidas para reducir los riesgos y daños en su familia y la comunidad.

4.2.3 Diagnóstico del bosque

A continuación se describe el resultado del criterio de diagnóstico que se aplicó al sistema bosque.

4.2.3.1 Criterio agro tecnológico

Cultivos principales:

El cultivo principal encontrado es el de pino (*Pinus L*), con un área total de 12 manzanas.

Desarrollo de actividades agronómicas:

No se implementan ninguna actividad agronómica desde hace 25 años aproximadamente en el bosque de pino.

4.3 Determinación de la complejidad del sistema

Los resultados del diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad (Anexo 2) en los sistemas de producción consideran varias dimensiones: las especies, la complejidad de los arreglos espaciales estructurales y temporales, así como el enfoque de conservación de los recursos naturales.

4.3.1 Diagnóstico de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr)

Los resultados del diagnóstico mostraron para la finca agroecológica un coeficiente de 1.96; mientras que para la finca fue de 0.26. Estos resultados se deben a que la finca agroecológica a pesar de que la integración de rubros productivos es mínima sin embargo existe aprovechamiento en los ecosistemas de cultivos, pues más del 50% de la superficie de la finca se maneja con más de tres siembras diferentes, con lo que se logra una alta superficie en diseños de policultivos, con más del 75% de la superficie total de la finca; y a la vez posee una mayor complejidad con más de cuatro especies asociadas como: cebollín (*Allium schoenoprasum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacea oleracea*), brócoli (*Brassica oleracea itálica*) y rábano (*Raphanus sativus*); en cambio, la finca convencional se especializa solo en el cultivo del repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) con prácticas convencionales.

4.3.2 Manejo y conservación del suelo (MCS)

Los resultados mostraron un coeficiente en la finca agroecológica de 3.11 y la convencional un valor de 0.22. Esto se debe a que la finca agroecológica tiene la adopción de las prácticas de sistema de rotación, utilizan dos tipos de fuentes de materia orgánica: bocashi y gallinaza, e incorpora biomasa en más del 75% de la superficie cultivada con los residuos de los cultivos cosechados, además de practicar el laboreo mínimo manual. En la finca convencional no se tiene un sistema de rotación de cultivos, solo tienen un monocultivo durante todo el año e incorpora biomasa orgánica en menos del 25% de la finca, porque se abona con bocashi o gallinaza al momento de la siembra.

4.3.3 Manejo y conservación del agua (MCA)

En este criterio la finca agroecológica tiene un coeficiente de 2.57, y la finca convencional fue de 1.14. Lo anterior es debido a que la finca agroecológica tiene un sistema de riego en un 50% de la superficie cultivada permanentemente, con una fuente de abastecimiento de agua de manantial; la finca convencional al igual que la finca agroecológica cuenta con fuente de abastecimiento de agua de manantial para riego que se implementa en una superficie del 25% de la finca; debido a que se carece de equipo de riego y el caudal no es suficiente este se realiza por secciones.

4.3.4 Intervenciones sanitarias en los rubros productivos (MISRPr)

En relación a las intervenciones sanitarias, la finca agroecológica tiene un coeficiente de 1.71, y en la finca convencional fue de 0.14. La finca agroecológica tiene la ventaja que integra insumos biológicos en rubro productivos vegetales en más del 60%, y se generan por lo menos un 50% de los insumos, y en la convencional, solamente se toman decisiones en los rubros productivos al menos que sea necesario, esta última afirmación que fue tomada por la información del productor es dudosa, ya que en la zona las aplicaciones de los plaguicidas es de manera frecuente debido a la incidencia de plagas y enfermedades, para el cultivo del repollo.

4.3.5 Diagnóstico de la biota auxiliar (DMBAu)

Se muestra un manejo superior en la finca agroecológica con un coeficiente 2.05 en contraste con el convencional que fue de 0.23. Esto se debe a que la finca agroecológica tiene en un 26-50% de superficies con barreras vivas, tiene una especie de barrera viva intercalada y esta sirve como conexión para que funcione la finca como corredor ecológico, por la cercanía con el bosque existe un manejo de ambiente semi natural, porque se

conserva el área de bosque sin intervenciones. Finalmente, hay un manejo de las plantas arvenses del 75% del área perimetral, y estas presentan poca agresividad en su crecimiento hacia la parcela de cultivo. Mientras en la finca convencional no se consideran los corredores ecológicos, porque no tienen importancia sus funciones para el productor e incluso lo desconoce y en los corredores internos solo predomina una especie arbórea en más del 30% de la finca.

4.3.6 Evaluación del estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs)

La finca agroecológica presenta mayor coeficiente con 1.75, y la finca convencional tiene un valor de 1.50, pero su diferencia no es muy significativa. La biodiversidad asociada con interacciones negativas (fitófagos, parásitos, patógenos) o positivas (polinizadores, reguladores naturales) ambas fincas presentaron resultados similares.

4.3.7 Determinación del coeficiente de manejo de la biodiversidad

Al hacer el cálculo del coeficiente de manejo de la biodiversidad con los resultados de los indicadores anteriores (Cuadro 3) se obtuvo para la finca agroecológica un coeficiente de 2.19 y para la finca convencional un coeficiente de 0.58, que al compararlos con el cuadro del A- 2. Estos se clasificaron la finca agroecológica como: medianamente complejo y la finca convencional como: simplificada.

Cuadro 3. Indicadores para determinar el coeficiente de manejo de la biodiversidad.

Indicadores para determinar el coeficiente de manejo de la biodiversidad	Finca agroecológica	Finca convencional
Diagnóstico de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr)	1.96	0.26
Manejo y conservación del suelo (MCS)	3.11	0.22
Manejo y conservación del agua (MCA)	2.57	1.14
Intervenciones sanitarias en los rubros productivos (MISRPr)	1.71	0.14
Diagnóstico de la biota auxiliar (DMBAu)	2.05	0.23
Evaluación el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs)	1.75	1.50
Total	2.19	0.58

En el 2013, evaluaron dos fincas, una con manejo agroecológico y una con manejo convencional donde la finca agroecológica resulto como medianamente compleja y la finca convencional como simplificada (Vásquez, 2013). Esto se basa en que los sistemas

agroecológicos son sistemas integrales, funcionales y equilibrados desde el punto de vista económico ecológico y socio cultural (Galán y Pérez 2012).

Los resultados del diagnóstico en las finca agroecológica y convencional indican que la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad permiten clasificar la primera finca como medianamente complejo y la segunda finca como simplificada (Figura 9), es decir que la finca agroecológica, aún no ha llegado a los parámetros deseados, establecidos en la metodología, pero si tiene valores que se acercan hacia una reconversión de los sistemas agropecuarios y al realizar una buena planificación e implementación de prácticas y actividades puede llegar a un valor óptimo para constituir un agroecosistema funcional, resiliente a cambios y altamente productivo.

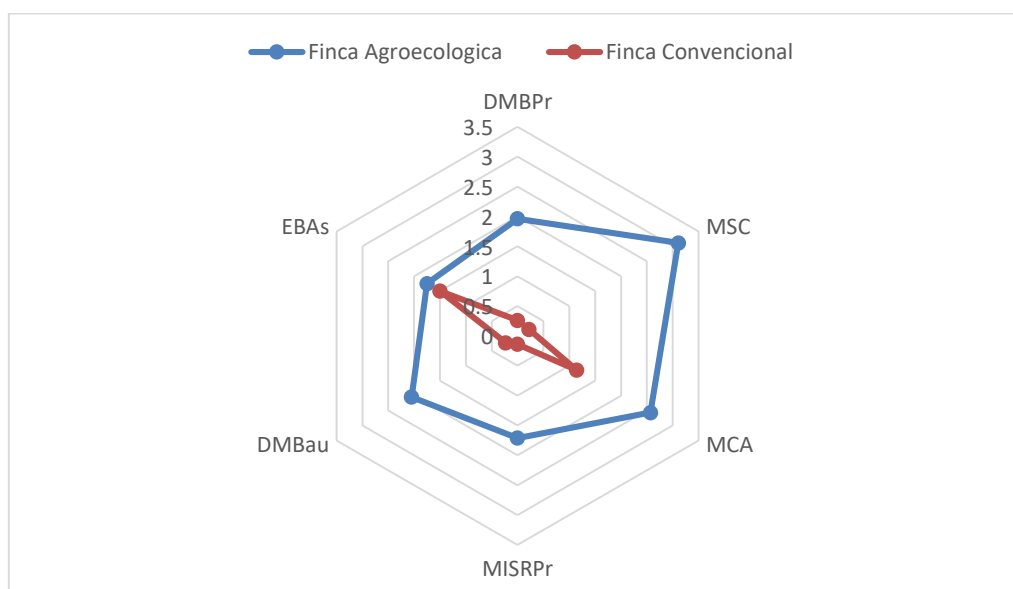


Figura 9. Resultado del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas agroecológica y convencional.

4.4 Medición de la actividad microbiológica

La presencia de actividad microbiológica en la parcela agroecológica se encuentra alta y muy alta, mientras que en el sistema convencional se encuentra en valor medio (Cuadro 4), por lo que el manejo de la fertilidad puede influir en la cantidad de materia orgánica, además las parcelas agroecológicas tienen un adiconamiento constante de gallinaza y bocashi lo que ayuda a que la actividad microbiológica del suelo se incremente.

Cuadro 4. Resultados de la cantidad de actividad microbiológica en las parcelas agroecológica y convencional.

Sistema	Parcela	Clasificación	Presencia de actividad microbiológica
Convencional	1	3	Media
Convencional	2	3	Media
Convencional	3	3	Media
Agroecológico	1	5	Muy alta
Agroecológico	2	4	Alta
Agroecológico	3	5	Muy alta

4.5 Análisis físico de suelo

Para establecer la relación de la velocidad de infiltración con el drenaje del suelo y las características del mismo se han utilizados los siguientes criterios (Cuadro 5) (Echeverría *et al* 2014).

Cuadro 5. Relación velocidad de infiltración y drenaje del suelo.

Drenaje	Velocidad (cm/hr)	Características
Muy pobremente drenado	0,10 – 0,5	El agua no desaparece por la presencia cerca de la superficie de una napa cercana a ella
Pobremente drenado	0,5 – 2,0	El agua desaparece muy lentamente y el suelo permanece mojado durante casi todo el año
Drenaje imperfecto	2,0 – 6,0	El agua desaparece en forma lenta y el suelo está saturado por largos períodos en el año
Moderadamente bien drenado	6,0 – 12,0	El agua desaparece del suelo en forma algo lenta y el suelo se ve saturado por periodos importantes del año.
Bien drenado	12,0 – 25,0	El agua desaparece del suelo fácilmente pero no tan rápido
Excesivamente drenado	+ 25,0	El agua desaparece tan rápidamente que los suelos presentan un alto riesgo de sequía.

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm⁻³). Ésta varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica. También, puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en

suelos con arcillas expandibles. Para establecer la relación de la densidad del suelo con la textura (Cuadro 6), se han utilizado los siguientes parámetros (Salmerón y Salazar 2014)

Cuadro 6. Parámetros de densidad de suelo y textura.

