

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL**



PRESENCIA DE MACRO INVERTEBRADOS EDÁFICOS EN UN SISTEMA DE GRANOS BÁSICOS CON ENFOQUE AGRO ECOLÓGICO, CANTÓN LAS ISLETAS, MUNICIPIO SAN PEDRO MASAHUAT, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

POR: JOSÉ INOCENTE MOLINA

REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

SAN VICENTE, JUNIO DE 2017

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Lic. MSc. Roger Armando Arias

SECRETARIO GENERAL:

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

AUTORIDADES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANA:

Licda. MSc. Yolanda Cleotilde Jovel Ponce

VICE-DECANO:

Lic. MSc. Luis Alberto Mejía Orellana

SECRETARIA:

Licda. MSc. Elida Consuelo Figueroa de Figueroa

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Ing. Agr. MSc. René Francisco Vásquez

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez

DOCENTES ASESORES DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. MSc. Dagoberto Pérez

Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes

Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre Castro

RESUMEN

Los invertebrados que habitan el suelo son actores importantes en los procesos edáficos, los cuales comprenden a organismos con tamaños y estrategias adaptativas diferentes. Los de mayor tamaño, constituyen la macro fauna (ancho del cuerpo mayor a 2 mm), que se destaca por afectar directa o indirectamente las propiedades del suelo. Las comunidades presentes son la consecuencia de las prácticas de manejo de suelo que se realizan, por lo que tienen gran potencial de uso como indicadores. El presente trabajo de investigación se realizó en las fincas ubicadas en el cantón Las Isletas y Colonia La Lima de San Pedro Masahuat, La Paz, donde se analizó la influencia de dos sistemas de producción con manejo agro ecológico y convencional en granos básicos, en la composición de las comunidades de macro invertebrados en el suelo. La metodología de trabajo consistió en la caracterización de las fincas con un diagnóstico agro ecológico con 4 criterios: agro tecnológico, económico, sociocultural- político y ambiente; a la información se le aplicó el análisis FODA para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene la actividad productiva en la finca agro ecológica. Así mismo, se determinó el grado de complejidad de la biodiversidad del sistema finca, mediante la metodología de Vázquez (2013), que contiene 4 criterios: biodiversidad productiva, biodiversidad asociada, biodiversidad auxiliar y biodiversidad introducida. En lo específico del estudio se analizaron las variables: ecosistema (Sistema Agro forestal y Cercas vivas), tecnología: suelo (morfología del perfil del suelo, características físicas y químicas con sus indicadores densidad aparente, infiltración, materia orgánica y profundidad de suelo), organismos del suelo, especialmente macro invertebrados y el agua de pozo de la finca. Para la recolección de la información del suelo se delimitaron 3 parcelas de 10 x10 metros. El muestreo de los macro invertebrados del suelo se realizó en agujeros de 25 cm de largo x 25 cm de ancho x 15 cm profundidad. En el laboratorio se identificaron los organismos recolectados y se clasificaron en orden y familias que luego fueron preservados utilizando etanol al 70%. Para medir la biodiversidad de macro invertebrados del suelo se aplicó el índice de Renyi, y la evaluación de similitud de la composición de las comunidades para cada sitio, por medio del índice de Bray-Curtis. En cuanto a la metodología estadística se aplicó el análisis de multivarianza basado en disimilitudes, para el cual se utilizó la función Adonis del paquete de programa "R", utilizando como factor el sistema de manejo de las fincas, que permitió determinar su abundancia entre las especies y su diferencia entre las fincas. Como resultados del

estudio se encontró que existen diferencias entre las fincas en: diseño y manejo lo cual incide en la biodiversidad y el comportamiento del suelo. Es así como la distribución en la composición de las comunidades de macro invertebrados del suelo, dentro del subsistema de granos básicos se encontró mayor abundancia en la finca agro ecológica, 8.3 veces mayor que la que se encontró en la finca convencional con 104 macro invertebrados, además mayor diversidad incluyendo a las familias Lumbricidae, Phalacridae, Formicidae, Lymnaeidae, Rhinotermitidae y para el orden Isopoda por lo que sí existe diferencia significativa.

AGRADECIMIENTOS

□ **A DIOS**, por permitirme culminar mis estudios de forma satisfactoria y darme sabiduría y fuerza para la realización de este documento.

□ **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**, en especial a la Facultad Multidisciplinaria Paracentral por haber contribuido al aprendizaje, formación académica y por el apoyo directo en este proceso.

□ Un reconocimiento muy especial a los docentes asesores **Ing. Agr. MSc. Dagoberto Pérez, Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre Castro e Ing. Agr Leopoldo Serrano Cervantes**, por compartir sus conocimientos y orientaciones para el desarrollo de este trabajo de investigación.

□ A mis compañeros, Eduardo Luis Acosta Najarro, Jaime Alberto Díaz y Carlos Armando Ponce, amigos que me conocen y colaboraron directa o indirectamente para el desarrollo de este trabajo de graduación.

Al Ing. Agr. Miguel Paniagua de la Universidad de El Salvador por su amistad y apoyo, siendo fundamental en el desarrollo estadístico del trabajo de graduación.

Finalmente a Julia María Pérez, Salvador Urbina y a todo el Personal del CIETTA quienes responsablemente me recibieron y acompañaron las veces que fue necesario para la recolección de las muestras y otras actividades relacionadas con el trabajo de graduación.

DEDICATORIA

A DIOS:

Por permitirme obtener una esperanza de superación y darme la sabiduría y fortaleza para superar todos los obstáculos hasta lograr las metas plasmadas en mi vida. Por darme la vida, fe y así poder lograr mis sueños de obtener mi carrera universitaria.

A MI MADRE:

TERESA DE JESUS MOLINA CARCAMO, por brindarme siempre su apoyo, confianza, sacrificio, amor, fe y por ser un pilar fundamental en mi vida para poder llegar a realizarme como profesional.

A MIS HERMANOS:

Que siempre me apoyaron cuando los necesite, por confiar en mí en todo desafío de mi vida y sobre todo por siempre estar apoyándome en todo momento.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Por su amistad y ayuda brindada en el transcurso de mis estudios y trabajo de investigación.

A MIS MAESTROS:

Gracias por brindarme sus conocimientos, orientaciones y por todo ese apoyo desinteresado y amistad que me brindaron en el proceso de formación académica.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
	2.1. La agro ecología	3
	2.1.1. Principios de Agro ecología	3
	2.1.2. El desafío agro ecológico	4
	2.1.3. Prácticas agro ecológicas en la calidad del suelo	5
	2.2. El agro ecosistema.....	7
	2.2.1. Elementos del agro ecosistema.....	7
	2.2.1.1. Estructura.....	7
	2.2.1.2. Componentes del agro ecosistema	8
	2.2.1.3. Función	8
	2.2.1.4. Limites.....	9
	2.2.1.5. Entradas.....	9
	2.2.1.6. Salidas	9
	2.2.2. Bio-diversificación de agro ecosistemas.....	10
	2.2.3. La biodiversidad	10
	2.2.4. Beneficios de la biodiversidad	11
	2.3. Sistemas de cultivos como indicadores del agro ecosistema	11
	2.3.1. Rotación de cultivos	11
	2.3.2. Asocios de cultivo.....	11
	2.3.3 Cultivos de cobertura	12
	2.3.4. Cercas vivas.....	12
	2.3.5. Sistemas agro forestales	13
	2.4. Biología del suelo.....	13
	2.4.1. Suelo.....	13
	2.4.2. Ecosistema suelo	14

2.4.3. La calidad del suelo.....	14
2.4.4. Indicadores de calidad del suelo	14
2.4.4.1. Indicadores Químicos.....	14
2.4.4.2. Indicadores Físicos	15
2.4.4.3. Indicadores Biológicos.....	15
2.4.5. Materia orgánica	16
2.4.5.1. Conservación y uso de la materia orgánica en el agro ecosistema	16
2.4.6. Los nutrientes.....	16
2.4.6.1. Macro-nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S.....	17
2.4.6.2. Micro-nutrientes.....	17
2.5. Fauna del suelo	17
2.5.1. Macro fauna (macro invertebrados) del suelo.....	18
2.5.2. Relaciones macro fauna- hábitat	19
2.5.3. Función de la macro fauna del suelo	19
2.5.3.1. El grupo funcional de detritívoros	19
2.5.3.2. Los ingenieros del suelo o del ecosistema	20
2.5.3.3. Grupo funcional depredadores	20
2.5.3.4. Grupos funcionales fitófagos y herbívoros.....	21
2.6. Importancia funcional por orden y familia de los macro invertebrados edáficos	21
2.6.1. Orden Aránea.....	21
2.6.1.1. Familia Lycosidae.....	21
2.6.2. Orden Blattaria	22
2.6.3. Orden Coleóptera.....	22
2.6.3.1. Subfamilia Alleculidae	22
2.6.3.2. Familia Anthicidae	23
2.6.3.3. Familia Carabidae	23
2.6.3.4. Familia Curculionidae	23

2.6.3.6. Familia Histeridae.....	24
2.6.3.7. Familia Nitidulidae	24
2.6.3.8. Familia Ptinidae.....	24
2.6.3.9. Familia Scarabaeidae.....	25
2.6.3.10. Familia Staphylinidae	25
2.6.11. Familia Scydmaenidae	25
2.6.3.12. Familia Scolytidae	26
2.6.4. Clase Chilopoda.....	26
2.6.5. Orden Diplura.....	26
2.6.5.1. Familia Japygidae.....	27
2.6.6. Orden Díptera	27
2.6.7. Clase Diplópoda.....	28
2.6.8. Orden Haplotaxida	28
2.6.9. Orden Hemíptera.....	29
2.6.9.1. Familia Cydnidae.....	29
2.6.9.2. Familia Lygaeidae	29
2.6.10. Orden Himenóptera.....	30
2.6.10.1. Familia Formicidae	30
2.6.11. Orden Isóptera	30
2.6.11.1. Familia Rhinotermitidae.....	31
2.6.12. Orden Isopoda	31
2.6.13. Filo Mollusca	32
2.6.13.1. Familia Lymnaeidae	32
2.6.14. Orden Orthoptera	32
2.6.14.1. Familia Gryllidae.....	33
2.7. Manejo agro ecológico	33
2.7.1 Manejo Agro ecológico de Plagas y Enfermedades.....	33

2.8. Variable económica.....	34
2.9. Reciclaje de nutrientes.....	34
2.10. Seguridad alimentaria	34
2.11. Granos básicos Maíz y frijol	35
2.11.1. Frijol	35
2.11.2. Maíz	36
2.12. Abonos verdes	36
2.12.1. Canavalia: <i>Canavalia ensiformis</i>	36
2.13.2. Frijol Vigna: <i>Vigna radiata</i>	37
III. MATERIALES Y METODOS	38
3.1. Descripción del sitio	38
3.1.2. Características climáticas.....	39
3.1.3. Características edáficas	39
3.2. Descripción del estudio	40
3.2.1. Caracterización del sistema	40
3.2.2. Determinación de la complejidad del sistema.....	41
3.2.3. Criterios para la selección y delimitación de los sitios de muestreo.....	42
3.2.4. Estudio de las variables del modelo agro ecológico y convencional	44
3.2.4.1. Ecosistema.....	44
3.2.4.2. Variable Ecosistema.....	44
3.2.4.3. Variable Tecnología	45
3.2.4.3.1. Profundidad del suelo.....	45
3.2.4.3.2. Densidad aparente mediante el método del cilindro	45
3.2.4.3.3. Determinación de la infiltración del agua	47
3.2.4.3.4. Identificación de la Macro fauna del suelo	47
3.2.4.3.5. Determinación de la población microbiana del suelo de forma cualitativa.	48
3.3. Fase de laboratorio	48

3.3.1. Análisis químico de las muestras:	48
3.3.2. Análisis de las muestra de agua.....	49
3.3.3. Metodología estadística.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Diagnóstico de la finca agro ecológica	50
4.1.1. Criterio agro-tecnológico	50
4.1.2. Criterio económico	54
4.1.3. Criterio sociocultural.....	55
4.1.4. Criterio de Medio Ambiente/Recursos Naturales	56
4.2. Análisis FODA.....	57
4.2.1. Fortalezas	57
4.2.2. Oportunidades.....	57
4.2.3. Debilidades	58
4.2.4. Amenazas	58
4.3. Diagnóstico de la finca convencional.....	59
4.3.1. Datos generales de la finca	59
4.3.2. Criterio agro-tecnológico	59
4.3.3 Criterio económico	60
4.3.4. Criterio socio cultural.....	61
4.3.5. Criterio socio ambiental y recursos naturales	61
4.4. Determinación de la complejidad de los sistemas	62
4.4.1. Diseño y manejo de la biodiversidad productiva	62
4.4.2. Indicadores para evaluar el manejo y conservación del suelo	62
4.4.3. Manejo y conservación del agua	63
4.4.4. Manejo de intervenciones sanitarias	64
4.4.5 Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar	64
4.4.6. Elementos de la biodiversidad asociada.....	65