Textura del suelo	Densidad aparente (g cm-3)
Arenoso	1.65
Franco arenoso	1.50
Franco	1.40
Franco – arcilloso	1.35
Franco- limoso	1.30
Arcilloso	≤1.25

La Clasificación de un suelo según su porcentaje de porosidad total se ha establecido con base a los siguientes parámetros (Salmerón y Salazar 2014) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Clasificación de la porosidad de suelo.

Rango	Clasificación
> 70	Porosidad excesiva
55 -65	Porosidad excelente
50 -55	Porosidad satisfactoria
<50	Porosidad no satisfactoria
40 -25	Porosidad deficiente

Para cada una de las parcelas se tomaron parámetros de infiltración, densidad aparente, porosidad y humedad total (Cuadro 8).

La parcela agroecológica 1, tiene una velocidad de infiltración de 15.7 cm/hr con característica de un suelo bien drenado, el agua desaparece de la superficie del suelo fácilmente pero no tan rápido; tiene una densidad aparente de 1.01 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 62.02 que es excelente y una humedad total de 63.24%.

La parcela agroecológica 2, tiene una velocidad de infiltración de 18.3 cm/hr con característica de un suelo bien drenado, el agua desaparece de la superficie del suelo fácilmente pero no tan rápido; tiene una densidad aparente de 0.91 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 65.74 que se encuentra en el límite de excelente a porosidad excesiva y una humedad total de 68.48%.

La parcela agroecológica 3, tiene una velocidad de infiltración de 26.7 cm/hr con característica de un suelo excesivamente drenado, el agua desaparece del suelo rápidamente que los suelos presentan un alto riesgo de sequía; tiene una densidad aparente de 1.02 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 61.65 que es excelente y una humedad total de 62.62%.

La parcela convencional 1, tiene una velocidad de infiltración de 12.4 cm/hr con característica de un suelo bien drenado, el agua desaparece de la superficie del suelo fácilmente pero no tan rápido; tiene una densidad aparente de 1.09 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 59.04 que es excelente y una humedad total de 59.55%.

La parcela convencional 2, tiene una velocidad de infiltración de 19.7 cm/hr con característica de un suelo bien drenado, el agua desaparece de la superficie del suelo fácilmente pero no tan rápido; tiene una densidad aparente de 1.01 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 63.73 que es excelente y una humedad total de 62.02%.

La parcela convencional 3, tiene una velocidad de infiltración de 24.8 cm/hr con característica de un suelo bien drenado, el agua desaparece de la superficie del suelo fácilmente pero no tan rápido; tiene una densidad aparente de 0.72 lo que indica que representa un suelo arcilloso, una porosidad total de 72.82 que es excesiva y una humedad total de 69.18%.

En los análisis físicos la presencia de macroinvertebrados, ejerce un efecto positivo ya que por ejemplo Lumbricidae y Formicidae forman galerías en los suelos las cuales garantizan una mejor estructuración, macroporosidad, favorable para el crecimiento óptimo de las plantas.

La textura de las parcelas agroecológicas y convencionales son arcillosas y los valores críticos para el crecimiento de raíces es de <1.1 y en el caso de las parcelas agroecológicas 1,2 y 3 son de 1.01, 0.91 y 1.02 respectivamente los cuales se encuentran debajo de estos valores críticos y puede relacionarse con la presencia de las comunidades de macroinvertebrados en el suelo, para el caso de las parcelas convencional 1,2 y 3 los valores son 1.09, 1.01 y 0.72 que también se encuentran en valores óptimos para el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de las plantas.

En el caso de la infiltración la incorporación de materia orgánica y abono tipo bocashi favorecen a que existan suelos bien drenados y con un alto porcentaje de humedad y una porosidad excelente

Cuadro 8. Parámetros físicos de los sistemas agroecológico y convencional.

Sistema	Parcela	Infiltración cm/h	Densidad aparente g/cm ³	Humedad %	Pt %
Agroecológico	1	15.7	1.01	63.24	62.02
Agroecológico	2	18.3	0.91	68.48	65.74
Agroecológico	3	26.7	1.02	62.62	61.65
Convencional	1	12.4	1.09	59.55	59.04
Convencional	2	19.7	1.01	63.73	62.02
Convencional	3	24.8	0.72	69.18	72.82

4.6 Análisis químicos de suelo

En el Cuadro 9 de los análisis químicos del suelo, se observa que los nutrientes principales de la parcela agroecológica 1 presentaron muy alta disponibilidad de estos con relación a los niveles críticos establecidos en los protocolos de Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). En el caso de nitrógeno en la parcela agroecológica 1, el nivel encontrado es de 0.64% (Cuadro 4) un valor que es muy alto, cuyo equivalente es de 64 libras de nitrógeno por manzana. En el fósforo también se presentó un nivel muy alto 237.40 ppm cuyo aporte es de 1598.29 libras por manzana y potasio con 995 ppm que equivale a 3503.53 libras por manzana. La parcela agroecológica 2, los aportes de nitrógeno son 0.49% igual a 49 libras por manzana, fósforo 145.5 ppm o 850.29 libras por manzana y potasio 810 ppm igual a 2532.07 libras por manzana. La parcela agroecológica 3, los aportes de nitrógeno son 0.58% igual a 58 libras por manzana, fósforo 43.12 ppm equivalente a 216.65 libras por manzana y potasio 1,537.5 ppm igual a 5591.15 libras por manzana.

En las parcelas de la finca convencional 1,2 y 3 los aportes de nitrógeno fueron de 0.76%, 0.65% y 0.70% equivalente a 76, 65 y 70 libras por manzana respectivamente, siendo un poco más alto respecto a las parcelas agroecológicas. En el fósforo los valores fueron 89.5 ppm, 125.3 ppm y 67.72 ppm equivalente a 588.03, 799.85 y 277.83 libras por manzana respectivamente, el cual es menor con respecto a la agroecológica y de igual manera el potasio con valores de 925 ppm, 1165 ppm y 450 ppm igual a 3497.97, 4140.50 y 1041.76 libras por manzana, respectivamente.

Los valores un poco menores de fósforo y potasio de la parcela convencional, se puede considerar que se debe a que la intensidad del cultivo es menor con relación a la agroecológica que es más intensiva en sus cultivos y las aplicaciones de abonos orgánicos.

En relación a la materia orgánica los niveles que presenta el suelo de la finca agroecológica que son muy altos, sin embargo comparado con la convencional esta última sus valores son más altos, aunque el manejo intensivo de las parcelas agroecológicas, la exposición del terreno a la radiación solar y la labranza afectan el nivel de la oxidación y degradación de la materia orgánica.

El proceso de manejo que se da en las parcelas agroecológicas, hace que exista una acumulación significativa de materia orgánica en un promedio de 10.01%, considerado dentro de la clasificación muy alto, sin embargo por el volteo constante de las camas de siembra y el ciclo corto como las hortalizas en este caso lechuga y cebollín hace que haya una acumulación baja de nitrógeno (0.57%) en las parcelas agroecológicas a pesar que hay una incorporación constante de abonos tipo bocashi y residuos de cosecha, aspecto que para la convencional es un poco mayor (0.70%) porque el tipo de cultivo que es repollo es de ciclo más largo y el laboreo es menos intensivo.

Cuadro 9. Resultado de análisis químico de macronutrientes de las parcelas agroecológicas, convencionales.

Sistema	Parcela	N %	P ppm	Rango	K ppm	Rango	% de Materia Orgánica
Agroecológico	1	0.64	237.40	Muy Alto	995.0	Muy Alto	8.80
Agroecológico	2	0.49	145.5	Muy Alto	810.0	Muy Alto	11.95
Agroecológico	3	0.58	43.12	Muy Alto	1,537.5	Muy Alto	9.29
Convencional	1	0.76	89.5	Muy Alto	925.0	Muy Alto	10.6
Convencional	2	0.65	125.3	Muy Alto	1,165.0	Muy Alto	13.02
Convencional	3	0.70	67.72	Muy Alto	450.0	Muy Alto	16.66

En el análisis de micronutrientes (Cuadro 10) las parcelas agroecológicas y convencional presentaron valores mínimos, en el caso del Calcio se presentan valores un poco altos en las parcelas agroecológicas. Es importante desarrollar un monitoreo para observar el comportamiento de estos nutrientes para determinar la extracción de los nutrientes por los cultivos con la poca disponibilidad de estos elementos.

Cuadro 10. Resultados de análisis químicos de micronutrientes de las parcelas agroecológicas y convencionales.

Sistema	Parcela	Fe ppm	Rango	Cu ppm	Rango	Mg ppm	Rango	Ca ppm	Rango
Agroecológico	1	<0.3	Muy Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.48	Alto	3,500	Alto
Agroecológico	2	1.51	Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.38	Muy Bajo	2,300	Alto
Agroecológico	3	<0.3	Muy Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.53	Muy Bajo	3,000	Alto
Convencional	1	0.25	Muy Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.13	Muy Bajo	1,720	Alto
Convencional	2	<0.3	Muy Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.06	Muy Bajo	2,100	Alto
Convencional	3	<0.3	Muy Bajo	<0.2	Muy Bajo	1.24	Muy Bajo	2,000	Alto

En cuanto a los valores del pH (Cuadro 11). Considerando la información general de los suelos de la zona de Los Planes el pH ha presentado valores menores de cinco y se han clasificado como muy fuertemente ácido sin embargo en las parcelas agroecológicas al menos dos de ellas presentan valores que superan el nivel mencionado que son de 5.2 y 5.9 para las parcelas 1 y 3 que los califica de fuertemente ácido a moderadamente ácido.

Cuadro 11. Valores de pH en el suelo de las parcelas agroecológicas y convencionales.

Sistema	Parcela	pH	Rango
Agroecológico	1	5.2	Fuertemente ácido
Agroecológico	2	5.0	Muy fuertemente ácido
Agroecológico	3	5.9	Moderadamente ácido
Convencional	1	5.1	Fuertemente ácido
Convencional	2	5.1	Fuertemente ácido
Convencional	3	4.5	Muy fuertemente ácido

4.7 Análisis químico de abono tipo bocashi

Según los análisis químicos del bocashi que se emplea en la Cooperativa, está proporcionando por cada 100 lb de abono 2.10 lb de nitrógeno; 0.54 lb de fósforo (1.25 P₂S₅); 4.32 lb de potasio, 0.35 lb de calcio y magnesio 0.092 lb (Cuadro 12).

La cantidad de materia orgánica que aporta el bocashi por cada 100 lb se tiene un total de 29.96 lb de materia orgánica.

Cuadro 12. Resultado de análisis químico en abono tipo bocashi.