4.4.7. Indicadores de biodiversidad	66
4.5. Estudio de las variables del ecosistema	68
4.5.1. Sistema agro forestal	68
4.5.2. Cercas vivas.....	68
4.5.3. Variable agro tecnológico del Suelo	69
4.5.3.1. Perfil de suelo	69
4.5.4. Profundidad efectiva del suelo.....	71
4.5.5. Análisis de infiltración	72
4.5.6. Estimación de la presencia de la población microbiana.....	73
4.5.7. Densidad aparente del suelo	74
4.5.8. Contenido de macro y micronutrientes, pH y Materia Orgánica en una muestra de abono fermentado tipo bocashi elaborado en la finca agro ecológica.....	75
4.5.9. Análisis químico del suelo	77
4.5.10. Análisis de agua de pozo	79
4.5.10.1. PH del agua de pozo.....	80
4.5.10.2. Conductividad eléctrica del agua de pozo	80
4.5.10.3. Dureza del agua de pozo	81
4.6. Viabilidad de las semillas de maíz y canavalia en finca agro ecológica.....	81
4.6.1. Maíz (<i>Zea mays</i>)	81
4.6.2. Frijol Canavalia (<i>Canavalia gladiata</i>).....	82
4.7. Hábitos y función de los macro invertebrados del suelo	82
4.7.1. Análisis estadístico de macro invertebrado	83
4.7.2. Diversidad alfa	85
4.7.3. Comparación de la composición de las comunidades en los dos sistemas	87
4.7.4. Grupos taxonómicos compartidos	88
V. CONCLUSIONES	89
VI. RECOMENDACIONES	91

VII. BIBLIOGRAFIA.....	92
VIII. ANEXOS.....	101

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efectos documentados de varias prácticas agro ecológicas sobre parámetro agro tecnológicos (Altieri y Nicholls (2000)	6
Cuadro 2. Nivel de complejidad de la diversidad de los sistemas	66
Cuadro 3. Profundidades del suelo en parcelas agro ecológicas y convencionales	72
Cuadro 4 Infiltración del suelo en finca agro ecológica	73
Cuadro 5. Presencia cualitativa de microorganismos en cada una de las parcelas de las fincas agro ecológica y convencional.....	74
Cuadro 6. Comparación de los promedios de las densidades aparentes del suelo en fincas agro ecológica y convencional	75
Cuadro 7. Contenido de los macro y micronutrientes, pH y materia orgánica en una muestra de abono tipo bocashi elaborado en la finca agro ecológica.	76
Cuadro 8. Promedios de los elementos disponibles de los suelos en finca agro ecológica y convencional.....	78
Cuadro 9. Disponibilidad de nutrientes del suelo	79
Cuadro 10. Análisis de agua en pozo 1 para riego de cultivos y pozo 2 para manejo de la finca y riego del vivero	80
Cuadro 11. Abundancia de macro invertebrados presentes en finca agro ecológica y finca convencional.....	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las fincas agro ecológica y convencional.....	38
Fig. 2. Esquema de muestreo en parcelas de 100 m ² sobre un terreno irregular (Google 2015).	44
Figura 3. Toma de muestras por el método del cilindro de volumen conocido	46
Figura 4. Resultados de los indicadores de la biodiversidad en fincas agro ecologica (FA) y convencional (FC).....	67
Figura 5. Horizontes del perfil de suelo en finca agro ecológica.....	71
Figura 6. Comparacion proporcional de las comunidades de macro invertebrados en finca agro ecologica y convencional.	85
Figura 7. Diversidad de grupos taxonómicos en finca agro ecológica y convencional.....	86
Figura 8. Biplot correspondencia canónica comunidades de macro invertebrados al aplicar el análisis beta	87

I. INTRODUCCIÓN

Los agro ecosistemas son ecosistemas en los que el ser humano ha ejercido una intencionada selectividad sobre la composición de los organismos vivos; que contienen poblaciones humanas y dimensiones tanto económicas como ecológicas ambientales (FAO, 2010). Parte importante del agro ecosistema es la biodiversidad que incluye componentes tan variados como son los cultivos, hierbas espontáneas, artrópodos, macro y microorganismos asociados, así como los factores de situación geográfica, climáticos, edáficos, humanos y socioeconómicos (Altieri y Nicholls 2009).

El estudio de los agro ecosistemas en granos básicos es importante como lo señalan Álvarez y Cárdenas (2001) en Costa Rica la mayoría de los productores siembra menos de 5 ha de granos básicos (71%), un 23% entre cinco y menos de 10 ha, mientras el restante 6% dedica de 10 hasta 50 hectáreas. De estos un buen porcentaje de agricultores, en algún grado ha iniciado un proceso de recuperación de su agro ecosistema con la aplicación de prácticas orgánicas y de conservación de suelos. Según el estudio realizado por FIDA (2003) en México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, República Dominicana y Argentina. Se encontró que la adopción de la producción orgánica en la mayoría de los casos logró aumentar los ingresos de los productores. Las entrevistas realizadas sugieren, así mismo, que existen efectos positivos sobre la salud de los productores, la vida de los asalariados rurales y el ambiente. Se destaca, al mismo tiempo, que el proceso de transición hacia la agricultura orgánica es un proceso complejo, fundamentales el apoyo técnico, la organización de los agricultores, aspectos relacionados a la comercialización y el control de la calidad.

Los sistemas agro ecológicos aportan beneficios visibles, mayor calidad de suelo, una proporción adecuada de nutrientes (porosidad, capacidad de retención de agua, buen drenaje, temperatura y respiración). Al mismo tiempo cuenta con una proporción biológica adecuada como son todos los organismos visibles y no visibles del suelo. La agro ecología no solo trae beneficios ambientales, sociales, políticos; sino también benéficos económicos como la reducción de los costos de explotación: ahorro de tiempo, mano de obra y mecanización, incrementando el rendimiento a largo plazo, el descenso en las variaciones en los rendimientos y una mayor seguridad alimentaria y conservación de biodiversidad edáfica (FAO, 2003).

El presente estudio se realizó, para validar los efectos del modelo agro ecológico u orgánico del agro ecosistema de granos básicos, en específico en el suelo y teniendo como elemento comparativo una finca convencional, implicó un estudio para determinar la biodiversidad de macro invertebrados del suelo en las fincas.

A la vez, se estudiaron los aspectos: agro tecnológicos, económicos, sociales culturales y ambientales y la complejidad de las fincas que complementan la valoración del sistema agro ecológico; al mismo tiempo, se realizaron análisis de suelo para verificar el valor nutricional en cada una de las parcelas de las fincas.

A través de un método sencillo y eficaz se estudiaron las comunidades de macro invertebrados edáficos para la determinando la biodiversidad en el suelo en fincas agro ecológica y convencional, como un parámetro que contribuye a la validación de las fincas con sistemas agro ecológicos.

Finalmente cumplir con los objetivos que determinan las complejidades de la biodiversidad del sistema en estudio así como la descripción de las propiedades físico-químicas, biológicas del suelo en las fincas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. La agro ecología

El término ha llegado a significar muchas cosas, a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligada al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción (Altieri, 1999). Así mismo provee el conocimiento y metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea, por un lado ambientalmente adecuado, por otro lado altamente productivo y económicamente viable (Gliessman, 2002). Podría llamarse el uso «normativo» del término agro ecología, porque implica un número de características sobre la sociedad y producción que va mucho más allá de los límites del predio agrícola; en un sentido más restringido (Altieri, 1999). Sánchez *et al;* (2012) enfatizan en la necesidad de separar la conceptualización de Agro ecología y Agricultura Ecológica, pues mientras la primera es ciencia que profundiza en procesos complejos ecológicos y culturales en diversos agro ecosistemas, la segunda, aplica a situaciones específicas, la tecnología que surge basada en principios universales de la ciencia.

2.1.1. Principios de Agro ecología

La agro ecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar, manejar agro ecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales que además, son culturalmente sensibles, socialmente y económicamente viables (Altieri, 2001).

Algunos autores como (Gliessman, 2002), toman en cuenta 10 principios agro ecológicos descritos a continuación.

- 1 Ciclaje de nutrimentos, con mayor dependencia de procesos naturales
- 2 Uso de energía de fuentes renovables
- 3 Uso de insumos internos y reducción de los insumos externos
- 4 Manejo de plagas, enfermedades y arvenses
- 5 Restablecimiento de las relaciones biológicas de la finca

- 6 Hacer combinaciones más apropiadas entre el patrón de cultivos, y el potencial productivo y las limitaciones físicas del paisaje agrícola
- 7 Usar una estrategia de adaptación del potencial genético y biológico de las plantas cultivables y especies animales, a las condiciones ecológicas de la granja, para satisfacer las necesidades de cultivos y animales.
- 8 Valoración del estado general de salud del agro ecosistema, que el producto de un sistema de cultivo.
- 9 Conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos.
- 10 Incorporar la idea de la sostenibilidad a largo plazo en el diseño y manejo del agro ecosistema en conjunto

Otros autores como Altieri (1999), solamente han mencionado cinco principios ecológicos fundamentales para el diseño y manejo de agro ecosistemas sustentables:

- 1 Asegurar condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas, al manejar la materia orgánica y al mejorar la vida del suelo.
- 2 Equilibrar la disponibilidad y el flujo de nutrientes, mediante la fijación de nitrógeno, bombeo de nutrientes, reciclaje y el uso de fertilizantes externos.
- 3 Reducir las pérdidas debido a los flujos de radiación solar, aire y agua, por medio de un manejo de micro-climas, manejo de aguas y control de la erosión.
- 4 Reducir las pérdidas debido a plagas y enfermedades causadas a las plantas y animales, por medio de la prevención y tratamientos seguros.
- 5 Explotar la complementariedad y el sinergismo en el uso de recursos genéticos, lo que incluye su combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional.

2.1.2. El desafío agro ecológico

Se ha reconocido como un reto, el hacer un mejor uso de los recursos internos que puede ser fácilmente alcanzado, minimizando el uso de insumos externos y preferentemente generando los recursos internos más eficientemente, a través de las estrategias de diversificación que aumenten los sinergismos entre los componentes claves del agro ecosistema (Altieri, 2001), así mismo; Sánchez *et al.* (2012) sostiene: que partiendo así a la primera parte de concepto de agro ecología “se perfila como la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos

dependientes de insumos sintéticos) a sistemas más diversificados, autosuficientes” que requiere de dos pilares sobre los cuales se trabajara con miras al cambio: 1) Calidad del suelo y 2) Biodiversidad arriba, abajo del suelo, en espacio y tiempo.

Sin embargo en la agricultura convencional existen seis practicas básicas que constituyen la columna vertebral de la agricultura moderna: labranza intensiva, monocultivo, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos; cada una de ellas es usada por su contribución individual a la productividad, pero como un conjunto de prácticas forman un sistema en el cual cada una depende de la otra reforzando la necesidad, de usar todas las practicas (Gliessman, 2002). Por lo tanto; con el crecimiento poblacional, el incremento de la demanda económica y social se proyectan dos desafíos cruciales que deberán ser enfrentados por el mundo académico y del desarrollo: incrementar la producción agrícola a nivel regional en casi un 30-40%, sin agravar aún más la degradación ambiental, y proveer un acceso más igualitario a la población, no sólo alimentos, sino recursos necesarios para producirlos; estos dentro de un escenario de alta disparidad en la distribución de la tierra, marcados niveles de pobreza rural y una decreciente y degradada base de recursos naturales (Altieri, S/f).

2.1.3. Prácticas agro ecológicas en la calidad del suelo

La calidad y salud del suelo influyen directamente en la calidad y salud de las plantas cultivadas y los árboles en las fincas y los bosques; de allí la importancia de realizar buenas prácticas agro ecológicas para asegurar el desarrollo y la salud de los cultivos de manera sostenible (Padilla y Suchini 2013). Así mismo Altieri y Nicholls (2000) muestran algunas de las prácticas agro ecológicas que se pueden adoptar en un sistema de manejo de acuerdo al tipo de suelo que tenga y desee obtener un buen sistema agro productivo (cuadro 1).

Es muy importante que la familia rural reconozca cuáles hábitos de manejo afectan la calidad de sus cultivos, la salud del suelo y la calidad del agua, e identifique las prácticas agro ecológicas más adecuadas a sus condiciones (Padilla y Suchini 2013).

Cuadro 1. Efectos documentados de varias prácticas agro ecológicas sobre parámetro agro tecnológicos (Altieri y Nicholls (2000)

Sistema de manejo	Mejora fertilidad de suelo	Control de erosión	Suprime plagas	Reduce enfermedades	Control de malezas	Aumento en rendimiento	Mejora el micro-clima	Conserva humedad	Estimula biología del suelo
Mulch vivo	+	+	+	NS	+	+	NS	NS	+
Mulch muerto	NS	+	+	+	+	+	+	+	+
Labranza mínima	+	+	±	+	±	±	NS	NS	+
Cultivo en callejones	+	NS	NS	NS	NS	+	+	+	+
Barreras vivas	NS	+	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS
Rotaciones	+	+	+	+	+	+	NS	NS	+
Cultivos asociados	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Multilíneas y mezclas de variedades	NS		+	+	NS	+	NS	NS	NS
Cultivos de cobertura	+	+	+	NS	+	+	NS	NS	+
Agro-forestaría	+	+	±	±	±	+	+	+	+
Integración animal	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	+

+ = efecto positivo

± = efecto variable (positivo, neutro o negativo dependiendo de condiciones)

NS= no se ha documentado efecto significativo

2.2. El agro ecosistema

Gliessman, (2002) define los agro ecosistemas como sitios de producción Agrícola. Para Greco y Tonolli (2012), es un grupo de componentes bióticos y abióticos relacionados en un tiempo y espacio determinados, bajo control humano, con el fin de producir alimentos, fibras y combustible; para Hart, (1985) describe el agro ecosistema como un ecosistema caracterizado por lo menos, una población de organismos de valor agronómico; por otra parte el agro ecosistema está conformado por un conjunto de componentes que se interrelacionan unos a otros, de tal manera que al alterar uno de ellos se afectan los demás Escobar, *et al*; (2011), menciona que los principales componentes de un agro ecosistema son las plantas cultivadas, malezas, plagas, enemigos naturales (parasitoides, depredadores, patógenos), otros organismos del cultivo, organismos del suelo, clima y las prácticas culturales que se aplican para el manejo del cultivo. Según Hart, (1985) un agro ecosistema contiene sub-sistemas, de tal manera que en una finca, presenta dos o más subsistemas como el socioeconómico (incluye la casa, familia, y todo lo relacionado con el manejo de la finca) el otro subsistema lo constituye la superficie usada para la producción agrícola denominado agro ecológico; así mismo puede ser sub dividido en subsistemas de suelo, plantas, animales y microorganismos.

En efecto, según estimaciones recientes, más de la mitad de la superficie de la corteza ha sido destinada a la práctica de la agricultura (12%), ganadería (25%) plantación de bosques artificiales (15%) (Greco y Tonolli, 2012).

2.2.1. Elementos del agro ecosistema

2.2.1.1. Estructura

La estructura de un sistema puede ser simple o compleja y depende: número de componentes y del arreglo entre los componentes; un ecosistema puede tener numerosos componentes, el arreglo entre los componentes determina las interacciones entre ellos: puede ser del tipo competitivo, cuando utilizan los mismos recursos o trófico, cuando uno sirve de alimento a otro, entre otras (Greco y Tonolli, 2012).

2.2.1.2. Componentes del agro ecosistema

Son aquellas en las cuales los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente, malezas utilizadas como forraje, estiércol utilizado como fertilizante, o rastrojos y malezas dejadas para pastoreo animal, es así como la biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agro ecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas, la conservación del agua y del suelo, de manera que estos componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas y de relaciones tróficas entre plantas, insectos, patógenos, ente otros (Altieri y Nicholls, 2000).

Los componentes bióticos se agrupan según la fuente de energía en: productores, consumidores primarios o herbívoros, consumidores secundarios o carnívoros y descomponedores; además se encuentran los componentes abióticos como suelo, nutrientes inorgánicos, agua, clima, incluyendo los alambrados, corrales, casas, galpones, maquinarias, etc.; y los componentes socioeconómicos, que comprende las relaciones laborales (mano de obra asalariada, familiar, salarios), el efecto de otros agro ecosistemas similares o diferentes propósitos, las lógicas y trayectorias productivas (plagas y enfermedades), tecnología, precios, mercados (producción, distribución y consumo), propiedad o no de la tierra, acceso a créditos, mercado, la política económica y agrícola en particular (Greco y Tonolli 2012).

En todos los agro ecosistemas, los polinizadores, enemigos naturales, lombrices de tierra y microorganismos del suelo, son componentes claves de la biodiversidad que juegan papeles ecológicos importantes, al mediar procesos como introgresión genética, control natural, ciclaje de nutrientes, descomposición, etc. el tipo y la abundancia de biodiversidad se definirá de acuerdo con el agro ecosistema, según su edad, diversidad, estructura y manejo; en general, el nivel de biodiversidad de insectos en los agro ecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000).

2.2.1.3. Función

La función de un sistema se define en términos de procesos, es decir está relacionada con el proceso de percibir entradas y producir salidas; y se puede caracterizar utilizando criterios diferentes entre los más importantes de ellos se mencionan: productividad,

eficiencia y variabilidad (Hart, 1985) algunas de estas funciones las desempeñan los agentes de polinización, regulación de poblaciones, consumo de biomasa, competencia, alelopatía, fuentes de enemigos naturales, plantas silvestres relacionadas al cultivo, estructura del suelo, ciclaje de nutrientes, descomposición, y supresión de enfermedades (Altieri y Nicholls, 2000).

2.2.1.4. Límites

Para definir los límites, de un sistema resulta indispensable definir entradas y salidas del mismo, una correcta definición de los límites del sistema, requiere tener en cuenta los niveles jerárquicos, esto cobra particular importancia cuando consideramos el impacto ambiental de la agricultura, ya sea dentro del predio como hacia fuera (erosión, contaminación de aguas abajo, etc.), los agro ecosistemas se pueden analizar a escala espacial: a nivel cuenca, región, finca, parcelas, plantas, y a una determinada escala temporal: año/s, estación, ciclo productivo, etapa de cultivo, otras (Greco y Tonolli 2012). Se deben de tomar en cuenta dos pautas en la definición de los límites de un sistema; el tipo de interacción entre componentes y el nivel de control entre las entradas y salidas del sistema (Hart, 1985).

2.2.1.5. Entradas

Las entradas son aportes al sistema, es decir, una adición, sumatoria o contribución de nutrientes desde afuera hacia dentro del sistema; la fuente de nutrientes, en este caso, está fuera del sistema (Vieira *et al*; 1998). Tomando como entrada las formas de energía utilizadas en la producción agrícola que provienen directamente del sol considerada como un insumo natural, materia orgánica, entre otras (Gliessman, 2002).

2.2.1.6. Salidas

Las salidas son la retirada de nutrientes de un determinado sistema, tanto a través de la extracción por las plantas y posterior consumo o venta de los productos, como a través de la pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación, volatilización, y otras, si bien es cierto que las fuentes de salidas de nutrientes de los sistemas de producción puede ser manejadas, algunas más otras menos (volatilización, lixiviación, erosión, fijación, residuos

de cosechas, rastrojos, etc.), la salida de nutrientes de los productos cosechados (granos, leche, carne etc.), siempre significara una necesidad de reposición al sistema con nuevos nutrientes Vieira *et al*; (1998).

2.2.2. Bio-diversificación de agro ecosistemas

Desde una perspectiva de manejo, el objetivo de la agro ecología es proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agro ecosistemas diversificados (Altieri, 2001). Los agro ecosistemas incluyen componentes tan variados como son los cultivos, malas hierbas, artrópodos, macro y microorganismos asociados, así como los factores de situación geográfica, climáticos, edáficos, humanos y socioeconómicos (Altieri y Nicholls, 2009).

Los agro ecólogos están ahora reconociendo que los policultivos, agro forestaría y otros métodos de diversificación imitan los procesos ecológicos naturales y la sustentabilidad de los agro ecosistemas complejos se basa en los modelos ecológicos que ellos siguen mediante el diseño de sistemas de cultivo que imiten la naturaleza puede hacerse un uso óptimo de la luz solar, de los nutrientes del suelo y de la lluvia (Altieri, 2001). Es así como Sánchez *et al.* (2012). Mencionan que la biodiversidad hace referencia a la comunidad de especies vegetales, animales y microorganismos (macro, meso y micro-biota) que conviven e interactúan dentro de un ecosistema o agro ecosistema que sostiene que “no hay dudas que la conservación, uso sostenible de la biodiversidad son uno de los desafíos más importantes que tiene que afrontar la humanidad en estos tiempos”.

2.2.3. La biodiversidad

Se define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, acuáticos o marinos” y engloba la diversidad dentro de las especies (diversidad genética), entre las especies (diversidad de organismos) y de los ecosistemas (diversidad ecológica) (FAO, 2015). Así también la biodiversidad se puede medir mediante los siguientes indicadores:

1. Mejora del rendimiento total por unidad de área del terreno.
2. Conservación del suelo, agua y los recursos genéticos.

3. Regulación de plagas a niveles aceptables.
4. Uso reducido de agroquímicos.
5. Mejoramiento de la calidad del suelo.
6. Conservación y fomento de la agro biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2000).

2.2.4. Beneficios de la biodiversidad

La biodiversidad proporciona los siguientes beneficios: a) Aumenta la productividad agrícola; b) Mejora la estabilidad, robustez y sustentabilidad de los agro ecosistemas; c) Contribuye al manejo armónico de plagas y enfermedades; d) Conserva el suelo, aumenta la fertilidad y salud del suelo natural; e) Diversifica las oportunidades de ingreso y productos de las granjas; f) Agrega valor económico y aumenta el retorno neto de las granjas; g) Reduce riesgos para los individuos, comunidades y naciones; h) Aumenta la eficiencia del uso de recursos locales y restaura la salud ecológica; i) Reduce la presión de la agricultura sobre áreas frágiles, bosques y especies en peligro; j) Reduce la dependencia de insumos externos, y k) Aumenta los valores nutritivos y provee fuentes de medicinas y vitaminas. (Altieri y Nicholls, 2000).

2.3. Sistemas de cultivos como indicadores del agro ecosistema

2.3.1. Rotación de cultivos

Es un mecanismo para romper el ciclo de las plagas, reducir sus poblaciones y optimizar el uso de nutrientes del suelo (Escobar, *et al*; 2011) la diversidad temporal es incorporada en los sistemas de cultivos aportando nutrientes para el cultivo e interrumpiendo el ciclo de vida de varios insectos plaga, de enfermedades y ciclo de vida de las malezas (Altieri, 2001).

2.3.2. Asocios de cultivo

Las asociaciones de cultivos son alternativas efectivas de bajo costo para aumentar la productividad de la siembra; es una práctica que consiste en sembrar dos a más especies en el mismo terreno para beneficio mutuo (Núñez, 2000).

2.3.3 Cultivos de cobertura

Consiste en el uso y establecimiento, de plantas leguminosas u otras especies anuales, generalmente bajo especies de frutales perennes, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, aumentar el control biológico de plagas y modificar el microclima del huerto (Altieri, 2001). Algunos estudios han mostrado que en general se requiere una cobertura mínima de rastrojos de 30 o 40% para mantener las pérdidas de suelo a niveles tolerables, en El Salvador la mayoría de los agricultores trabajan en pendientes de 15-50%, pero casi todos los estudios sobre la cobertura mínima de rastrojos se refieren a pendientes menores de 20% (Barber, 1997).

2.3.4. Cercas vivas

Las cercas vivas son líneas de especies leñosas (ocasionalmente con no leñosas) que restringen el paso de las personas y animales a una propiedad o parte de ella, es también asociada con ecosistemas, pasturas, cultivos agrícolas, y vivienda (Ospina, 2004). Las barreras naturales, entre otros servicios, sirven como lugares de descanso y anidamiento de las aves, de refugio y madriguera para pequeños mamíferos, reptiles, anfibios e insectos, entre otros, quienes transportan las simientes de un lugar boscoso a otro semi-boscoso (Mendoza, 2011), por otra parte Ospina, (2004) menciona que las cercas vivas presentan de acuerdo a su propósito y composición los siguientes tipos:

1. Forrajeras: hojas, ramas y flores para alimentación animal.
2. De leña: ramas y troncos para combustible.
3. Maderable: madera rolliza, de aserrío y construcción de piezas (carpintería)
4. Abonera: abonos verdes.
5. Frutal: frutos comestibles.
6. Fibra: con pencas (genero *Agave*) para la obtención de fibras vegetales.
7. Mixtas: denominación de especies de distinta unidad (frutales forrajeras, leña, entre otras)
8. Multipropósito: con denominación de árboles multipropósito.
9. Ornamental: para embellecimiento de paisaje local
10. De conservación de biodiversidad: conservación in situ de vegetación natural
11. Conservación para proteger el suelo de la erosión hídrica, eólica y compactación por pisoteo

2.3.5. Sistemas agro forestales

Se definen como todos aquellos sistemas agrícolas en donde los árboles proveen funciones protectoras y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes incrementando el uso múltiple del agro ecosistema (Altieri, 2001). Incorporando el Sistema Taungya que consiste en el establecimiento de plantaciones forestales en los cuales los cultivos anuales se llevan a cabo simultáneamente con las plantaciones de árboles, pero sólo temporalmente hasta el follaje de los árboles se encuentre desarrollado Mendieta et al; (2007).