Abono	N %	P ppm	K Ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mg ppm	Ca ppm	% de materia orgánica	pH	Rango
Bocashi	2.10	5,474.81	43,250	79.21	16.33	928	3,500	29.96	9.0	Extremadamente alcalino

Las aplicaciones de bocashi de manera general que se hacen en las parcelas agroecológicas es de 10,100 kilogramos (22,222 libras) por hectárea, los cuales aportan 466 libras de nitrógeno, 119.99 libras de fósforo, 959.99 lb de potasio, por cada ciclo de cultivo. La aplicación de abono tipo bocashi puede mejorar el pH en el suelo, pero se debe de tener un monitoreo constante de los nutrientes para ver el balance de ellos y el grado de extracción de ellos por los cultivos, para mantener una estabilidad del suelo a lo largo del tiempo.

Los cultivos presentes en las parcelas agroecológicas muestreadas fueron lechuga (*Lactuca sativa*) y cebollín (*Allium schoenoprasum*) los requerimientos de nutrientes según Agros 2016 se describen en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Requerimientos de nutrientes para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebollín (*Allium schoenoprasum*).

Cultivo	Nitrógeno kg/Ha	Fósforo Kg/Ha	Potasio Kg/Ha
Lechuga	80-100	30-50	160-210
Cebollín	140-160	60-100	200- 250

En el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), en base a los requerimientos de nitrógeno por superficie, kilogramos por hectárea en las parcelas agroecológicas, con las dosis que se aplica un excedente de 112 kilogramos de N por hectárea; para el caso del fósforo también

hay un excedente de aplicación de 2.10 kilogramos por hectárea el cual no es significativo y en el potasio existe un excedente de 186.3 kilogramos por hectárea y en el cultivo de cebollín (*Allium schoenoprasum*), en base a los requerimientos de nitrógeno por superficie, kilogramos por hectárea en las parcelas agroecológicas con las dosis de aplicaciones hay un excedente de 52 kilogramos por hectárea, en la absorción de fósforo también hay un excedente de aplicación de 45.46 kilogramos por hectárea y en el fósforo existe un excedente de 186 kilogramos por hectárea Actualmente las dosis de aplicación están excediendo los requerimientos de los cultivos, esto hace que para el caso del fósforo que presenta una característica de poca movilidad en el suelo los excedentes con el tiempo se convierten en una acumulación y lo confirman los resultados de análisis de suelo, de igual manera ocurre para el caso del potasio, sin embargo la acumulación es relativa debido a que es un catión monovalente que puede lixiviarse con facilidad. La ventaja de esta acumulación de los elementos en el suelo es debido a que los componentes no son fácilmente solubles por estar en un estado de composición orgánica y son disponibles de forma paulatina para los cultivos; también es de considerar que las fincas agroecológicas tienen un periodo de 21 años de aplicación de abonos orgánicos lo cual ha contribuido en el tiempo, un buen porcentaje de nutrientes ya que como es cultura de la Cooperativa fertilizar por cada ciclo de cultivo. A raíz de esta acumulación de elementos por los abonos orgánicos las dosis podrían reducirse, dependiendo del cultivo que se rote para bajar costos de producción que puede traducirse en una disminución del precio de los productos e incrementar el mercado en otros ámbitos. Se pueden realizar pequeños estudios con parcelas de omisión, es decir dejar espacios pequeños sin aplicación de abono para hacer las comparaciones respectivas.

4.8 Macroinvertebrados edáficos

De los tres sistemas en estudio se recolectaron un total de 1879 especímenes de los cuales se identificaron un 99.57% de individuos colectados; que se agruparon en 15 Ordenes y 33 familias (Cuadro 14).

4.8.1 Abundancia relativa

En total se colectaron un total de 1,879 individuos los cuales se distribuyeron de la siguiente manera por sistema en el agroecológico se colectaron 1,186 (63.12%); en el convencional 364 (19.37%) y en el bosque 364 (17.51%). (Figura 10).

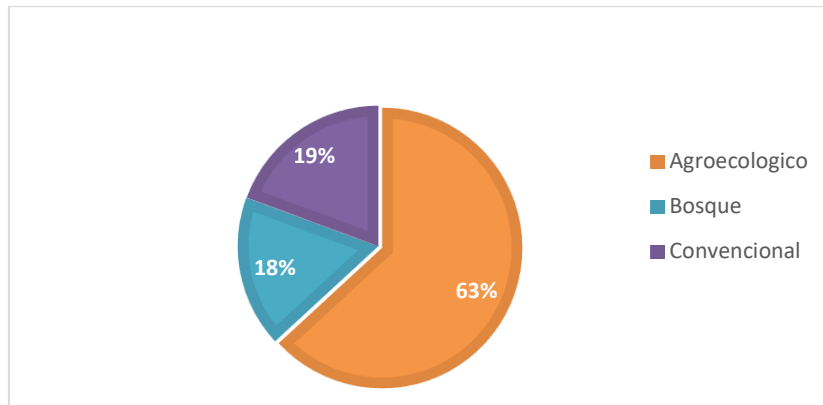


Figura 10. Distribución en porcentaje de los individuos en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

Cuadro 14. Número de individuos recolectados en los sistemas de estudio.

Orden	Familias	Sistema Agroecológico	Sistema convencional	Sistema bosque	
Acarina	N/I	0	3	6	
Araenae	N/I	1	0	2	
Caracol	N/I	0	0	1	
Chilopoda	N/I	16	48	18	
Colembola	N/I	2	1	1	
Coleóptera	Buprestidae	0	0	1	
	Carabidae	11	13	1	
	Coccinellidae	0	1	0	
	Curculionidae	2	1	13	
	Elateridae	3	5	2	
	Histeridae	0	0	1	
	Lampyridae	0	0	3	
	Scarabaeidae	8	2	2	
	Scolytidae	0	0	6	
	Scydmaenidae	0	0	5	
	Staphylinidae	394	33	32	
	Tenebrionidae	1	11	8	
	Diplopoda	N/I	0	19	21
	Diplura	Japygidae	0	0	5
Diptera	Phoridae	0	0	1	
	Tipulidae	1	2	9	
	Nematocera	0	2	1	
	N/I	4	1	1	
Hemiptera	Cydnidae	0	0	1	

	Aphididae	0	1	1
	Reduviidae	7	1	0
Hymenoptera	Diiapridae	1	0	0
	Formicidae	1	50	60
Isopoda	N/I	0	0	3
Lepidóptera	Pyralidae	0	0	1
Lumbricidae	N/I	734	168	119
Chelonetida	N/I	0	0	1
Symphyla	N/I	3	0	0
Zoraptera	N/I	0	2	0
TOTAL		1183	362	329

4.8.2 Diversidad Alfa

4.8.2.1 Perfiles de Renyi

Partiendo de los datos de abundancia de las especies recolectadas se calcularon los perfiles de Renyi para cada una de las submuestras, utilizando el paquete Biodiversity R para Rcommander en el programa R 3.1.2 (R Core Team 2015).

En los valores del perfil de Renyi aplicados a los sistemas: bosque, agroecológico y convencional, al punto de inicio de la Figura 11 en el lado izquierdo se muestra la riqueza de especies, donde el valor más alto se encuentra en el bosque (A), seguido del convencional (B) y agroecológico (B), donde la riqueza es similar en ambos sistemas. Cuando el valor del perfil es 1 nos indica el número de especies igualmente abundantes que son necesarios para lograr el valor del índice de Shannon; el valor más alto se mantiene en el bosque (A) seguido del convencional (A) siendo estos estadísticamente similares y el agroecológico (B) tiene el valor más bajo y es diferente a los otros sistemas.

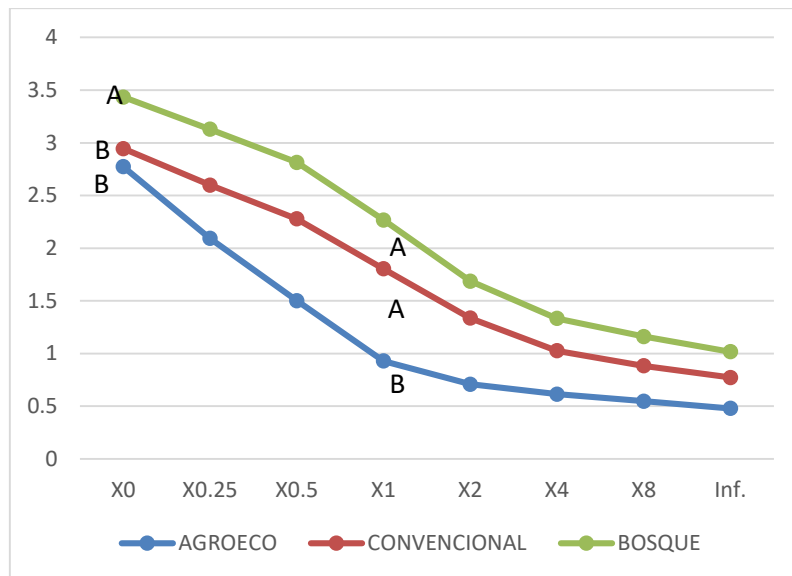


Figura 11. Valores de los perfiles de Renyi para los sistemas agroecológico, bosque y convencional.

Los valores de biodiversidad calculados se resumen en Cuadro 15.

Cuadro 15. Valores calculados de biodiversidad a partir de los perfiles de Renyi, en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

Sistema	Riqueza de grupos taxonomicos	Índice de Shannon	Número Equivalente de especies	Equidad
Agroecológico	16	0.929121602	2.53228385	0.61888702
Convencional	19	1.803243892	6.06930373	0.46153846
Bosque	31	2.268006625	9.66012536	0.36170213

Al analizar la composición de comunidades de artrópodos edáficos mediante los valores obtenidos en el perfil de Renyi se tienen los siguientes resultados:

4.8.2.2 Riqueza

La riqueza de grupos taxonómicos presente en los sistemas evaluados presentó un valor superior en el bosque ($p < 0.05$), mientras que se observa estadísticamente similar entre el convencional y el agroecológico ($p > 0.05$) (Figura 12).

En el bosque la riqueza de grupos taxonómicos fue de 31, que es el valor más alto seguido del convencional con 19 grupos taxonómicos y finalmente con el valor más bajo de riqueza es del agroecológico con 16 grupos taxonómicos. Lo anterior significa que la muestra cuyo perfil presenta valores más altos, es decir el bosque es más diverso en cuanto a los grupos taxonomicos presentes.

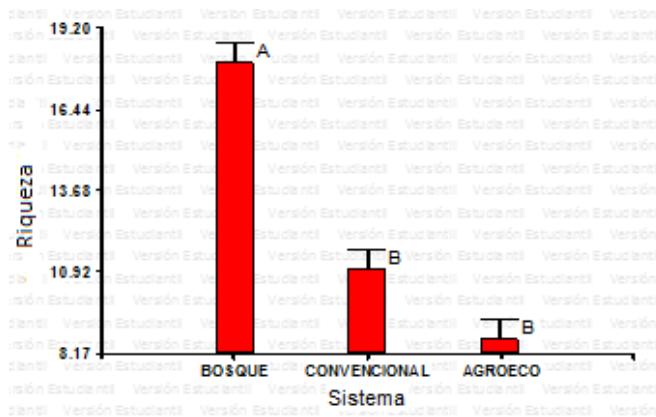


Figura 12. Riqueza de grupos taxonómicos en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

4.8.2.3 Índice de Shannon

A medida que el índice de Shannon aumenta la diversidad también aumenta, por tanto, en los sistemas que se analizaron la biodiversidad de macroinvertebrados edáficos es más alta en el bosque, seguido por el convencional y finalmente el agroecológico con menos diversidad (Cuadro 15). Al transformar el índice de Shannon al número de equivalente de especies es, decir el número grupos taxonómicos igualmente abundantes que son necesarios para lograr ese valor del índice de Shannon, se encontró que los sistemas presentan diferencias en cuanto al Número Equivalente de Especies o Diversidad de orden 1 ($p=0.0041$).