2.4. Biología del suelo

El tejido vegetal (los rastrojos) está formado por compuestos orgánicos de diversos tipos, estructuras moleculares: azúcares, aminoácidos, proteínas, almidones, ligninas, celulosa, entre los más importantes es así como los innumerables organismos (bacterias, hongos, lombrices, larvas, etc.) presentes en el suelo "atacan" y se alimentan del tejido vegetal, como una fuente primaria de carbono orgánico, nutrientes para sus procesos vitales, los rastrojos favorecen el crecimiento poblacional de los organismos del suelo, puesto que les sirven como alimento y, favorecen las condiciones de temperatura y humedad, (Vieira *et al*; 1998).

2.4.1. Suelo

Donde se encuentran los nutrientes que son indispensables para la emergencia, desarrollo, producción de los cultivos; como en un reservorio, donde las plantas los pueden tomar según estén o no disponibles para ellas, dadas sus condiciones de equilibrio y disponibilidad (Ávila, S/f).

Según Vieira *et al*; (1998) el suelo se entiende como la capa superficial meteorizada que cubre la superficie del globo terrestre, donde es posible el crecimiento de las plantas, esta capa de suelo requiere millones de años para formarse; el suelo actúa como un sostén físico (anclaje y amarre) y fisiológico de las plantas (nutrientes y agua), está constituido por material orgánico (organismos vivos, residuos vegetales, animales y raíces), material inorgánico (partículas rocosas, cenizas volcánicas, minerales primarios, secundarios y

nutrientes), los cuales caracterizan la parte sólida del suelo, así como el agua y el aire son constituyentes del suelo, los cuales ocupan alternadamente los vacíos intersticiales (poros) del suelo.

2.4.2. Ecosistema suelo

Es el sistema más complejo de la naturaleza; uno de los hábitats más diversos de la tierra: alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida; no hay ningún lugar de la naturaleza con una mayor concentración de especies que los suelos; sin embargo, esta biodiversidad apenas se conoce al estar bajo tierra y ser, en gran medida, invisible para el ojo humano (FAO, 2015).

2.4.3. La calidad del suelo

Se define como la capacidad de soportar el crecimiento de los vegetales, sin que esto ocasione la degradación del suelo o un daño ambiental; para el control y seguimiento de la calidad del suelo es necesario tener indicadores y valores de referencia que permitan comparar su evolución a lo largo del tiempo, así como el impacto que la gestión puede tener sobre ella y su recuperación tras cualquier eventualidad (Ramírez, 2013).

2.4.4. Indicadores de calidad del suelo

Para Irurtia y Michelena (2009) estos pueden ser categorizados en tres grupos generales como son: indicadores químicos, físicos, y biológicos.

2.4.4.1. Indicadores Químicos

Dentro de la calidad del suelo está inmersa la fertilidad que puede ser evaluada por medio de indicadores químicos como el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, Carbono orgánico total, saturación de bases, etc. (Arrieché, 2012). Por lo tanto algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de

caciones, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable (Bautista *et al*; 2004).

2.4.4.2. Indicadores Físicos

Se han descrito como el conjunto de indicadores físicos como densidad aparente, infiltración, porosidad, estructura, características de los agregados, etc. 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 cuando emergen las plántulas, la penetración de las raíces e influye en los procesos de erosión Arrieché (2012). Lo anterior concuerda con Bautista *et al*; (2004) quienes mencionan que la estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

2.4.4.3. Indicadores Biológicos

Los indicadores biológicos propuestos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macro-organismos, incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos Bautista *et al*; (2004). En el suelo viven una serie de organismos; los animales o fauna edáfica ejercen una función importante con respecto al ciclo de nutrientes; estos organismos 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 (Gliessman, 2002). Con respecto al ciclo de nutrientes en el suelo, se han reconocido efectos importantes de la meso-fauna y macro-fauna edáfica como los siguientes:

- a. Consumen materia orgánica y la simplifican o fraccionan.
- b. Mezclan el suelo, aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica.
- c. Aumentan la disponibilidad de nutrientes con material fecal y controlan poblaciones de microorganismos (Arrieché, 2012).

2.4.5. Materia orgánica

Su efecto positivo sobre la sostenibilidad del sistema productivo ha sido ampliamente documentado; el nivel de materia orgánica en dicho estado va a depender del clima, suelo y del manejo del mismo (labranza mínima, rotaciones, secuencia de cultivos, fertilización; es por ello que la falta de rotación con posturas ha producido un deterioro de los niveles de materia orgánica, (Sainz, *et al*; S/f).

2.4.5.1. Conservación y uso de la materia orgánica en el agro ecosistema

Sin materia orgánica, los nutrientes son inalcanzables para las plantas; se caracteriza por presentar a las plantas los nutrientes disponibles en forma ideal en cuanto a su variedad y concentración, es decir, la materia orgánica en un suelo agrícola varía de 1.5% a 4.5%, esto en unos 45 a 135 t/há de materia seca (Kolmans y Vásquez, 1999). La materia orgánica para los agricultores y su conservación se remonta a los inicios de la agricultura, es decir, ha sido parte de la cultura de los pueblos agrícolas; sin embargo, durante la culturización que caracterizó la revolución verde, muchos agricultores la abandonaron y se decidieron por los fertilizantes de síntesis industrial, desconociendo costos económicos, sociales y ambientales, pues se generalizó el principio que sólo aportaban beneficios (Sánchez; *et al.* 2012).

Es así, como con el paso del tiempo muchos agricultores se han dado cuenta que la materia orgánica aumenta la capacidad de almacenamiento del agua del suelo, mejora la porosidad de los suelos compactados, regula la aireación y la temperatura, crea una estructura granular aterronada que favorece el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas; asimismo, tiene sustancias activas, aumenta la actividad biótica, es rica en microorganismos, reprime y regula el crecimiento desmesurado de las poblaciones de organismos dañinos, es decir la materia orgánica es una gran reserva de nutrientes que es liberada poco a poco para su empleo e impide su arrastre por la erosión (Kolmans y Vásquez, 1999).

2.4.6. Los nutrientes

El suelo actúa como un reservorio de nutrientes para las plantas; dichos nutrientes están presentes en la fracción inorgánica y orgánica del suelo, tanto en forma disponible como

no disponible, como elementos disponibles para las plantas, los nutrientes se encuentran adsorbidos (enlazados químicamente) a las arcillas y la materia orgánica, en equilibrio dinámico con la solución del suelo (Vieira *et al*; 1998).

2.4.6.1. Macro-nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S

Los macro-nutrientes, son aquellos que las plantas normalmente necesitan en mayores cantidades (Vieira *et al*; 1998) Nitrógeno (N), elemento esencial para la formación de aminoácidos, crecimiento y color verde de las plantas, favorece el desarrollo vegetal, florales y fructíferas; Fósforo (P), elemento cuya deficiencia en el suelo es muy común, debido a que no hay plantas que lo provean, acelera la maduración de los frutos y al crecimiento de las raíces; Potasio (K), elemento que los suelos poseen en buenas cantidades, activador en los procesos de fotosíntesis, respiración y aprovechamiento del agua; Calcio (Ca), elemento que estimula el crecimiento de las raíces y ayuda en la formación de las flores; Magnesio (Mg), elemento que participa en reacciones ligadas a la fotosíntesis, respiración, almacenamiento de energía y otros procesos metabólicos (Ávila S/f). Así también el Azufre (S): es parte de la estructura de algunos aminoácidos, proteínas, enzimas y vitaminas (Vieira *et al*; 1998).

2.4.6.2. Micro-nutrientes

Los micro-nutrientes, son aquellos requeridos en pequeñas cantidades, los cuales cumplen funciones diversas dentro de la planta; algunos son parte de la estructura, en complejos como los fenoles, carbohidratos, lípidos, vitaminas, aminoácidos y proteínas (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn) y trabajan como iones activadores de reacciones y procesos; otros cumplen solamente esta última función (Mo, Ni, Zn); sin embargo, son tan importantes como los otros, puesto que sin ellos no se puede completar el ciclo vital de la planta (Vieira *et al*; 1998).

2.5. Fauna del suelo

Este grupo está integrado por los animales que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes (Zerbino, 2005). Sin embargo la fauna del suelo está constituida por organismos que pasan toda una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo

desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana; (Brown, *et al.* 2001) estos operan en escalas de tiempo y espacio más amplias que los individuos más pequeños (Zerbino, 2005) 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 (Brown,*et al;* 2001).

La fauna del suelo comprende una gran variedad de organismos con tamaños y estrategias adaptativas muy diferentes, especialmente en cuanto a la movilidad y modo de alimentación, lo que determina la manera que pueden influir en los procesos del suelo (Bardier, 2005). Por ello el estudio de la composición de la macro fauna en distintos ecosistemas es, un importante punto de partida para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal; debido a que cada organismo puede tener una influencia distinta sobre los procesos edáficos y la productividad vegetal, su abundancia o biomasa puede alcanzar umbrales importantes, tanto positivos como negativos (Brown, *et al;* 2001).

2.5.1. Macro fauna (macro invertebrados) del suelo

Son invertebrados mayores a dos milímetros en diámetro corporal, son particularmente lombrices, moluscos, miriápodos y una gran variedad de insectos en diferentes estadios de desarrollo, que se caracterizan por transformar material orgánico y producir complejos órgano-minerales, como es el caso de las lombrices; además tienen la capacidad de crear estructuras específicas para sus movimientos y demás actividades así mismo (Arana, 2014). Ha sido mencionado que las comunidades de la macro fauna edáfica varían en su composición, abundancia y diversidad, en dependencia del estado de perturbación del suelo causado por el cambio de uso de la tierra, lo que permite valorar estas comunidades como bio-indicadores de calidad o alteración ambiental (Cabrera, 2012). Así mismo al tiempo que modifican la infiltración y la textura, a través de la construcción de galerías, transportándolo a la superficie y mezclar suelo de las capas inferiores del perfil (Zerbino, 2005) dentro de estos grupos se encuentran los termites, las lombrices de tierra, los escarabajos, las arañas, las larvas de mosca y de mariposa, los caracoles, los milpiés, los ciempiés y las hormigas; siendo los escarabajos los más diversos (con mayor número de

especies), aunque en abundancia predominan generalmente los termites y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra (Brown, *et al.* 2001).

2.5.2. Relaciones macro fauna- hábitat

Los procesos del suelo están sometidos a una jerarquía determinante que operan en escalas de tiempo y espacio; el clima, seguido por las propiedades del suelo que operan en grandes escalas, los cuales fuerzan a las comunidades de plantas, que determinan la calidad y cantidad de los ingresos orgánicos del suelo, a los macro invertebrados y a los microorganismos que operan en escalas locales (Bardier, 2005).

2.5.3. Función de la macro fauna 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 macro fauna se puede dividir en distintos grupos funcionales (Brown, *et al.* 2001), tal como se describen a continuación:

2.5.3.1. El grupo funcional de detritívoros

Se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los microorganismos asociados, de heces de vertebrados e invertebrados, así como de compuestos productos de metabolismo de otros organismos (Zerbino, 2005) lo que concuerda con (Brown, *et al.* 2001) quien menciona que los detritívoros son descomponedores que se alimentan de material vegetal o animal (carroñeros o necrófagos) en distintos grados de descomposición.

Viven 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 (hongos y bacterias), los detritívoros jugando un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Cabrera 2014). Lo anterior concuerda con Ruiz, (2007), quien menciona que la mayor parte de este grupo epigeo está constituido por animales detritívoros que se alimentan de

residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición e incluye a los diplópodos, isópodos, lombrices de tierra, estados larvales de coleópteros y lombrices de tierra pigmentadas.

2.5.3.2. Los ingenieros del suelo o del ecosistema

Constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico; 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 estos macro invertebrados pueden incluir (lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, gallinas ciegas, grillos, chicharras, caracoles, escorpiones, chinches y larvas de moscas y de mariposas) (Cabrera 2014).

Los ingenieros del sistema crean estructuras físicas biogénicas que ejercen un efecto regulador sobre los organismos menores a través de: 1) Competencia por los recursos, principalmente materia orgánica, 2) Activación de la microflora edáfica, vía mutualismos, 3) Influencia en la disponibilidad de nutrientes y 4) Cambios en la actividad rizosférica, como el crecimiento de raíces y de poblaciones de organismos (Brown, *et al*; 2001).

2.5.3.3. Grupo funcional depredadores

Los arácnidos, formícidos, quilópodos, y algunos escarabajos son depredadores (Ruiz, 2007) son principalmente carnívoros, se alimentan de otros organismos, e incluye varias familias de escarabajos, hormigas, ciempiés, arácnidos y escorpiones; los omnívoros comen todo tipo de alimento, tanto de origen vegetal como animal (Brown, *et al*. 2001). 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). Por otra parte, los depredadores pueden ejercer importantes efectos en

la producción primaria neta y en la descomposición lo cual a su vez tienen implicancias a nivel de las comunidades y de los ecosistemas (Zerbino, 2005).

2.5.3.4. Grupos funcionales fitófagos y herbívoros

Los fitófagos y rizófagos se alimentan de plantas vivas (raíces y/o partes aéreas) e incluyen algunos micro y macro-artrópodos y caracoles (Brown, *et al*, 2001).

Los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas, las interacciones bióticas entre estos grupos funcionales intervienen en la regulación de los procesos edáficos; cuando la complejidad de las mismas es grande, es muy probable que los efectos indirectos en la regulación de las funciones de los ecosistemas sean muy importantes (Zerbino, 2005). Las larvas de lepidópteros y otros moluscos se alimentan de material vegetal vivo (Ruiz, 2007). Como consecuencia de la herbivoría realizada por invertebrados se afecta la cantidad y calidad de recursos que ingresan al suelo (Zerbino, 2005).

2.6. Importancia funcional por orden y familia de los macro invertebrados edáficos

2.6.1. Orden Aránea

Las arañas son casi todas depredadoras, aunque no se especializan en ciertas especies de presas, sí muestran especialización en sus hábitats y se encuentran entre los depredadores más ignorados y menos entendidos, tienen un gran efecto estabilizador en sus presas, las arañas dependen de un complejo ensamble de presas, como resultado es una comunidad diversa de arañas que mantiene el control sobre una población de presas asociada sin llegar a extinguirla (Nicholls, 2008). Son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las poblaciones de organismos considerados plaga (Zerbino, 2005).

2.6.1.1. Familia Lycosidae

Todas las arañas de la familia Lycosidae son depredadoras y algunas resultan ser venenosas para los humanos, estas se agrupan en 60 familias, pero su clasificación es aún incierta; más de dieciocho diferentes sistemas de clasificación se han propuesto desde 1900; entre las familias más importantes de arañas como depredadores se

encuentran: Lycosidae estas arañas no elaboran telarañas, por el contrario, cazan libremente a sus presas en el hábitat, (Nicholls, 2008).

2.6.2. Orden Blattaria

Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoros y detritívoros), algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros); son de actividad nocturna fundamentalmente y se encuentran en un amplio rango de ecosistemas, desde áreas silvestres hasta cultivadas como por ejemplo, los sistemas agrícolas urbanos (Cabrera, 2014).

2.6.3. Orden Coleóptera

Muchas de las familias son depredadores; entre las familias más importantes para el control biológico se encuentran: Coccinellidae , Carabidae y Staphylinidae (Nicholls, 2008) sin embargo algunas de las especies fitófagas pertenecen a las familias: Elateridae, Scarabaeoidea, Curculionidae y Chrysomelidae; adultos y larvas son consistentes componentes de las comunidades, conociendo una gran cantidad de individuos que viven en la superficie y con vegetación baja, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida, mientras que la abundancia de estos insectos es muy variable de un ambiente a otro y de un ciclo anual al siguiente, lo cual dificulta su análisis cualitativo (Zerbino, 2005).

2.6.3.1. Subfamilia Alleculidae

Los adultos se encuentran en el follaje, flores y bajo la corteza (Flores *et al*; 2014). Algunos miembros de la familia Alleculidae, se alimentan de flores y polen; se le considera una especie polinizadora, si se alimentan de los órganos florales puede hacer que tengan un efecto perjudicial (Vela, 2013). Las larvas tienen aspecto de gusanos de alambre y se encuentran en la madera podrida, restos de hojas, hongos, bajo la corteza muerta o plantas en descomposición; algunas larvas se encuentran alrededor de las raíces de las plantas, otros en hormigueros, termiteros y los nidos de las aves; ninguno es perjudicial (Flores *et al*; 2014).

2.6.3.2. Familia Anthicidae

Existe poca información sobre sus hábitos alimenticios, los insectos de esta familia son de poca importancia para los granos y sus productos almacenados, generalmente se encuentran en material orgánico en descomposición, en las flores y en el follaje de arbustos y malezas, se considera que tanto los adultos como las larvas se alimentan de residuos en descomposición de granos de cereales, leguminosas, oleaginosas, cacao y frutas secas (FAO, 1985).

2.6.3.3. Familia Carabidae

La mayoría de los carábidos son depredadores generalistas y viven en el suelo, donde se alimentan especialmente en la noche, trepan al follaje de las plantas para alimentarse, siendo insectos pequeños (de 8 a 25 mm de largo) y de colores oscuros o metálicos (Nicholls, 2008) estos depredadores se alimentan de Collembola, Diptera, Coleoptera, Homoptera (Aphididae), Oligochaeta y otras presas (Zerbino, 2005). En cuanto al tipo de presas consumidas por los carábidos, en observaciones realizadas después de la disección de miles de carábidos de veinticuatro especies, se evidencia la presencia de restos de áfidos, arañas, larvas y adultos de lepidópteros, larvas de dípteros, ácaros, himenópteros, homópteros, escarabajos, colémbolos y opiliónidos (Nicholls, 2008).

2.6.3.4. Familia Curculionidae

Se puede encontrar en diferentes tipos de hábitat incluyendo el acuático, tiene hábitos diurnos y nocturnos y la mayoría de especies son fitófagas, alimentándose de cualquier parte de plantas vivas o muertas (Pedraza, 2008). Sin embargo cabe mencionar que algunos de sus miembros pueden ser encontrados en diferentes hábitats, como minadores de plantas, raíces, semillas, granos que ya han sido cosechados, madera, entre otros (FAO, 1985).

2.6.3.5. Familia Elateridae

Se encuentran en suelos de bosque, se les llama escarabajos tronadores por el sonido que hacen al voltear sus cuerpos; si se los voltea boca arriba o son atacados por predadores, pueden arquear sus cuerpos para enderezarse, y saltar produciendo un

chasquido, las larvas se llaman gusanos alambre y se encuentran en la madera en descomposición, debido a que es pobre en nutrientes, los escarabajos tronadores tardan entre cinco y siete años en madurar desde larvas a adultos (Johnson y Catley, 2005). Son depredadores de larvas de coleópteros (escarabeidos y cerambícidos) presentes en troncos descompuestos Briones, *et al*; (2012).

2.6.3.6. Familia Histeridae

Algunas especies de esta familia son depredadoras de plagas que se alimentan de estiércol, como en Carolina del Norte se reporta *Carcinops pumilio* como importante depredador de huevos y larvas de Mosca doméstica (Muscidae) en sistemas avícolas (Nicholls, 2008).

2.6.3.7. Familia Nitidulidae

Se les considera dentro de las tres familias con mayor riqueza de morfo-especies, esto tal vez se debe a que es una familia que se puede encontrar en cualquier tipo de hábitat: bajo la corteza de los árboles, flores, carroña, en la hojarasca, en hongos y frutos en descomposición además de que de que sus hábitos alimenticios pueden ser micofagos o saprófagos (Pedraza, 2008). Sin embargo algunas especies se alimentan de la savia de los árboles y del jugo de las frutas, especialmente cuando están parcialmente fermentadas aunque algunos viven en las flores y material orgánico en descomposición al mismo tiempo que se ha reportado un número menor como minadores de hojas (FAO, 1985).

2.6.3.8. Familia Ptinidae

Familia formada por insectos de tamaño pequeño, apariencia similar a las arañas, de donde viene el nombre de "gorgojos araña", la mayoría de las especies viven en residuos vegetales o animales, residuos de cereales y oleaginosas, frutas secas, harinas de trigo, maíz y cebada, avena en hojuelas, alimento para ganado, tortas de oleaginosas, harina de soya, cacao, maní, ají, pimentón seco y cueros (FAO, 1985).

2.6.3.9. Familia Scarabaeidae

La gallina ciega, *Phyllophaga spp.* y otros géneros son larvas grandes en forma de C con cabeza y patas color café; se alimentan de raíces de muchas plantas, en frijol esta plaga se presenta cuando se siembra en un terreno que ha sido cultivado con pastos o gramíneas (CENTA, 2008). Una causa de los rendimientos bajos en el cultivo de maíz es el efecto de plagas, favorecidas por el monocultivo y el marcado aumento en la superficie sembrada y entre los insectos plaga que dañan el sistema radical destaca el complejo gallina ciega, cuya agresividad ha aumentado; muestran una diversidad funcional bastante amplia, pues se conocen especies rizófagas, saprófagas y facultativas, así como especies asociadas con hormigas, las cuales ocupan los niveles tróficos primarios y secundarios (Lugo, *et al*; 2012).

2.6.3.10. Familia Staphylinidae

Los adultos son depredadores y sus larvas parasitoides en segundo y tercer estadios, suelen encontrarse en los cultivos como cebolla, rábano, maíz y otros; en general, consumen huevos, larvas y pupas de los gusanos de las raíces de la cebolla; pasa el invierno en forma de larva en primer estadio dentro de la pupa de su huésped, luego de dos días del apareamiento, la hembra empieza a poner huevos pequeños, elípticos y de color blanco; a un promedio de quince por día (700 por periodo) (Nicholls, 2008). Se alimentan de insectos, ácaros y algunos se pueden alimentar de hongos o de materia orgánica en descomposición, e incluso de excrementos (Zerbino, 2005).

2.6.11. Familia Scydmaenidae

Dentro de los Staphylinoidea, la posición sistemática de los Scydmaenidae, se encuentra sujeta a cierta controversia, teniendo estatus de familia independiente o de subfamilia dentro de los Staphylinidae según diversos autores; la familia Scydmaenidae consta de 4,672 especies en todo el mundo, representada por unas 100 especies en la Península Ibérica, en algunos casos endémicas, se alimentan de ácaros que cazan en zonas húmedas, bajo piedras, musgo, hojarasca, en cuevas, nidos de hormigas, termitas o pequeños mamíferos (López, 2015).

2.6.3.12. Familia Scolytidae

Son fitófagos que se encuentran distribuidos por todos los continentes y están asociados casi a totalidad de especies vegetales, ocasionando graves perjuicios a los hospedadores que colonizan debido a la realización de galerías de puesta que provocan la destrucción o disfunción del xilema y floema (Fernández, 1997). De acuerdo al tipo de colonización, los Scolytidae pueden ser espermófagos (se alimentan de semillas o de la cubierta más externa que las cubre), mielofagos (se alimentan de la médula de enredaderas), fleófagos (infestan el floema), xilófagos (incluye a aquellos que viven y se alimentan del xylema o tejidos leñosos), o xilomicetófagos (barrenadores de madera que utilizan relaciones simbióticas y cultivo de hongos del grupo *Ambrosia*) (Wood y *Lezama*, 1992). Algunas son plagas de árboles en varias regiones del mundo, principalmente las que se alimentan de hongos simbiotes introducidos y cultivados en sus galerías. El tamaño de las poblaciones y su variación, a través del tiempo y el espacio, son importantes variables para determinar el manejo integrado de la comunidad de insectos en el campo (Navarro y Liendo, 2010).

2.6.4. Clase Chilopoda

Los ciempiés se pueden encontrar en la hojarasca y en el suelo, debajo de las rocas y los troncos, son predadores voraces de otros invertebrados, especialmente de pequeñas lombrices; los ciempiés tienen pinzas justo debajo de sus cabezas, en el primer segmento del cuerpo, que usan para perforar a sus presas e inyectarles su veneno (Johnson y Catley, 2005). Al mismo tiempo los ciempiés (Myriapoda: Chilopoda) son artrópodos depredadores generalistas que se alimentan de la meso fauna y macro fauna edáficas, Asimismo, son parte significativa de la fauna del suelo y de la hojarasca de diversos ecosistemas (Cupul, 2011).

2.6.5. Orden Diplura

Son más frecuentes en sitios con condiciones de humedad relativamente alta, así como en grutas de manera general su medio más afín son los bosques, selvas y altas montañas; los únicos lugares donde no se han encontrado son las regiones polares (Palacios y García, 2014). Ocupan el medio terrestre en la mayor parte de los cinco

continentes, son artrópodos de pequeño tamaño, (1 hasta 6 mm el Japygidae del oeste asiático), así mismo habitan en los ambientes edáficos y endogeos del suelo, (horizontes A y B de los edafólogos) donde se desplazan activamente entre los micro-espacios y en ocasiones, excavan galerías muy pequeñas; pueden soportar suelos superficialmente helados, en los Japygida el requisito más importante es la humedad , entre un 50-85% de humedad relativa (Mocholí, 2015).

La importancia de los Diplura radica en las interacciones que presentan con micro y macro comunidades edáficas, dando como resultado el proceso de descomposición de materia orgánica y producción de humus, ciclo de energía, además del metabolismo del suelo y de producción de complejos componentes causados por la agregación del suelo (Palacios y García, 2014). Algunos estudios (Mocholí, 2015). Han mostrado su importancia numérica, representando en algunos suelos más del 10% del total de los especímenes integrantes de la micro y meso-fauna; con estos valores de abundancia es fácil de inferir la importancia que los dipluros tienen en la descomposición y reciclado de la materia orgánica de muchos tipos de suelo, desde el punto de vista de daños a cultivos, apenas hay observaciones en la literatura.