El número de especies equivalente es menor en el sistema agroecológico con un valor de 2.53 porque es un sistema altamente dominado por Lumbricidae, mientras que el sistema convencional con 6.06 está cerca del sistema bosque con 9.66. (Figura 13).

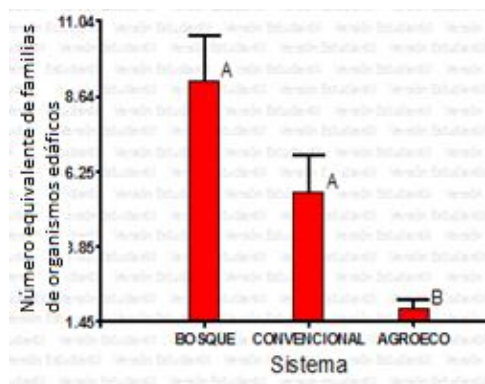


Figura 13. Número equivalente de familias de organismos edáficos por sistema agroecológico, convencional y bosque.

4.8.2.4 Dominancia

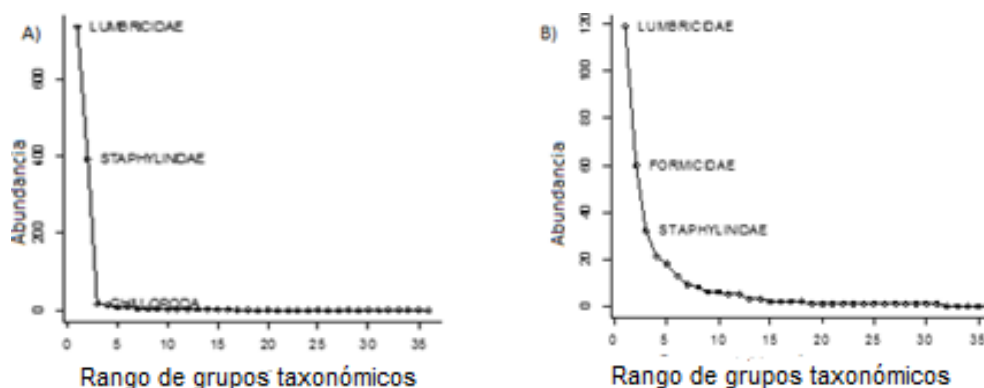
En cuanto a la dominancia en los sistemas, el agroecológico está altamente dominado con 61.88% de dominancia seguido del convencional con 46.15% y finalmente el bosque con 36.17%, por tanto el bosque es el sistema más equitativo, en nivel intermedio encontramos el convencional y el menos equitativo es el agroecológico.

Debido a que hay una alta dominancia de un grupo taxonómico, se determinó que es por la familia Lumbricidae por eso se analizó el efecto del sistema en la abundancia de lombrices como variable respuesta se observó que no existe diferencia en cuanto a la abundancia de lombrices dentro de las parcelas muestreadas pertenecientes a los sistemas agroecológico, convencional y bosque ($p=0.3386$). No se puede afirmar que el sistema agroecológico tiene más cantidad de lombrices. La variación entre parcelas no se encontró diferencia significativa.

Utilizando el mismo modelo, tampoco se encontró diferencia entre los sistemas evaluados con respecto a la abundancia de Staphylinidae ($p=0.2998$), pero el número de individuos fue mayor en el sistema agroecológico con 394 en comparación con el sistema convencional con 33 y sistema bosque con 32.

4.8.2.5 Rangos de abundancia

En la abundancia de grupos taxonómicos encontramos que en el sistema agroecológico las especies más dominante fueron: Lumbricidae con 734 individuos (61.88%), Staphylinidae 391 (32.96 %) y Chilopoda 16 (1.34 %). En el sistema convencional los grupos taxonómicos más dominantes en el sistema son: Lumbricidae con 168 (46.15 %), Formicidae con 50 (13.73%), y Staphylinidae 33 (9.06%). En el bosque las especies más dominantes en el bosque son: Lumbricidae con 119 (36.17%), Formicidae con 60 (18.33%) y Chilopoda 18 (5.47%) (Figura 14).



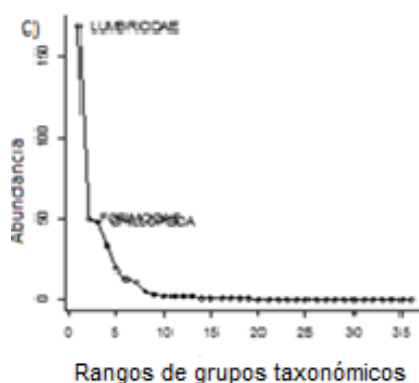


Figura 14. Rangos de abundancia de grupos taxonómicos en los sistemas A) Agroecológico, B) Convencional y C) Bosque.

La familia Lumbricidae en el sistema agroecológico, convencional y bosque es el grupo taxonómico común entre los sistemas y se mantuvo como especie dominante en los sistemas aunque con variaciones importantes de abundancia de individuos el agroecológico con 754, convencional con 168 y bosque con 119. Benzing (2001), realizó un estudio para comparar las poblaciones de lombrices en agricultura orgánica y convencional, donde la presencia de lombrices en los sistemas no tiene diferencia significativa estadísticamente; sin embargo el número de lombrices/m², fue mayor en agricultura orgánica. Este caso puede relacionarse con este estudio ya que no se encontraron diferencias estadísticas significativas de abundancia entre sistemas, solo un número mayor de individuos en el sistema agroecológico comparado con el convencional y bosque, ya que en los sistemas convencional y agroecológico tienen la misma fuente de adición de materia orgánica (bocashi y gallinaza), y el bosque de pino tiene alta cantidad de materia orgánica, disponible. La actividad directa de las lombrices aumenta significativamente la mineralización del carbono y nitrógeno en el sustrato, y tales efectos son proporcionales a la densidad de lombrices (Aira y Domínguez. 2008). Otros autores han encontrado respuestas similares en organismos detritívoros involucrados en la descomposición de la materia orgánica (Domínguez *et al.* 2004).

En cuanto a la familia Staphylinidae se mantuvo en común con el sistema agroecológico y convencional como un grupo taxonómico dominante en el sistema. Chamorro (2001), describe como la presencia de los Staphylinidae en el suelo deriva en la transformación de residuos biodegradables, especialmente de materia orgánica depositada sobre la superficie; por tanto la presencia de estos que puede corresponder que hay un constante adicionamiento de abonos orgánicos (bochashi y gallinaza) en los tratamientos y su

presencia puede estar relacionada con la adición de estos y la disponibilidad de materia orgánica.

En el caso de la familia Formicidae se encuentra como tercer grupo taxonómico dominante entre el sistema convencional y bosque, sin encontrarse en el sistema agroecológico. Esta familia altamente sensible a la alteración y pérdida de la cubierta vegetal, así como cambios en de materia orgánica del agro ecosistema (Caicedo y Sánchez 2011) uno de estos cambios fue que al estudiar la diversidad de hormigas en cafetales de sol y sombra donde encontraron que en el bosque con sombra hay grupos más diversos de hormigas que en cafetales con menos sombra (Rivera y Armbrrecht 2005). Analizando las diferentes variables se puede proponer que la ausencia de esta familia en el sistema agroecológico puede estar relacionada con el laboreo que se da en las parcelas, pues hay un volteo constante de la cama de siembra que afecta el agroecosistema y factores como la falta de sombra, entre otros. Finalmente los Chilopoda se encuentran compartidos como especies dominantes entre el sistema bosque y agroecológico; estos son depredadores generalistas, mantienen limitadas las poblaciones de muchos otros artrópodos (Curpul y Bueno 2015) y probablemente estén depredando especies en común entre los sistemas.

4.8.3 Diversidad beta

En el análisis de componentes principales realizado con el conjunto de todas las variables, donde la varianza se distribuye en siete grupos que explicaron el 45% de la varianza total, cada centroide es el punto medio de los valores, esto equivale a una media geométrica. En una escala de dimensiones se observa que los tres sistemas son diferentes entre sí, solo en los puntos que están más cerca hay valores similares.

El componente principal (CP) (Figura 15), explica el 45% de la varianza y separa los sistemas agroecológico 1 y 2 en la parte superior izquierda de la figura y el bosque a la derecha encontrándose al centro el sistema convencional. El agroecológico 1 y 2 que se localizaron a la izquierda se caracterizaron por presentar alta dominancia de Lumbricidae, con el número de grupos taxonómicos similares, en la parte central el convencional 2 presento un número bajo de grupos taxonómicos presentes, probablemente esto se deba a que al momento del muestreo se realizaba la adición de materia orgánica (Gallinaza) al suelo y por tanto el suelo se encontraba perturbado. El bosque 3, presenta un número de grupos taxonómicos y diversidad diferentes a los demás.

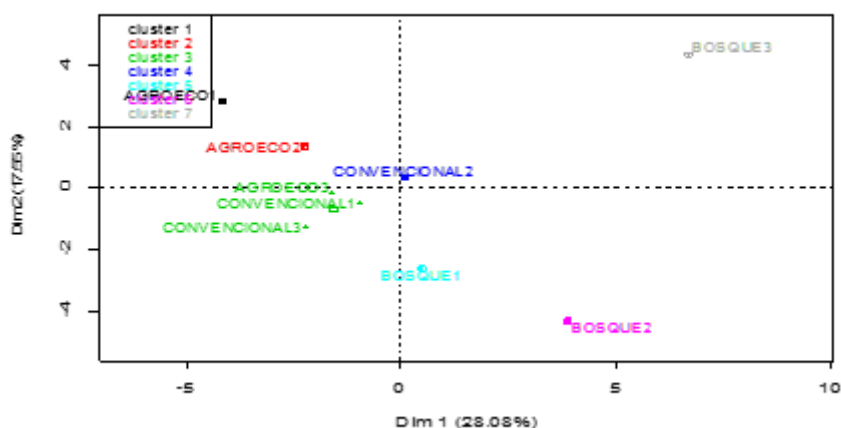


Figura 15. Diagrama de distribución de muestras en el plano formado por los componentes principales, considerando factores de riqueza, abundancia de grupos taxonómicos, equidad y aspectos vinculados a la actividad biológica del suelo en los sistemas agroecológico, convencional y bosque.