2.6.5.1. Familia Japygidae

Se conocen pocas especies, generalmente se encuentran bajo rocas, en la hojarasca, madera en descomposición y en cuevas donde hay barro húmedo (Palacios y García, 2014). Se comportan tanto como saprófagos consumidores de presas vivas, tales como colémbolos, ácaros, isópodos, larvas de insectos, otros dipluros, pero evitando artrópodos con glándulas repugnatorias (diplópodos), devorando presas que dependiendo del tamaño sujetan con sus fórceps o cercos endurecidos (Mocholí, 2015).

2.6.6. Orden Díptera

La mayoría de larvas de Díptera que habitan en el suelo son saprófagas y están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos, son escasas en suelos con bajo contenido orgánico (Zerbino, 2005). En muchas familias de este orden resulta muy común encontrar hábitos depredadores; sin embargo, buen número de grupos

son generalistas en relación con la especie de la cual se alimentan, o son de hábitats especiales, los cuales se encuentran sólo en ciertos ambientes (Nicholls, 2008).

2.6.7. Clase Diplópoda

Los milpiés adultos tienen cuerpos largos y segmentados con dos pares de patas por segmento, son herbívoras o carroñeras; ellos consumen materia de plantas en descomposición, musgo, y hongos, contribuyendo considerablemente a la producción de humus (Johnson y Catley, 2005). Sin embargo (Zerbino, 2005). Menciona que son saprófagos, tienen una función importante en la fragmentación y descomposición de los residuos; sin descuidar que algunas especies pueden causar daño en plántulas de cultivos.

Los milpiés viven en la capa superior del suelo y en la hojarasca, debajo de rocas, troncos o cortezas de árboles en ambientes húmedos, y son usualmente activos por la noche; generalmente, se encuentra en suelos ricos en calcio, el cual necesitan para construir sus exoesqueletos; como un mecanismo protector, muchos milpiés pueden exudar un líquido maloliente a base de cianuro que, al entrar en contacto con la piel, puede quemarla; sus gruesos exoesqueletos también proporcionan protección contra los depredadores, y algunos milpiés se pueden enrollar formando una bola para mayor protección (Johnson y Catley, 2005).

2.6.8. Orden Haplotaaxida

Son considerados ingenieros del ecosistema ya que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macro-agregación); además, diferentes tipos o categorías ecológicas de lombrices (Cabrera, 2014). Los animales geófagos incluyen las lombrices endogeas se alimentan principalmente de la materia orgánica del suelo a diferentes niveles de humificación y/o de raíces muertas (Brown, *et al.* 2001). Las lombrices epígeas viven y se alimentan en la superficie del suelo, entre la hojarasca, son pequeñas, pigmentadas (con color rosado, rosado azuladas, con bandas amarillentas o naranjas) y tienen movimientos rápidos; las anécicas migran a la superficie en busca de

su alimento, son de medianas a grandes, parcialmente pigmentadas o no pigmentadas (blancas) y de movimientos lentos (Cabrera, 2014).

El predominio de un grupo ecológico está determinado por un conjunto de factores ambientales, la temperatura es el principal, seguido de la disponibilidad de recursos (riqueza de nutrientes) y de la variación estacional de la humedad; a escala mundial hay un claro gradiente termo-latitudinal, es decir que en ambientes naturales la densidad media de la población tiende a incrementarse desde las áreas templadas frías a los trópicos (Zerbino, 2005).

2.6.9. Orden Hemiptera

Casi todos los integrantes de Hemiptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues en su mayoría 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).

2.6.9.1. Familia Cydnidae

Las chinches de la familia Cydnidae, comúnmente son llamadas chinches excavadoras, por su comportamiento para enterrarse utilizando la expansión de la tibia anterior (Mayorga, 2002). Algunas se alimentan de las raíces de las plantas hospedadoras viviendo hasta 145 cm por debajo de la superficie del suelo; otras lo hacen de semillas y jugos de los frutos de sus hospedadoras que se encuentran sobre el suelo (Mayorga y Cervantes, 2006).

2.6.9.2. Familia Lygaeidae

Muchos miembros de esta familia son herbívoros, los inmaduros se ven como adultos pequeños, pero carecen de alas desarrolladas por completo, se alimentan de huevos y de larvas de lepidópteros, ninfas y huevos de chinches como *Lygus spp.* (*Hemiptera*), de todas las etapas de las moscas blancas, de áfidos y ácaros; el potencial de *Geocoris spp.*,

como agente de control biológico resulta excelente, tanto adultos como inmaduros consumen docenas de presas por día (Nicholls, 2008).

2.6.10. Orden Himenóptera

Contiene un gran número de especies con hábitos herbívoros, descomponedores y depredadores; todas las hormigas son sociales (Nicholls, 2008). Estos insectos tienden a ser más abundantes en bosques abiertos y secos y en pasturas no cultivadas (Zerbino, 2005) el número de individuos por colonia puede ser muy grande, las hormigas depredadoras son un recurso enorme de predación no específica (Nicholls, 2008).

2.6.10.1. Familia Formicidae

Las hormigas cortadoras son consideradas los herbívoros más importantes de América del Sur (Zerbino, 2005). La conservación de especies de hormigas nativas constituye un recurso importante para el control natural de plagas y su manipulación deliberada para el control de plagas en cítricos se practicó en China hace más de 1.900 años (Nicholls, 2008).

2.6.11. Orden Isóptera

Las termitas del orden isóptera constituyen un amplio grupo de artrópodos no parásitos, de amplia distribución a nivel mundial que juegan un papel muy importante en diversos ecosistemas, al contribuir en la descomposición de la madera en sus componentes fundamentales, favoreciendo así la descomposición natural de la madera en bosques y otros ecosistemas (UTCV, 2013). Son insectos sociales, que predominan en las zonas tropicales y subtropicales, son escasos o están ausentes en altas latitudes; las colonias varían desde unos pocos cientos a varios millones de individuos, los nidos son construidos con suelo, material vegetal, excreciones y saliva, pueden ser enteramente subterráneos o construir montículos; requieren un alimento rico en polímeros como la lignina, celulosa y hemicelulosa (Zerbino, 2005).

2.6.11.1. Familia Rhinotermitidae

Las termitas de la familia Rhinotermitidae son insectos sociales, que conforman alrededor de 1,900 especies en todo el mundo, son xilófagos (consumidores de madera), constituyendo la celulosa su alimento principal sin embargo constituyen uno de los principales problemas de la madera elaborada en la actualidad; si bien son consideradas por el hombre como insectos muy dañinos, poseen una importante función en la naturaleza, principalmente como descomponedores de materia orgánica, debido a su actividad detritívora (consumidoras de tejido muerto); en las zonas tropicales son los principales agentes incorporadores de la materia orgánica al suelo, en reemplazo de las lombrices, las cuales dominan en las zonas templadas (Ramírez y Lanfranco, 2001).

Tienen relaciones de mutualismo sofisticadas con la microflora que permiten la descomposición de la celulosa, construyen galerías en el suelo y transportan grandes cantidades de material orgánico desde la superficie a sus cámaras; ambas actividades contribuyen significativamente en el ciclo de nutrientes, producen metano al descomponer sus alimentos (Zerbino, 2005).

2.6.12. Orden Isopoda

Los Isópodos presentan algunas singularidades propias, pero son especialmente singulares dentro del universo crustáceo por su capacidad para colonizar prácticamente todo tipo de hábitats marinos, dulceacuícolas y hasta terrestres, tanto de superficie como cavernícola, al mismo tiempo que son capaces de explotar recursos de todo tipo, lo que da lugar a la presencia de grupos de herbívoros, filtradores, detritívoros, depredadores, carroñeros y parásitos (Melic, 2015). La mayoría de ellos son altamente susceptibles a la pérdida de agua por lo que están restringidos a hábitats húmedos, las densidades son particularmente bajas en suelos ácidos, en sitios donde ocurren heladas y sequías, se alimentan de material vegetal muerto y en algunas situaciones pueden ingerir excrementos, restos animales y material vegetal vivo; tienen preferencia por los residuos de dicotiledóneas, la coprofagia es necesaria para su normal desarrollo, se ha estimado que consumen cerca del 10% de los residuos y que la tasa de ingestión diaria es menor al 5% del peso del cuerpo (Zerbino, 2005).

2.6.13. Filo Mollusca

Están en altas poblaciones en suelos húmedos (Zerbino, 2005). Para el grupo de los caracoles, la preocupación ha sido principalmente por su actividad como herbívoros, porque causan daño a los cultivos, por su importancia médica, ya que son hospederos intermediarios de patógenos que causan enfermedades a los humanos y animales domésticos (Nicholls, 2008). Sin embargo, algunos caracoles son carnívoros y actúan como depredadores de otros invertebrados del suelo, los caracoles y las babosas prefieren hábitats que proporcionen refugio y humedad adecuada y necesaria para la realización de procesos como la alimentación, la reproducción y la locomoción (Cabrera, 2014).

2.6.13.1. Familia Lymnaeidae

Algunos caracoles prefieren aguas más tranquilas donde están asociados a sustratos más pedregosos y que sus alimentos es de tipo omnívora incluyendo algas, detritus y cadáveres de invertebrados y pueden ser tolerantes a contaminantes orgánicos (Duran y Pardos, 2009). otra información general sobre estos organismos la aportan Duran y Anadón, (2012); quienes mencionan que los caracoles prefieren aguas tranquilas con sustratos pedregosos al mismo tiempo que son omnívoros y hospederos de parásitos (nematodos) que pueden infectar al hombre, en general soportan bien la desecación.

Se desarrollan y reproducen en forma óptima cuando la temperatura oscila entre 10°C y 30°C y cuando el suelo contiene suficiente humedad, cuando las condiciones ambientales se vuelven desfavorables, ya sea porque aumenta o disminuye mucho la temperatura o por que el ambiente se seca; los lymneidos son capaces de sobrevivir durante las sequías e hibernando durante los meses fríos, permaneciendo en ambos casos en estado de latencia. El hábitat de estos caracoles es muy variable ya que algunas especies viven en zonas pantanosas, en bordes de lagos y lagunas o parches abiertos cerca de las costas (Prepelitchi, 2009).

2.6.14. Orden Orthoptera

Muchos ortópteros son herbívoros (la mayoría de grillos y langostas) o descomponedores (como las cucarachas), en regiones tropicales, algunas especies de grillos son

depredadores de plagas de arroz; en general, el valor de los ortópteros como agentes de control biológico es limitado (Nicholls, 2008).

2.6.14.1. Familia Gryllidae

Incluye grillos domésticos y silvestres de distribución cosmopolita, notables por su chirriante canto (Bar, 2010). La Familia Gryllidae se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora, son habitantes de áreas con vegetación rastrera, son eficientes cavadores, las ninfas y los adultos abren galerías en el suelo, formando montículos de tierra en la superficie; en las galerías almacenan material verde y permanecen durante el día, a la noche salen a la superficie a cortar hojas; están presentes en gramíneas y leguminosas forrajeras y en cultivos en sistemas de siembra directa (Zerbino, 2005). Los grillos se encuentran a veces escondidos en la hojarasca; ellos construyen madrigueras en el suelo donde almacenan y luego consumen, material de plantas verdes (Johnson y Catley, 2005).

2.7. Manejo agro ecológico

Un manejo agro ecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada, conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, etc.) por supuesto que sea fácil de implementar por los agricultores, ya que el éxito depende de: a) Selección de las especies de plantas más apropiadas, b) Entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, c) Manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y d) Escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat (Altieri, 2009).

2.7.1 Manejo Agro ecológico de Plagas y Enfermedades

El manejo agro ecológico de plagas promueve la administración integral de toda la finca, no es la plaga o la enfermedad el elemento central, si no toda la finca con las diferentes interacciones que se pueden dar entre plantas, árboles forestales, cercas vivas, cultivos anuales, cultivos frutales y toda la cantidad de insectos benéficos y pájaros que se encuentran en la finca cuando está diversificada y regulan las poblaciones de insectos en forma equilibrada (CESTA, 2011).

2.8. Variable económica

Los agricultores de El Salvador gastan entre 20- 50% del costo total de producción de granos básicos en la compra de fertilizantes, además, el año pasado cuando los precios de fertilizantes nitrogenados aumentaron hasta 100%; por lo tanto una manera de mejorar la sostenibilidad de los sistemas de granos básicos es la introducción de prácticas que reduzcan los costos de producción, esta sustitución completa o parcial de los fertilizantes inorgánicos con abonos orgánicos, como gallinaza, estiércol, pulpa de café o compost debería reducir los costos de producción (Barber,1997).

2.9. Reciclaje de nutrientes

Tiene como finalidad mejorar los niveles de materia orgánica, la estructura del suelo y la actividad de microorganismos (Escobar, *et al*; 2011). También el reciclaje de nutrientes dentro del sistema suelo-planta-animales en el corto y mediano plazo, las plantas reciclan los nutrientes absorbidos; los cultivos absorben los nutrientes que pasan a ser parte integrante de su estructura (hojas, tallos, raíces, granos, etc.), sus rastrojos, que son dejados en el terreno, se descomponen a través de la acción de los diferentes organismos vivos allí presentes y los nutrientes contenidos en ellos vuelven al suelo, los cuales pueden ser absorbidos nuevamente por nuevas plantas, reiniciando el ciclo; es así como las plantas sirven de alimento para los animales, humanos y luego los nutrientes de las plantas son transferidos a éstos, que al excretar o morir, devuelven los nutrientes al suelo reiniciando el ciclo (Vieira *et al*; 1998).

2.10. Seguridad alimentaria

La generación de los distintos enfoques sobre la sustentabilidad de los distintos agro ecosistemas, involucran los estudios sobre seguridad alimentaria que indagan por las condiciones que garantizan el acceso permanente y suficiente de alimentos a la población, teniendo en cuenta las opciones gustativas definidas culturalmente y los requerimientos nutricionales por género, edad, ocupación y momentos del ciclo vital como la gestación (Altieri, 2009). Es por ello, que de la conservación y buen manejo del suelo depende la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las generaciones futuras (Gliessman, 2002 citado por Arrieche, 2012). Sin embargo una preocupación de esta vertiente es capturar los impactos que causan diferentes tipos de

intervenciones sobre el capital natural, social y humano de las poblaciones rurales a través de indicadores apropiados (Altieri, 2009).

2.11. Granos básicos Maíz y frijol

El Banco de Germoplasma del Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal (CENTA) de El Salvador mantiene una colección de 195 variedades criollas de frijol y 40 variedades criollas de maíz y en mucho menor grado de distintas variedades de cucurbitáceas y especies de interés medicinal e industrial, así como de algunos frutales (MARN, 2013).

2.11.1. Frijol

Es generalmente sembrado entre la última semana de agosto y la primera de septiembre, como monocultivo o en relevo al maíz, para que la cosecha sea realizada en el comienzo del período seco; aunque, hay agricultores que siembran de primera (mayo-junio), la gran mayoría prefiere no correr el riesgo de una cosecha en el período lluvioso (Vieira *et al*; 1998).

En El Salvador la mayoría de los agricultores tienen ganado y sus cultivos principales son maíz, frijoles para su propia alimentación y sorgo para el ganado, se estiman que 58% de los granos básicos son producidos en pendientes de 12 a 50% (Barber, 1997). El maíz y el frijol se caracterizan como los productos básicos de la alimentación de la población salvadoreña (Vieira *et al*; 1998). La mayoría de los productores siembra menos de 5 ha de granos básicos (71%), un 23% entre cinco y menos de 10 ha, mientras el restante 6% dedica entre más de 10 y hasta 50 hectáreas; sólo una minoría de agricultores siembra exclusivamente un tipo de grano, puesto que un 85% diversifica el subsistema de granos básicos, siendo la combinación maíz/frijol y maíz/frijol/arroz mayoritaria entre los agricultores (Álvarez y Cárdenas 2001). En El Salvador el frijol empieza a ser cosechado a partir del final de octubre hasta mediados de noviembre, conforme el ciclo de la variedad y la fecha de siembra (Vieira *et al*; 1998).

2.11.2. Maíz

En El Salvador las áreas de cultivo varían entre 1 y 3 manzanas por productor, con mayor proporción de maíz y sorgo (Vieira *et al*; 1998). La milpa puede ser un sistema biodiverso y agro ecológico, que puede producir una diversidad de alimentos a lo largo del año (maíz, frijol, sorgo, ayote, pipián, otros), en contraste con los monocultivos, que solo ofrecen un tipo de producto final y a veces solo durante ciertos períodos: la milpa puede albergar plantas medicinales que están disponibles a lo largo del año en caso de necesidad y otras que son el hábitat de gran cantidad de insectos; la mayoría de éstos benéficos, contribuyendo así a la biodiversidad necesaria para el desarrollo mismo de los cultivos, proporciona otros beneficios como la retención de agua en el suelo y aporte de materia orgánica (MARN, 2013).

La siembra del maíz ocurre en mayo o cuando "emparejan" las lluvias; la mayoría de los agricultores siembra manualmente en el terreno sin labranza, con ayuda del chuzo, abren hoyos cada 0.40 m entre posturas y 0.80 m entre líneas, depositando 2 o 3 semillas por postura (Vieira *et al*; 1998).

2.12. Abonos verdes

Son otro tipo de materia orgánica que puede ser aportada al suelo; se adecúan como una tecnología ecológicamente apropiada, incorpora materia vegetal descompuesta viva o seca; también las plantas cultivables, las leguminosas, tienen la propiedad de fijar nitrógeno, pueden ser herbáceas, arbustivas o vegetación espontánea (Núñez, 2000).

2.12.1. Canavalia: *Canavalia ensiformis*

Son plantas arbustivas altamente tolerantes a la sequía, período de crecimiento de 180 a 300 días, presenta tolerancia a la sombra, moderadamente tolerante al anegamiento y a la salinidad, tolerante a una variedad de tipos de suelos siempre y cuando el pH sea de 5 a 7.5 y es tolerante a insectos (Jiménez y Añasco, 2005) lo que concuerda con (Ávila S/f) quien menciona que se adapta hasta los 1,500 m.s.n.m. Presenta tolerancia a la sequía; tiene pocos enemigos, controla las hormigas trozadoras pues sus hojas, ramas y tallos matan el hongo que las hormigas cultivan para vivir.

2.13.2. Frijol Vigna: *Vigna radiata*

Planta arbustiva o trepadora de ciclo corto, 65 a 85 días, las vainas tiernas como las semillas secas son comestibles; es un sustituto del frijol común al mismo tiempo que se asocia bien con maíz y maicillo(Ávila, S/f), sin embargo; Jiménez y Añasco, (2005) mencionan que tiene un período de crecimiento de 60 a 240 días, bien adaptado a regiones semiáridas, crece en una amplia variedad de tipos de suelos, no puede tolerar el anegamiento ni la salinidad, aunque es razonablemente tolerante a la acidez, prefiriendo un pH de 5.0 a 7.5.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del sitio

El estudio se realizó en una finca perteneciente al CIETTA (Centro de Investigaciones Experimentación y Transferencia de Tecnología Agro ecológica) de la Confederación de Federaciones de Cooperativas de la Reforma Agraria (CONFRAS), dedicada al cultivo de granos básicos con manejo orgánico, así mismo se elaboraron algunas pruebas en una finca llamada, La Lima; con cultivos manejados de forma convencional cuyo propietarios es Vidal Antonio Alfaro. Estudio que se realizó en el periodo comprendido de octubre de 2015 a noviembre de 2016.

3.1.1. Localización

La finca a agro ecológica se encuentran ubicada geográficamente en la latitud $13^{\circ} 41' 53.3''$ N y longitud $88^{\circ} 99' 52.1''$ W, con una altura promedio del lugar de 20 m.s.n.m., caserío Los Novillos, cantón Las Isletas. La finca convencional se encuentra a una longitud de $13^{\circ} 42' 44.22''$ N y longitud $88^{\circ} 99' 43.09''$ W; (datos tomados con GPS en el lugar) (Fig. 1) del mismo Municipio San Pedro Masahuat, La Paz, El Salvador (Google Maps 2015).



Figura 1. Ubicación geográfica de las fincas agro ecológica y convencional

3.1.2. Características climáticas

En ambas fincas la precipitación promedio anual es de 1242 mm, iniciando la época lluviosa a la mitad del mes de abril con un incremento paulatino de las lluvias estabilizándose en el mes de mayo y finaliza en el mes de octubre con un decrecimiento de las lluvias terminando en el mes de Noviembre, con una temperatura promedio de 33.70°C; presentando una evapotranspiración potencial de 1897 mm anuales y una humedad relativa del 76 % (MARN, 2014).

3.1.3. Características edáficas

El suelo de la zona en estudio pertenece a la serie (Jba) Jiboa franco arenoso en planicie que corresponden a suelos Regosoles (Denis y Bourne, 1961) Aluviales, con deposición aluvial, estratificados por capas franco arenoso, arenoso con gravilla y de diversos tamaños de las partículas. Los suelos superficiales son francos y franco arenosos finos de color café muy oscuro. Los sub-estratos hasta una profundidad de 60-100 cm son franco arenosos de color café oscuro. Más abajo predominan los estratos areno francosos y arenosos finos de colores café claros a grises claros, a veces con moteos. Son suelos profundos, bien friables permeables, con moderada capacidad de retener agua y con buena capacidad de producción. Se encuentra en planicies aluviales en la zona baja costera. Son áreas amplias, casi a nivel y sin disección. Las pendientes predominantes son menores de 2%. Las capas inferiores están formadas por depósitos aluviales de arena y cenizas pomicíticas mayormente.

Los suelos de la finca convencional son franco arenoso y pertenece a la serie Suyapa (Sua) Suelos Aluviales no diferenciados, que corresponden a los suelos Regosoles Aluviales, los cuales son muy variables en color, desde casi negros hasta gris pálido o café claro. Las texturas arenosas, franco arenoso y franco arcilloso son las predominantes. Los moteos cafesosos y oliváceos son comunes en estas capas. En ciertas áreas se pueden observar estratos gleysados de color gris acromático. Corroborado en el cuadrante 2456 II (Denis y Bourne. 1961).

Uso actual: para ambas fincas casi en su totalidad estas tierras están ocupadas con cultivos intensivos, principalmente, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maíz (*Zea mays*) y frijol *Vigna* (*Vigna sinensis*). Hay algunas áreas con verduras y hortalizas.

3.2. Descripción del estudio

El enfoque metodológico de este estudio fue en alguna medida participativo, es decir, en el que los campesinos fueron parte del estudio de su finca en una relación horizontal y de colaboración con los técnicos de las organizaciones acompañantes que permitió desarrollar un proceso de capacitación de los actores locales.

El trabajo de investigación consistió en la aplicación de métodos, técnicas y herramientas para la caracterización de las fincas que mostrara el estado situacional de las fincas mediante la sistematización del diagnóstico agro ecológico, complejidad de las fincas y la validación científica del modelo agro ecológico.

El trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera que consistió en realizar el diagnóstico de los criterios agro ecológicos, la complejidad de las fincas y la segunda en el estudio de las variables e indicadores que reflejan el avance de la construcción de un modelo agro ecológico.

Primera etapa

3.2.1. Caracterización del sistema

La investigación se realizó en el mes de octubre de 2015. La metodología consistió en la aplicación de la guía metodológica descrita en el manual técnico agro ecológico, parte I, publicado por el Movimiento de Productoras y Productores Agro ecológicos y Orgánicos de Nicaragua (MAONIC); dicho manual indica el uso de cuatro criterios, nominados: Agro tecnológico, económico, socio- político-cultural y medio ambiente y recursos naturales. Para aplicar la metodología de diagnóstico se utilizaron herramientas del diagnóstico rural participativo (anexo 1 y 2), publicado por El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA 2002); recomendando que se utilicen las herramientas como las siguientes: el mapa histórico y su línea del tiempo que señala los cambios que se han dado en los aspectos productivos, área de cultivos, agua y clima desde 2008; para ello, se elaboró un mapa actual de la finca, ya que esta no contaba con un plano de la misma, en el que se identificaron áreas de cultivo, vivienda, cercas vivas, bosque, recurso agua, este se elaboró conjuntamente con el propietario; el transecto, técnica que consistió en realizar un recorrido de la finca en que se anotaron la topografía del terreno, cultivos,

agua, animales, ¿Quiénes trabajan?, Problemas (erosión, robo, deforestación, disposición final de desechos, puntos críticos; calendarios estacionales de actividades: lluvias, cultivos, otras actividades relacionadas, disponibilidad y demanda de mano de obra, incidencia de plagas y enfermedades, eventos sociales, comercialización entre otras.

Al análisis de la información de campo se le aplicó el FODA para la identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene la actividad productiva que se está llevando a cabo en la finca agro ecológica (anexo 3).

3.2.2. Determinación de la complejidad del sistema

La recolección de la información se realizó en noviembre de 2015. La metodología para caracterizar el rubro de granos básicos, fue tomada de la guía de Vázquez (2013). Se aplicó para diagnosticar la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad. Los componentes de la biodiversidad se agruparon en los siguientes elementos: “biodiversidad productiva” como la biota introducida que se planifica y se cultiva con fines económicos; “biodiversidad asociada” u organismos que influyen de manera directa, positiva o negativa, sobre el desarrollo fisiológico y la defensa de las plantas cultivadas; “biodiversidad auxiliar” como la vegetación no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se maneja para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad; y “biodiversidad introducida” los organismos que se introducen para lograr efectos directos en beneficio de la biota productiva, que se describen en el anexo 4.