En la parte inferior al lado izquierdo el sistemas agroecológico 3, convencional 1 y convencional 3, estos se encuentran muy cerca compartiendo muchas características entre sí como: similar número de grupos taxonómicos y diversidad, posiblemente esta relación se da porque se encuentran cercanos geográficamente, y la composición de la comunidad de artrópodos corresponda al sitio; en el lado derecho se encuentra el bosque 2 y 3 que comparten características en cuanto a la cantidad y diversidad de grupos taxonómicos.

Al realizar el análisis por similitudes de composición de las comunidades de artrópodos en las parcelas (Figura 16), se encuentran agrupadas en siete clúster (conglomerado o grupos), solo los sistemas convencional 3, agroecológico 3 y convencional 1; son similares en cuanto a la composición de las comunidades de los macroinvertebrados edáficos, dichas parcelas se encuentran geográficamente a una distancia menor de un kilómetro, a pesar que tienen diferencias en cuanto a manejo agronómico (donde en el agroecológico no aplican agroquímicos, no hay quema de rastrojos, y en el convencional si se realizan estas prácticas) hay similares condiciones de topografía, humedad, precipitación; por tanto la composición de las comunidades de artrópodos edáficos puede estar relacionadas con el área geográfica no directamente al manejo; la parcela convencional tiene adición de agroquímicos pero en su mayoría son foliares y no causan un impacto fuerte al suelo (Para el control de plagas se aplican insecticidas como: Chlpirifos, Lambda Cihalotrina y Clorantraniliprol, para el control de hongos se aplica Difenconazol); otra característica importante es que los cultivos al momento del muestreo son de ciclo largo, tres meses

aproximadamente, por lo que no hay un laboreo constante y esto favorece al establecimiento de las diferentes comunidades de macroinvertebrados.

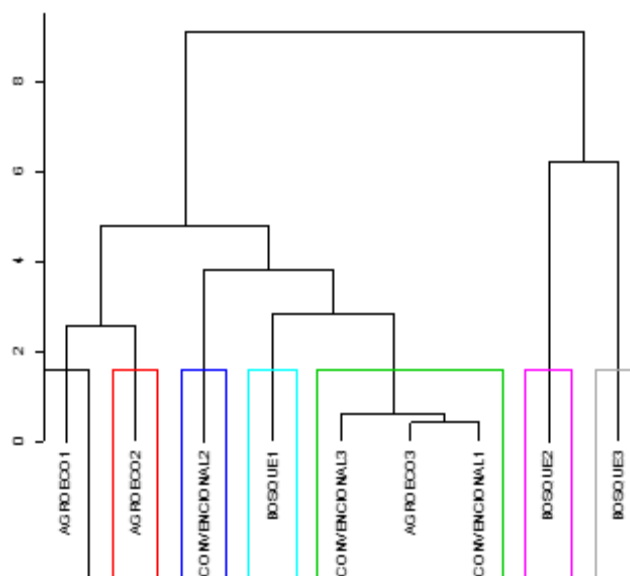


Figura 16. Clasificación obtenida por el método del dendrograma de la composición de las comunidades de artrópodos en sistemas agroecológico, convencional y bosque.

En cuanto a la complejidad del sistema, el de hortaliza agroecológica comparada con el de hortaliza convencional, existe una diferencia significativa donde los resultados son superiores en la finca agroecológica (2.19, Cuadro 3) en relación a la diversidad pero en cuanto a la composición de las comunidades de macroinvertebrados edáficos esta diferencia no es significativa, esto se debe a que en la metodología de Vásquez (2013), toma como la unidad de estudio toda la finca, que es una unidad productiva con más de un sistema de producción y, en el caso de macroinvertebrados edáficos su estudio se realizó en un sistema específico que son las hortalizas, el cual depende para el caso, de cultivos con poca cobertura, manejo intensivo y abono orgánicos tipo bocashi y gallinaza, que en alguna medida podrían afectar las poblaciones en términos de abundancia, riqueza y dominancia de los grupos taxonómicos (aspectos que debe de estudiarse posteriormente) también depende del tipo de productores quienes tienen una visión y propósito diferentes en cuanto al manejo de sus sistemas.

En la correlación de variables macroinvertebrados y análisis químicos y físicos del suelo se obtuvo un 71.91% de inercia (Figura 17) que refleja una baja influencia de estos factores en las poblaciones de macroinvertebrados edáficos, por lo que no se asegura que esta relación es tangible; Huerta *et al.* 2008 señalan que los efectos directos o indirectos de los organismos del suelo hacia el suelo se han estudiado, pero aún hace falta profundizar en

muchos de ellos. Al analizar el grupo más abundante presente en los sistemas Lombrices, se observó que hay una relación con la variable pH, Fósforo (K) y Magnesio (Mg) y son opuestas a las variables de materia orgánica y Nitrógeno presente en las parcelas, sin embargo esta relación es un poco vaga debido a que las lombrices no tienen una preferencia por elementos presentes en el suelo, pero si por el conjunto de la materia orgánica, que puede ser específica en alimento de acuerdo a la especie de lombriz que está presente en el suelo. Huerta *et al.* 2008, realizaron un estudio en el que se hace una correlación donde el mayor número de órdenes de macroinvertebrados edáficos se encuentran en los sitios que presentan cantidades altas de nitrógeno total, fósforo disponible y materia orgánica, aunque el valor de correlación de Spearman (r) sólo muestra relaciones significativas entre la cantidad de materia orgánica y el nitrógeno total.

En este estudio se trató de identificar la relación de algún grupo o grupos de macroinvertebrados del suelo e indicar el grado de fertilidad que éste puede presentar. Los macroinvertebrados producen efectos directos sobre las propiedades del suelo como lo son la humificación y mineralización de la materia orgánica (Lal, 1988). Sus actividades se realizan a una escala de centímetros a decímetros, y los denominados ingenieros del ecosistema (lombrices, termitas y hormigas) junto con las raíces determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de agregados y poros de diferentes tamaños (Lavelle *et al.* 2006), lo que repercute en la estructura del suelo y en la fertilidad del mismo.

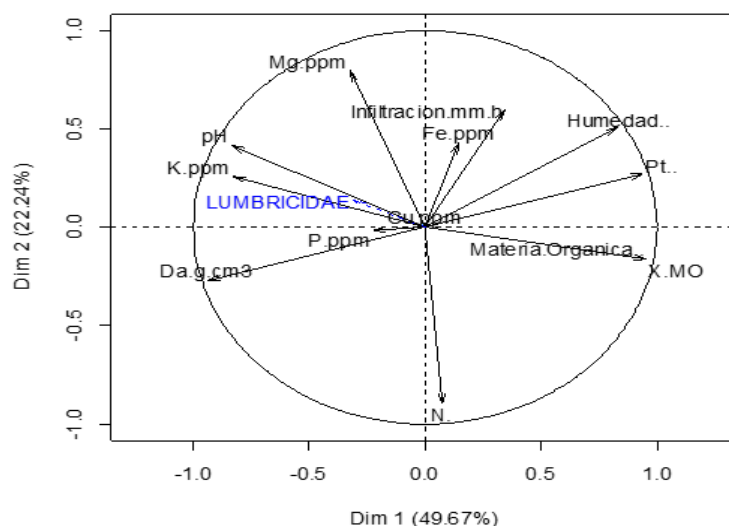


Figura 17. Análisis de componentes principales con variables físico químicas de parcelas agroecológicas y convencionales.

4.9 Análisis económico de los cultivos

Los costos de producción total se detallan en el cuadro 16, donde también se resume el ingreso total e ingreso neto.

Cuadro 16. Costos de producción del cultivo de lechuga, cebollín y repollo.

	Agroecológico (Lechuga)	Agroecológico (Cebollín)	Convencional (Repollo)
Mano de obra	10.98	16.20	3.01
Insumos	6.82	5.26	3.98
Trasporte	1.50	1.50	0.46
Arrendamiento	-----	-----	0.41
Total	19.30	22.96	7.86

4.9.1 Relación beneficio/costo

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos en estudio se realizó el análisis de beneficio/ costo, tomando los costos y beneficios por área de 25 m² (área por mesa de cultivo). En el cuadro 17, se presentan los rendimientos e ingresos con relación a los beneficios costos obtenidos. En la relación costo- beneficio (Cuadro 18) se indica que los tratamientos tienen una recuperación de las inversiones más un porcentaje; expresando que por cada dólar que el productor invierte, el productor obtiene por el dólar invertido un margen adicional de ganancia donde los tratamientos agroecológico cultivo: Lechuga y agroecológico cultivo: Cebollín obtuvieron una relación beneficio/ costo de \$0.40 USD y \$0.36 USD, respectivamente. Tomando como base para la relación, el precio de venta a la planta procesadora de la cooperativa \$0.18 USD la lechuga por unidad y \$0.18 USD el manojo de cuatro onzas de cebollín y en el caso del repollo se tomó el precio promedio de un ciento de repollos en el mercado local (\$20 USD el ciento de repollo entero).

Cuadro 17. Rendimientos e ingresos en el cultivo de lechuga, cebollín y repollo.

Rendimientos e Ingresos (25 m ²)			
Tratamiento/ Cultivo	Unidades	Rendimientos	Precio Unitario \$ USD
Agroecológico (Lechuga)	Unidades	150	0.18
Agroecológico (Cebollín)	Manojos	200	0.18
Convencional (Repollo)	Unidad	60	0.20

Cuadro 18. Relación costo/beneficio de los cultivos de lechuga, cebollín y repollo.

Relación Beneficio Costo				
Tratamiento/ Cultivo	Costo de producción (\$ USD).	Ingreso (\$ USD)	Ingreso Neto (\$ USD)	Relación Beneficio/ Costo (\$USD)
Agroecológico (Lechuga)	19.3	27.00	7.70	0.40
Agroecológico (Cebollín)	22.96	36.00	13.04	0.36
Convencional (Repollo)	7.86	9.60	1.74	0.22

Como observamos la relación costo/beneficio es mayor en la finca agroecológica, con \$0.40 USD y \$0.36 USD por cada dólar invertido, esto se debe a que tienen un mercado ya establecido para la comercialización y que sus precios se mantienen a largo plazo y por ser de producción orgánica, el producto tiene un valor agregado.

En la finca convencional, la relación beneficio costo es menor \$0.22 USD porque no tienen un valor fijo en el mercado sino que dependen de los precios que intermediarios ofrecen al productor.

5. CONCLUSIONES

La evaluación de los diseños y manejos de la biodiversidad en los sistemas de producción, el agroecológico presenta un mayor coeficiente lo cual indica que se encuentra con un avance en la transición hacia la sostenibilidad manteniendo una amplia contribución a la biodiversidad del sistema.

Los análisis físicos químicos, demuestran que el sistema agroecológico tiene mejores características que el sistema convencional.

Las comunidades macroinvertebrados edáficos mostraron diferencias en abundancia, la dominancia se debe principalmente a la abundancia de lombrices, siendo el valor más alto en el sistema agroecológico; el sistema bosque es el más equitativo, porque hay menor dominancia de especies y los nichos se encuentran estables o con mínima perturbación

Las comunidades de macroinvertebrados en los sistemas agroecológicos se ven afectados por los cultivos que son hortalizas de ciclo corto y el manejo intensivo, esto impacta directamente sobre las comunidades de macroinvertebrados, donde afectan sus condiciones de humedad, temperatura y en las propiedades físicas y químicas del suelo que constituyen el hábitad de estos organismos

La abundancia de Lumbricidae, Staphylinidae y Formicidae responde a diversos estímulos de intensidad de uso de suelo.

6. RECOMENDACIONES

El estudio de la biodiversidad agrícola debe de realizarse periódicamente, ya que es el indicador de mayor importancia para la sostenibilidad agroecosistemas.

Se deben realizar estudios más amplios, detallados y representativos de la diversidad de la macrofauna edáfica.

Los estudios de la macrofauna edáfica se deben realizar en un periodo de largo plazo, con seguimiento en diferentes estaciones climáticas y diferentes cultivos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aira, M., Domínguez, J. 2008. Optimizing vermicomposting of animal wastes: effects of dose of manure application on carbon loss and microbial stabilization. *Journal of Environmental Management* 88:1525-1529

Agroes, 2016. Abonado y extracciones y dosis de nutrientes para la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasa. (En línea). España. Consultado el 20 de Junio de 2016. Disponible en: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/coles-repollo-de-hojas-lisas/510-col-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo>

Altieri, M; Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Distrito Federal, MX. 257 p.

Altieri, M; Nicholls, C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1): 3-12.

Altieri, M; Nicholls, C. 2009. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Trad. M Altieri. Barcelona, ES. Icaria. 248 p.

Arana, C. 2014. Los macroinvertebrados edáficos y su importancia en las dinámicas agro-productivas. *BIOMA* 2(16):46-52.

Badii, M; Landeros, R; Foroughbackch, R; Abreu, J. 2007. Biodiversidad, evolución, extinción y sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Consciencie* 2 (2): 229-247.

Bautista, A; Etchevers J., Del Castillo R., Gutiérrez C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* No. 2. 10p.

Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica fundamentos para la región andina. Al. 498p.

Berg, G. 2000. Caracoles y babosas de importancia cuarentenaria, agrícola y médica para américa latina y el caribe. Distrito Federal, MX. 132p.

Borror, D.J; Triplehorn, C; Johnson, N.F. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing. Philadelphia, Pensilvania. 872p

Brown, G; Fragoso, C; Barrios, I; Rojas, P; Patrón, J; Bueno, J; Moreno, A; Lavelle, P; Ordaz, V; Rodríguez, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zool MX* 1: 79-110.

Burges, A; Raw, F. 1971. *Biología del suelo*. Barcelona. ES. 596 pg.

Cabrera, G. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. La Habana, CU. 34p.

Chamorro, C. 2001. El suelo: Maravilloso teatro de la vida. *Revista ACAD* 25(97): 483-494.

Caicedo, A; L, Sánchez. 2011. Invertebrados asociados a ecosistemas tropicales alterados por incendios de cobertura vegetal. Tesis. Administración del medio ambiente y de los recursos naturales. Santiago de Cali. Colombia. Universidad Autónoma de Occidente. 84 p.

CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Turrialba, CR. 260 p.

Chiri, A. 1989. Las Arañas: biología, hábitos alimenticios e importancia como depredadores generalizados. *Manejo de Plagas agrícolas* 12 (1): 67-81.

Costa, C; Ide, C.E.2000. Insectos inmaduros, métodos e identificación. Monografía. 3er. Milenio, Vol. 5. Sociedad Entomológica Aragunense. ES. 300p.

Curpul, F; Bueno, J. 2015. Lista de los milpiés (Myriapoda: Diplopoda) de Nicaragua. *Entomología de Nicaragua*. 23(2):3-19.

Domínguez, J., Bohlen, J.P., Parmelee, R.W. 2004. Earthworms increase nitrogen leaching to greater soil depths in row crop agroecosystems. *Ecosystems* 7:672-685.

Echeverria, H; Cecilia, V; Nicolás, W; Nahuel, R; Guillermo, A. 2014. Guía de Trabajos Prácticos de Edafología. Universidad Nacional de Mar del Plata. AR. 25 p.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nation, IT). 2010. La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas. (En línea). Italia. Consultado el 8 de ago. 2014. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/paia/biodiversity/agroeco_biod_es.pdf

Galán, A; Pérez, A. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología* 7(1): 109-115.

Gutierrez, G; Villegas, E. 2009. Los coleópteros y el compost. *Revista Lasallista de Investigación*. 1(1): 93-95.

Guzmán Casado G, M González de Molina & E Sevilla Guzmán. 2000. Métodos y técnicas en Agroecología. Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 5: 149-195.

Hart, R. 1979. Agroecosistemas del trópico. Documento presentado en el curso sobre el control integrado de plagas en sistemas de producción para pequeños agricultores. Turrialba, CR. 25 p.

Huerta, E; Rodríguez Olan, J; Evia Castillo; Montejo Meneses, E; García Hernández, R. 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macro invertebrados. *Terra latinoamericana* 26(2): 171-181.

Iraola, V. 2001. Introducción a los ácaros II: Hábitats e importancia para el hombre. *ARANEC* 28(7): 141-146.

Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *OIKOS* 113: 363 – 375.

Kindt, R. y Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies.: World Agroforestry Centre (ICRAF) Nairobi. 207 p.

Lagos, S. 2014. Las arañas características principales y especies más comunes. (En Línea). Argentina. Consultado el 15 de oct. 2015. Disponible en: http://wiki.mendoza-conicet.gob.ar/images/e/e6/Ar%C3%A1cnidos_comunes_de_Mendoza.pdf

Lal, R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 101-116.

Lavelle, P., T. Decaëns, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, F. Margerie, P. Mora, and J. P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services, *Eur. Soil Biol.* 42: 3-15.

MAG (Ministerio de agricultura y ganadería, SV). 2005. Plan de manejo de la subcuenca del río Nunuapa, San Ignacio, SV. 84 p.

MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2014. Boletín Climatológico Anual 2014. *In* Informe anual 2014. El Salvador. 5-16 p.

Martínez, I. 2011. La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. Veracruz, MX. 73 p.

Moreira, F; Huising, J; Bignell, D. 2012. Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. México, 337p.

Navarrete, A; Vela, López, J; Rodríguez, M.2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de suelo. *Contactos* 80 (1): 29-37.

Ramírez, W. 2013. Estudio de indicadores de la calidad del suelo en áreas destinadas a producción intensiva de gramíneas cespitosas. Tesis Mag.Sc. Perico, CU. Estación Experimental "Indio Hatuey". 83 p.

R Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Rendón, S; Artunduaga, F; Ramírez, R; Quiroz, R; Leiva, E. 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias Medellín* 64(1):5793-5802

Reyes, J. 2013. Evaluación de la calidad del suelo en un agroecosistema orgánico de hortalizas y un agroecosistema convencional de papa en el municipio de guasca, Cundinamarca, 2013. Tesis. Lic. Ecología. Bogotá, CO. Pontificia Universidad Javeriana. 64 p.

Ríos, Y. 2014. Importancia de las lombrices en la agricultura. *Sistemas integrados de producción en no rumiantes* 1(1): 57- 72.

Rivas,W; Menbreño, J; Perez, M. 1992. Estudio preliminar de artrópodos edáficos bajo diferentes condiciones de manejo del suelo en el Cantón Shaltipa de la Cuenca del Lago de Ilopango. Tesis. Ing. Agr. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador. 239 p.

Rivera, L; Ambrecht, I.2005.Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y de bosque de Risaralda. Revista Colombia de entomología 31 (1): 89-96

Saturnino, A; Torralba, M; Cermeño, F; Barbero, A.2011. Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. (En línea). España. Consultado el 10 de marzo del 2015. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/60833/1/Capitulo13_38.pdf

Salmerón, F; Salazar, D. 2014. Estudio sobre los aportes del modelo de producción agroecológico tanto a la seguridad, soberanía alimentaria y nutricional (SAN), como al desarrollo sostenible en fincas de pequeños productores en Honduras, El Salvador y Nicaragua. *In* Protocolo de investigación regional. Managua, NI. 17 p.

Sarandón, S; Flores, C.2009.Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistema: una propuesta metodológica. Agroecología. 4(1):19-28.

Spedding,W. 1975. The biology of agricultural systems. Academic Press. Londres. 261 p.

Vázquez, L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Agroecología. 8 (1):33-42.

8. ANEXOS

A- 1. Diagnóstico agro-ecológico, social y cultural

1. DATOS GENERALES DE LA FINCA.	
Nombre de la parcela/finca:	
Área de la finca o parcela/Mz:	
Ubicación, país: Comunidad/caserío: Cantón/Municipio: Departamento:	
Datos/Edafoclimático: Clima: Tipo de suelo:	
Altitud /msnm:	
Época de lluvias:	
No. Meses con lluvia:	
2. DATOS GENERALES DEL PROPIETARIO.	
Nombre y Apellidos:	
Estado Civil:	
No. De hijos:	
Escolaridad:	
Otras personas que dependen:	

Guía para Criterio					
Agro tecnológico.					
1. ¿Cuántas divisiones o áreas de manejo tiene en su finca?	Número de Divisiones o Lotes		Nombre de Divisiones o lotes		
2. ¿Cuántas manzanas tiene usted por cada tipo de cultivos?	No. Lotes	No. Manzanas	Rubro/uso actual		
3. ¿En cuántas manzanas practica asocio o rotación de cultivos?	Área con asocio	Manzanas con asocio ciclo corto	Primera:	Postrera:	Apante/otro:
	Cultivos que asocia	Manzanas con asocio de semipermanentes			
		Manzanas:	Primera:	Postrera:	Apante/otro:

¿Qué cultivos rota cada año?					
4. Qué implementos y herramientas agrícolas utiliza?	Manual	Tracción Animal		Mecanizada	
5. ¿Qué labores culturales Principales realiza en sus cultivos?					
6. ¿Qué semillas utiliza: Puede mencionar sus técnicas de selección y mejoramiento de semillas? ¿Produce algunas variedades de semillas que considera de su propiedad?	Criolla o acriollada		Registrada		Certificada
	Técnica propia de selección y mejoramiento de semillas		y/o de		
7. Comparte sus semillas o intercambia técnicas con sus vecinos productores/as?	Puede enumerarlas?				
8. ¿Qué rendimientos obtiene por cultivo	1.Cultivos	Rendimiento por manzana			

por manzana y en producción pecuaria?			
	2.Bovinos	Producción	
	Leche		
	Carne		
	Aves		
	Carne		
	Huevos		
	Otros		
9. ¿Ha calculado cuánto es su pérdida pos cosecha? Si es si ¿Qué medidas aplica para reducir esa pérdida? Si no hubiera pérdidas, puede comentar su experiencia?			
10. ¿Qué métodos de prevención o control aplica en su sistema ante plagas, enfermedades y malas hierbas o arvenses?	Problem as	Acciones preventivas	Acciones de Control
	Plagas		
	Enferme dades		
	Malas hierbas o arvenses		
11. ¿Qué tipos de registros técnicos lleva de su producción?			

12. ¿Ha recibido asistencia técnica? Si recibe, de quién recibe asistencia técnica? ¿En qué necesita asistencia técnica/AT?					
13. ¿Cómo usa los desechos de sus cultivos?					
14. ¿Cuáles son las fuentes de agua para sus cultivos, ganado y uso doméstico en su finca?—¿Hace cosecha de agua? Hace algún tratamiento a agua residuales?					
15. ¿Cuenta con mano de obra calificada?	Mano de obra familiar Mano de obra local				
16. ¿Qué técnicas de nutrición y métodos utiliza para manejo del ganado mayor y menor?	Tipo de Ganado	Pasto natural	Pastos mejorados y otros	Estabulado/ Semiestabulado	O t r o
17. ¿Ha realizado estudios de suelo en campo y laboratorio?, Si los hizo qué resultados obtuvo?	Materia orgánica, / y otros?	Ph o medida de acidez de suelo	Nutrientes mayores y menores	Textura y otros	Mic roo rga nis mo s

<p>18. ¿Si conoce y aplica por su cuenta alguna técnica propia para verificar densidad de materia orgánica, Ph/la acidez del suelo y sobre presencia de sales minerales en cada lote? Se levantan muestras para hacer pruebas básicas con medios disponibles</p>	
<p>19. ¿Implementa prácticas de conservación de suelos y agua?</p>	<p>Describa cuales (unidades)y cuantifique(metros lineales)</p>
<p>20. ¿Qué otras tecnologías o prácticas agroecológicas aplica?</p>	
<p>21. ¿Sabe algo acerca de la importancia de los minerales en la producción? Conoce el tipo de rocas que hay en su finca o comunidad? Ha oído hablar de la harina de rocas y su importancia</p>	

<p>para reconstruir los suelos? Le gustaría conocer y aprender a aplicar harina de rocas en su huerta?</p>			
<p>22. ¿Qué tipos de insumos agrícolas y pecuarios está utilizando y cuál es su origen?</p>	Insumo	Origen	
<p>23. ¿Sabe qué impactos ambientales y económico-productivos generan el uso de agroquímicos? ¿Si sabe a qué llaman BPA?</p>			
<p>24. Conoce de la aplicación de buenas prácticas agroecológicas y orgánicas (BPAE) para la producción de alimentos sanos?</p>			
<p>25. Si aplica alguna o varias de este tipo de prácticas de producción sin químicos en</p>			

agricultura y ganadería, qué ventajas ha obtenido?	
26. ¿Si sabe algo sobre energía renovable, y si aplica alguna de ellas?	
27. Tiene algún otro dato sobre aspectos técnicos que pudiera compartirnos?	

<u>5.2: Guía para Criterio Económico.</u>			
1. ¿Qué rubros cultiva sólo para autoconsumo?	No. Manzanas-Producción-Precio Estim.		
2. ¿Qué rubros cultiva tanto para autoconsumo y para comercializar?	Rubro	Cantidad y % de autoconsumo	Cantidad y % comercializada

<p>3. ¿Elabora algunos registros de costos y de ingresos por manzana o por rubros? si lo hace, puede mostrarlo? Le gustaría llevar un buen sistema de registro?.</p>	
<p>4. ¿Sabe usted si los rubros que maneja en su finca o en parte de ella, son rentables?</p>	
<p>a) ¿Conoce su costo de producción de cada rubro que cultiva y cosecha?</p>	
<p>b) ¿En qué precios vende cada qq de sus cosechas de granos?</p>	
<p>c) ¿Cuál es el costo y los ingresos por venta de aves y huevos?</p>	
<p>d) ¿Cuál es el costo e ingresos por venta de leche?</p>	
<p>e) ¿Si produce y donde vende vacas y novillos, terneros, donde, sabe cuál es su costo, ganancia?</p>	
<p>f) ¿Si produce y donde comercializa cerdos, otras</p>	

especies menores, sabe sus costos y ganancia?			
g) ¿Si tiene producción forestal y donde la comercializa, sabe sus costos y ganancia?			
6. ¿Ha hecho mejoras de infraestructura en su finca en los últimos cinco años? Es por esfuerzo propio, créditos, proyectos de fomento de ONG's o de gobierno?	Descripción de la mejora	Apoyado por	
7. ¿Si utiliza mano de obra contratada o familiar, cuál es su costo?		Contratada	Familiar
	Costo		
8. ¿Cuánto paga de cuota de membrecía gremial?			
9. ¿Cuánto paga en cuota de gastos y aportes al capital de la cooperativa?			
10. ¿Aporta cuotas o donativos a otras actividades?			
11. ¿A la pareja: Cuánto es el gasto por mes en su casa (alimentación, energía eléctrica, agua, educación,			

salud, vestuario, diversión?	
12. ¿Qué otros gastos tiene en su casa por mes?	
13. ¿Cuánto gasta en combustible?	
14. ¿Cuánto gasta en transporte?	
15. ¿Cuál es el ingreso familiar por mes?	
16. ¿Cuenta con medio de transporte para sacar su producción?	
17. ¿Recibe financiamiento para sus actividades?	
18. ¿Sabe cuánto paga anualmente en impuestos? Si aplica.	
19. ¿Recibe remesas familiares?	
20. ¿Cuenta con un plan de inversión?	
21. ¿En algún rubro trabaja con plan de negocios?	

Guía para Criterio Socio-político y Cultural		
1. ¿Qué tan importante es para usted planificar las actividades de su finca?		
2. ¿Planifica todas o parte de las actividades de su finca?		
3. ¿Cuál es la situación legal de su tierra? Comparte con su esposa, compañera o algún familiar la propiedad de la finca o parcela?		
4. ¿Qué porcentaje de participación tiene su familia en las actividades de la finca (hombres, mujeres, jóvenes, ancianos)?		
5. ¿Participa en organizaciones :	1. Gremial (), Cooperativa(), religiosa (), deportiva (), partidaria (), Otras:	
6. ¿A qué distancia de la carretera municipal y departamental está su finca?		
7. ¿Se encuentra solvente con la municipalidad?		
8. ¿A qué servicio de salud tiene acceso?		
9. ¿Qué nivel de educación tienen los miembros de su familia?	Miembros de la Familia	Escolaridad
	Esposa/esposo/acompañante	
	Hijo 1	
	Hijo 2	
	Hijo 3	
	Hijo 4	
	Hijo 5	
10. ¿Ha realizado intercambio de experiencias entre productores?	Cada cuanto y Donde?	

11. ¿Ha recibido capacitaciones sobre Agricultura agroecológica u orgánica? ¿En qué temas?	
12. Tiene alguna experiencia propia en elaboración y aplicación de insumos agroecológicos y orgánicos para abonos y control de plagas y enfermedades?	Cuáles?
13. ¿En qué temas le gustaría capacitarse en el futuro?	
14. ¿Qué programa de gobierno conoce y en cuáles participa?	
15. ¿Qué proyecto ha hecho la alcaldía en su comunidad y en qué le ha servido? Desde su experiencia agroecológica ha incidido en los programas de la Alcaldía?	
16. ¿Es asociado a una cooperativa y que beneficio obtiene de ella?	
17. ¿Participa en algún comité o mecanismo de desarrollo comunal o municipal?	
18. ¿Qué ONG conoce en la zona y si recibe beneficio de ella?	
19. ¿Qué servicios públicos existen en su comunidad?	
20. ¿Sus caminos de acceso a su finca son transitables en todo tiempo?	
21. ¿Cuenta con energía eléctrica, agua potable, letrina u otros en su finca?	
22. ¿Existen establecimientos religiosos en su comunidad? Participa en alguna de ellas?	
23. ¿Existen centros de recreación y si participa en ellos?	
24. Si el productor/a o miembros de su familia participan en actividades comunitarias, ¿qué tiempo le dedican y qué responsabilidades asumen?	

<u>Guía para Criterio de Medio Ambiente/Recursos Naturales</u>	
1. ¿Cómo entiende usted el concepto de medio ambiente?	
2. ¿Sabe algo sobre biodiversidad?	
3. ¿Qué prácticas utiliza para proteger el medio ambiente?	
4. ¿Si tiene bosques, qué uso les da?	Madera aserrada(), postes (),

	leña (), carbón (), otro ()
5. ¿Qué especies de árboles existen en su bosque? (cuales son los más importantes)	
6. ¿Existe animales silvestres en su finca, indique las especies principales?	
7. ¿Practica la quema? Si es si, cada cuánto tiempo la aplica? Tiene noticias de porqué nuestros antepasados indígenas no quemaban cada año sus tierras de siembra?	
8. ¿Sabe qué tipo de efectos tiene en el medio ambiente y la salud el uso de agroquímicos?	
9. ¿Puede enumerar algunos de esos riesgos y daños? Realiza o piensa realizar algunas acciones para reducir esos riesgos y daños en su familia y comunidad?	
10. Qué actividades realiza para manejar los desechos vegetales y no vegetales?	
11. Conoce algunas ventajas del uso de abonos ecológicos u orgánicos en la producción de alimentos?	
12. ¿Recicla desechos para elaborar algunos abonos para sus cultivos? (Cuáles)	
13. ¿Conoce sobre existencia de Leyes o iniciativas de Leyes sobre: 1. Agua, 2. Seguridad Alimentaria y Nutricional, y 3. Producción Agroecológica?	
14. ¿Conoce algunos puntos específicos sobre la Ley general del medio ambiente?	

A- 2. Guía para la determinación del Criterio de Biodiversidad: metodología de Dr. Luís Vázquez.

Cuadro 1. Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		FA	FC
Tipos de rubros productivos(Pr 1)	1: ha integrado 1- 2 tipos de rubros productivos; 2: ha integrado tres tipos de rubros productivos; 3: ha integrado más de tres rubros productivos; 4: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales.	1	0
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustico(Pr 2)	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos ;4: más de 10 cultivos	3	1
Aprovechamientos de los ecosistemas de cultivos temporales (Pr 3)	1: menos del 25% de la superficie con 2-3 siembras; 2: 25-50% de la superficie con 2-3 siembras; 3: más de 50% de la superficie con dos siembras; 4:más del 50% de la superficie con tres siembras	4	0
Superficies con diseños de policultivos(Pr 4)	1: menos 26%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: más del 75%	4	0
Complejidad en los diseños de policultivos(Pr 5)	1: dos especies asociadas o intercaladas; 2: tres especies asociadas o intercaladas; 3: cuatro especies asociadas o intercaladas; 4: más de cuatro especies asociadas o intercaladas	4	1
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos(Pr6)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	0	0

Superficies con diseños agroforestales (Pr 7)	1:menos 26%; 2:26-50%;3: 51-75%; 4:más del 75%	0	0
Complejidad de los diseños agroforestales(Pr 8)	1:dos especies integradas; 2:tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	0	0
Diversidad de animales en sistema de crianza(Pr 9)	1: 2-1 especies; 2: 3-4 especies; 3: 5-6 especies; 4: más de 6 especies	0	0
Superficies con diseños silvopastoriles (Pr 10)	1:menos 26%; 2: 26-50%; 3:51-75%; 4: más del 75%	0	0
Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles (Pr 11)	1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	0	0
Complejidad de sistema con diseños mixto(Pr 12)	1: integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2rubros productivos; 2: integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos ;3: integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos	1	0
Superficie de sistemas de cultivos complejos (Pr13). (Pr 4 +Pr 7+ Pr 10+Pr12).	1: menos 26%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4:más de 75%	4	0
Procedencia del material de siembra (Pr 14)	1: 100% nacional; 2: 50-50%(nacional-provincia); 3: más de 50-70 % forma productiva propia; 4: más de 70% propia.	2	2
Orígenes de variedades(Pr 15)	1: 100% importado; 2: entre 40-60% nacional-importado; 3:mas 60% obtenido en la forma productiva y propia; 4: mas 70%(incluye autóctonas)	1	2
Procedencia de pie de crías de animales (Pr 16)	1: 100%nacional; 2: 50-50(nacional-provincia); 3: más 50-70%forma productiva; 4: más de 70% propia.	0	0

Origen de razas (Pr 17)	1: 100%importado; 2: entre 40-60% nacional-importado; 3: más de 60%obtenido en la forma productiva y propia; 4: más de 70% propia (incluye autóctonas).	0	0
Autosuficiencia en alimento para animales de raza (Pr 18)	1: genera hasta el 25%; 2:genera hasta el 50%; 3: genera hasta el 75%; 4: genera más del 75%.	0	0
DMBPr		1.96	0.26

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

Tabla 1: $DMBPr = \frac{\sum (2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + \dots + Pr17 + 2Pr18)}{23}$

Cuadro 2: Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del suelo (MSC)

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		FA	FC
Sistema de rotación de cultivo (S1).	1: rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema de rotación concebido según demanda del suelo(propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera además de 2, la reducción de incidencia arvenses; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelos, arvenses, plagas, enfermedades).	4	0
Superficie en rotación de cultivo (S2)	1: rota, hasta el 25%de los campos de cultivos temporales y anuales; 2: rota entre 26-50%; 3: rota entre 51-75%; 4: rota más de 75%	4	0
Diversidad de fuente de biomasa orgánica (S 3).	1: cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos.	2	0
Superficie con incorporación de	1: menos del 25%; 2:entre el 26 y 50%; 3:entre 50-75%; 4:más de 75%	4	1

biomasa orgánica (S 4)			
Superficie de siembra con laboreo mínimo o sin laboreo (S 5)	1: menos del 20%,2: entre el 20-30%; 3: entre el 30- 50%; 4: más del 50%.	3	0
Superficies con prácticas anti erosivas (S 6)	1: menos del 25% superficie sistema; 2: entre el 26 y 50% superficie sistema; 3: entre el 50-75% superficie sistema; 4: más del 75%superficie sistema.	3	0
Conservación en la preparación del suelo (S 7)	1: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 25%; 2: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otro que no invierten el prisma); 3: utiliza con implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en más 50%; 4: solamente utiliza implementos de conservación de suelo.	0	0
MCS		3.11	0.22

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

$$MCS = \frac{\sum (2S1+S2+S3+2S4+S5+S6+S7)}{9}$$

Cuadro 3: indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del agua (MCA).

Indicadores	Complejidad	Finca	
		FA	FC
Superficie bajo sistema de riego (A 1)	1: menos 25% de la superficie; 2: 26-50% de la superficie; 3:51-75%de la superficie; 4: más del 75% de la superficie.	2	1
Sistema de riego (A 2)	1:gravedad o aniego;2: aspersores; 3:microaspersores; 4:goteo(localizado)	4	1

Sistema de abasto de agua para uso agrícola (A 3).	1: acueducto; 2: pozo; 3: natural; 4: colecta de lluvia.	3	3
Manejo de drenaje (A 4).	1: menos 25%de la superficie; 2: 26-50%de la superficie; 3:51-75% de la superficie; 4: más del 75% de la superficie.	2	0
Sistema de drenaje (A 5).	1: creado naturalmente; 2: elaborado según observación de agua; 3: elaborados según curvas de nivel; 4: elaborado según (2)+ (3).	2	0
MCA		2.57	1.14

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

$$MCA = \frac{\Sigma (A1+A2+2A3+2^2A4+A5)}{7}$$

Cuadro 4: Indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr).

Indicadores	Complejidad	Finca	
		LP	LT
Decisiones de intervenciones de rubros productivos vegetales(I 1)	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se han reducido entre un 20-40% el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41- 60; 4: cuando se ha reducido más de un 60%.	2	1
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales (I 2).	1: menos del 20% de insumos biológicos; 2: 21-40% de insumos biológicos; 3:41-60% biológicos; 4: más de 60% de insumos biológicos	4	0
Decisiones de intervenciones en rubros productivos animales(I 3)	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se han reducido entre un 20-40%; 3: cuando se han reducido entre un 41- 60%; 4: más de 60% de insumos biológicos.	0	0
Integración de intervenciones biológicas de rubros	1: menos del 20% de insumos biológicos; 2: 21-40% de insumos biológicos; 3:41-60%biologicos; 4: más del 60%de insumos biológicos.	0	0

productivos animales (I 4)			
Niveles	1:genera hasta el 25% de los insumos utilizados; 2: genera hasta el 50%; 3:genera hasta el 75%; 4:genera más del 75%	2	0
MISRPr		1.71	0.14

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

$$\text{MISRPr} = \frac{(I1+2i2+I3+2i4+i5)}{7}$$

Cuadro 5: Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		FA	FC
Superficies con barreras vivas laterales(Au 1)	1:menos 25% campo; 2:26-50% campo; 3: 51-75%campo; 4:más de 75% campo	2	0
Diversidad de especies en barreras vivas laterales(Au 2)	1: una especie; 2:dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	2	0
Superficies con barra libres intercaladas(Au 3)	1:menos 25% campo; 2:26-50% campo; 3: 51- 75% campo; 4: más de 75% campo	0	0
Diversidad de especies en barreras vivas intercaladas(Au4)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	1	0
Corredores ecológicos internos(Au 5)	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2:se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementa según diseño; 4: (2) o (3)+ se conecta con barreras vivas y cerca viva perimetral.	4	1
Diversidad de especies en	1: una especie predominante (mayor 30%); 2: dos especies predominantes; 3: tres especies	3	1

corredores ecológicos internos(Au 6)	predominantes; 4: más de tres especies predominantes.		
Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos(Au 7)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2(1)+ 1-2 especies arbustivas; 3: (1)+(2)+ 1-2 especies herbáceas; 4: más de tres especies arbustivas o arbóreas	1	1
Manejo de ambientes seminaturales(Au 8)	1: existe, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias.	2	0
Diversidad estructural de los ambientes seminaturales(Au9)	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1)+(2)+ predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas.	1	0
Manejos de arboledas (Au 10)	1: existe, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementa; 4: se mejora sus funciones integrando plantas necesarias.	2	0
Diversidad estructural de las arboledas (Au 11)	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2)+ predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivos o arbóreas.	1	0
Manejo de cerca perimetral (Au 12)	1: menos 25% de la periferia; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: más 75%.	4	0
Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (Au 13)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+ 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: más de tres especies arbustivas o arbóreas.	2	0
Tolerancia de arvenses (Au 14)	1: solo en la etapa final del cultivo; 2: desde que pasa el periodo crítico del cultivo; 3: según grado de incidencia; 4: durante todo el cultivo, de acuerdo a la incidencia de especies más competitivas.	3	0

Diversidad de animales para labores (Au 15)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	0	0
DMBAu		2.05	0.23

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

$$DMBAu = \frac{\Sigma(2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15)}{22}$$

Cuadro 6: Indicadores para evaluar el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		FA	FC
Incidenia de arvenses(As1)	1: más de 75% grado de enmalezamiento; 2: entre 51 y 75% grado de enmalezamiento; 3: entre 26-50% grado de enmalezamiento; 4: menos de 25% grado de enmalezamiento.	3	2
Diversidad de arvenses(As2)	1: se observan tres especies; 2: se observan 3-7 especies; 3: se observan 8-11 especies; 4: se observan más de 11 especies.	1	2
Incidenias de nematodos de las agallas(As3)	1: más del 75% plantas afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%.	3	3
Incidenia de organismos nocivo en cultivos(As4)	1: más del 75% superficies afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%.	3	3
Diversidad de organismo nocivos fitófagos (As5)	1: se observa una especie; 2: se observa dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	3
Diversidad de organismos nocivos Fito patógenos(As6)	1: se observa una especie; 2: se observa dos especies; 3; se observa tres especies; 4: se observa más de tres especies.	3	3
Incidenias de organismos nocivos en los animales de cría (As7)	1: más de 75% individuos afectados; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%.	0	0

Diversidad de parásitos en animales de cría(As8)	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	0	0
Diversidad de enfermedades de animales de cría(As9)	1: se observan una enfermedad; 2: se observan dos enfermedades; 3: se observan tres enfermedades; 4: se observan más de tres enfermedades.	0	0
Diversidad de polinizadores(As10)	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies	3	2
Diversidad de grupos de reguladores naturales(As11)	1: se observa uno o dos grupo; 2: se observa dos a tres; 3: se observa de uno a cinco; 4: se observa más de cinco.	2	1
Población de reguladores naturales (As12).	1: se observa de 1-5 individuos; 2: más de 5 individuos; 3: más de 10 individuos; 3: inmediateamente se observan altas poblaciones.	1	1
Diversidad de macro fauna del suelo (As13).	1:0,1-2,0 especies; 2: 2,1-3,0 especies; 3:3, 1-4,4 especies; 4: más de 5,0 especies.	2	1
Población de macro fauna del suelo (As14).	1: 1-5 individuos/m2; 2:5-9 individuos/m2; 3: más de 10 individuo/m2; 4:(2) o (3) individuos/m2 inmediateamente.	1	1
EBA's			

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:

$$EBA's = \sum (As1 + \dots + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14) / 16$$

Al concluir el diagnóstico con el resultado completo en cada una de las tablas del 1 al 6, se determina el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) del sistema de producción, mediante la expresión siguiente:

$$CMB = \sum (DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBA's) / 6.$$

Finalmente se puede clasificar el sistema respecto al nivel de complejidad alcanzado por diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad (Cuadro 7), que refleja mediante

rangos los grados de complejidad de la Biodiversidad, que se pueden encontrar en las fincas al aplicar esta metodología.

Cuadro 7. Determinación del nivel de complejidad de la diversidad durante la reconversión de SPA

CMB	Grado de complejidad de la biodiversidad
0,1-1,0	Simplificado(s)
1,1-2-0	Poco complejo(pc)
2,1-3,0	Medianamente complejo(mc)
3,1-3,5	Complejo(c)
3,6-4,0	Altamente complejo(ac)