Estos componentes funcionales se relacionaron con el manejo que se realizó en el sistema de producción para efectuar el diagnóstico mediante los 18 indicadores sobre: Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Se incluyen 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 (anexo 4). Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente: $DMBPr = [2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18]/23$.

Manejo y conservación del suelo (MCS). Se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo (anexo 4), que contribuye a la conservación y mejora de las funciones

de la biota que habita en el mismo. Incluyendo siete indicadores empleada en la expresión siguiente: $MCS = [2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7]/9$.

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. Utilizando cinco indicadores en la expresión siguiente: $MCA = [A1 + A2 + 2A3 + 2A4 + A5]/7$.

Para el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr), se utilizaron cinco indicadores: $MISRPR = \sum [I1 + 2I2 + I3 + 2I4 + I5]/7$

Para el diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) se utilizaron 15 indicadores: $DMBAu = \sum [2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15]/22$. Y 14 indicadores sobre el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs): $EBAs = \sum [As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6 + As7 + As8 + As9 + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14]/16$.

Al concluir el proceso de diagnóstico con esta metodología se determinó el Coefficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) del sistema de producción. Los valores de estos coeficientes y su significado se ilustran en el anexo 5.

Segunda etapa

3.2.3. Criterios para la selección y delimitación de los sitios de muestreo

La selección de los sitios de muestreos se realizó en el área donde se ha cultivado los granos básicos (específicamente maíz), que corresponde a un área aproximada de 0.70 Ha. (1 mz.) y que se rota con el cultivo de plátano, frijol canavalia, vigna, gandul entre otros, para la finca agro ecológica. En el caso de la finca convencional el área dedicada a maíz y pipián, con un área similar a la agro ecológica.

Dentro de esa área se delimitaron tres parcelas de 10 x 10 m (10 metros de ancho por 10 metros para 100 m² por cada una) (Fig. 2), considerando la homogeneidad de pendiente del terreno, textura y color del suelo, para poder obtener de esta manera la misma información ambiental y geográfica de los sitios sometidos a la investigación.

La pendiente del terreno de cada parcela se midió con cinta métrica y nivel de pita para obtener el porcentaje de pendiente de los tres sitios mencionados y de los cuales se obtuvo un promedio.

La textura de la capa superficial del suelo se determinó al tacto recolectando una muestra a la que se le agregó agua para humedecerla y frotarla entre los dedos pulgar e índice para notar por sensación la presencia de dominancia de los tamaños de partículas minerales, como también la suavidad, aspereza, pegajosidad o plasticidad de la muestra. El color del suelo se observó de manera visual considerando la tonalidad del color de oscuro a claro según la presencia de la materia orgánica

Los muestreos para cada indicador del suelo se realizaron en un número de tres por cada parcela para obtener un número de 9 en total, considerando que cuando se realizan muestreos para diferentes análisis de suelo para un área de una manzana se tiene el criterio de tomar entre 15 a 25 sub-muestras, dependiendo de la precisión de los resultados que se quieren. Sin embargo para efectos de repeticiones y precisión se tomaron la tres sub-muestras por cada parcela delimitada.

Todas las muestras extraídas en campo fueron tomadas por la mañana tomando en cuenta que la temperatura no afectara las muestras y así poder tener mayor calidad de las mismas, en cuanto a la época en que fueron tomadas las muestras se consideró elaborar un plan de actividades tomando en cuenta, época del año, tipo de muestra, tamaño de muestra entre otros. Debido a que para cada análisis de muestra requieren realizarlas en diferentes épocas del año.



Fig. 2. Esquema de muestreo en parcelas de 100 m² sobre un terreno irregular (Google 2015).

3.2.4. Estudio de las variables del modelo agro ecológico y convencional

3.2.4.1. Ecosistema

Para el estudio del ecosistema se consideraron los conceptos de agro ecosistema y agro sistema, el primero en función de un sistema agro ecológico, el segundo en función de un sistema convencional.

Para el estudio de la finca se consideraron las variables: ecosistema, tecnología, económicas, ambiental, social y agro ecosistema de granos básicos con los indicadores siguientes:

3.2.4.2. Variable Ecosistema

- Presencia del sistema Agro forestal, para valorar esta variable se midió el área real (ha) del sistema a través de cinta métrica de 30 m. Se tomaron medidas de las tres parcelas, para obtener el diámetro de sombra, y se realizó un listado de especies que se encuentran en cada una de las fincas.

- Cercas vivas: Se midió la cantidad de cerca viva que existe en la finca por metro lineal y área de sombra con una cinta métrica de 30 metros. Se realizó un listado de las especies existentes, frecuencia y usos, (divisiones, maderables y frutales).

3.2.4.3. Variable Tecnología

Suelo:

Se elaboró un estudio morfológico del perfil del suelo de la finca, para verificar la descripción del Levantamiento general de suelo 1:50000, del que se describieron factores internos y externos; entre los internos están los horizontes, espesores, textura, estructura, color, consistencia, presencia de raíces y poros visibles formados por la fauna, vegetación y presencia de roca (anexo 6). Entre los factores externos se tomaron datos de ubicación geográfica, fecha, lugar, condiciones del tiempo del muestreo, forma de observación, altitud, base cartográfica, fisiografía (posición local, pendiente, material parental) vegetación natural, cultivo y limitantes.

3.2.4.3.1. Profundidad del suelo

La información de recolecto a finales del mes de marzo de 2016. La profundidad efectiva del suelo se efectuó por el método del barreno, que consistió en introducir un barreno de cilindro para ir observando los cambios de textura, color y tipo de material que da origen al suelo, hasta llegar aproximadamente a la profundidad efectiva del suelo que puede estar limitada por un horizonte duro, capa de arena o roca (García 2015) (anexo 7).

3.2.4.3.2. Densidad aparente mediante el método del cilindro

El estudio se realizó a finales del mes de marzo tomando las muestras con la ayuda de un cilindro de PVC biselado de 2 pulgadas de diámetro y 10 cm de altura. Introduciendo en el suelo de la forma como se muestra en la figura 3 (García 2015). Para obtener una muestra de suelo no disturbado.



Figura 3. Toma de muestras por el método del cilindro de volumen conocido

Luego se tomó el peso húmedo de la muestra con una balanza semi analítica. Tomando tres muestras por cada repetición. Las muestras pesadas se colocaron en bolsas herméticas multiuso con cierre dentado debidamente rotuladas y trasladadas al laboratorio para realizar su secado en una estufa a 105 °C durante 24 horas. Después se tomaron los pesos secos y se aplicó la fórmula

$$D_a = M_{ss} \text{ (g)} / V \text{ (cm}^3\text{)}$$

D_a = Densidad aparente del suelo

M_{ss} = masa o peso del suelo seco (g)

V = volumen del cilindro

Porosidad del suelo utilizando la fórmula: $\%P = (1 - \frac{D_a}{D_r}) \times 100$. (García 2015)

Dónde:

$\% P$ = Porcentaje de porosidad

D_a = Densidad aparente

D_r = Densidad real

Mediante la textura de suelo se determinó la densidad del suelo (anexo 8).

3.2.4.3.3. Determinación de la infiltración del agua

La medición de la infiltración consiste en obtener la velocidad con que el agua ingresa al suelo (USDA, 1999). Esta se obtuvo en el mes de julio de 2016 a través del método de los anillos infiltro-metros en donde se colocan los anillos infiltro-metro con un diámetro de 29.5 cm y 25 cm de altura enterrado cinco cm en el suelo y con una marca interna pegada de 18 cm; para iniciar el proceso de infiltración se colocó un plástico delgado y se vierte agua de volumen conocido en el interior de este, con el cual se define un nivel de partida y se van realizando lecturas del nivel del agua cada intervalo de tiempo de 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30 y 45 minutos (García 2015), que se registraron en una matriz que comprende tiempo en minutos, intervalo de tiempo en minutos, altura en centímetros, diferencial en centímetros, infiltración acumulada en cm, infiltración en mm/h, en cm/min y cm/h.

3.2.4.3.4. Identificación de la Macro fauna del suelo

Los muestreos fueron tomados a mediados de la época lluviosa la cual dura de marzo a noviembre, considerando octubre mes buscando que la biodiversidad de macro invertebrados se encontrara desarrollada. Al tomar como base las tres parcelas delimitadas de 10 x 10 metros; en cada una de las parcelas se tomaron tres sub-muestras en forma aleatoria en un área de 25 cm de ancho x 25 cm de largo y 15 cm de profundidad, en cada una de ellas se recolectó el material y fue depositado en bolsas plásticas herméticas multiusos con cierre dentado de 25 libras debidamente preservadas para evitar la migración de los macro invertebrados presentes en las muestras, que posteriormente fueron trasladadas a las instalaciones del CIETTA. Los organismos colectados fueron separados y colocados en frascos plásticos y llevados al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, siendo observados en el estereoscopio, se clasificaron a nivel de orden y familia; fotografiados y preservados, en frascos plásticos con alcohol al 95% debidamente rotulado, al mismo tiempo que se elaboró un cuadro de comparación entre las dos fincas, se identificaron los macro invertebrados tales como, Artrópodos, arácnidos (ácaros), miriápodos (ciempiés y milpiés), colémbolos, isópteros (termitas), moluscos (caracoles y babosas), gusanos y lombrices de tierra.

3.2.4.3.5. Determinación de la población microbiana del suelo de forma cualitativa

Para el análisis de materia orgánica del suelo fue necesario tomar en cuenta los pasos siguientes: en el mismo sitio de la recolección, con una medida volumétrica pequeña (25 ml), se colocó el suelo y se humedeció la muestra ligeramente, luego adicionando aproximadamente cinco ml de agua oxigenada de 12 volúmenes, para observar el efecto sobre la muestra, que indica de manera cualitativa la nula, baja, media, alta y muy alta presencia de los micro-organismos, que luego se asignó la categoría del uno al cinco anexo 9.

3.3. Fase de laboratorio

3.3.1. Análisis químico de las muestras:

La muestra recolectada de abono orgánico sólida de suelo, fueron llevadas al Laboratorio para identificar lo siguiente:

Abonos orgánicos: macro y micro elementos pH y MO. El abono se muestreo en el lugar donde lo fabrica el productor se extrajeron 5 sub muestras de abono tipo bocashi y se colocaran en una cubeta plástica, se mezclaron homogéneamente y se tomó una muestra final de una libra. La muestra fue rotulada con un número correspondiente. Después de recolectada la muestra fue trasladada al laboratorio de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su análisis.

Suelos: para la recolección de muestras de suelo se realizó con una pala muestreadora a una profundidad de 30 cm, recolectando 6 sub muestras de 5 libras en una cubeta platica, se mezclaron homogéneamente las sub muestras para extraer una muestra final con una peso de una libra, posterior fue trasladada al laboratorio de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en donde se realizó la textura al tacto y análisis de los elementos macro (N, P, K, Ca, S, Na, Mg) y micro elementos (Zn, Cu, Fe, Bo, Mo, Mn), Materia Orgánica y pH en cloruro de potasio.

3.3.2. Análisis de las muestra de agua

Se determinó la calidad (dureza), tipo (potable, uso agropecuario) y conductividad eléctrica y pH. Muestras tomadas en el mes de agosto de 2016.

La muestra fue recolectada en un pozo el cual abastece la finca agro ecológica utilizando un sistema de agua por goteo, en una botella plástica de un litro previamente esterilizada y entregada por el laboratorio de química agrícola de la Universidad de El Salvador, la muestra se entregó en un litro de agua sin preservante. Luego fue rotulada con un número correspondiente, hora de toma de muestra, y temperatura (T°).

Después de recolectadas las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en depósitos herméticos (hieleras) a una temperatura de 4 – 10 °C. En el laboratorio las muestras se colocaron en refrigeración manteniendo la misma temperatura durante el tiempo que se realizó el análisis. Estas muestras sin preservante no sobrepasaron más de 24 horas almacenadas después de su recolección.

3.3.3. Metodología estadística

El análisis estadístico: para analizar la biodiversidad implicó la aplicación del índice de Renyi, y la evaluación de similitud de la composición de las comunidades para cada sitio, por medio del índice de Bray- Curtis. Finalmente se realizó el escalado multidimensional no métrico para la comprobación de la hipótesis. Para todo esto se aplicó el análisis de multivarianza basado en disimilitudes utilizando la función adonis del paquete de programa "R". Dicho análisis de Correspondencia Canónica en el paquete "Vegan" de R, utilizando como factor el sistema de manejo de las fincas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se describen los resultados del diagnóstico de la finca agro ecológica CIETTA (Centro de Investigaciones Experimentación y Transferencia de Tecnología Agro ecológica) en sus respectivos criterios:

4.1. Diagnóstico de la finca agro ecológica

La finca se encuentra ubicada en el kilómetro 51 ½, carretera a La Costa del Sol, cuenta con 8.5 manzanas (5.95 ha). Se encuentra a cargo de la Ing. Juliá María Pérez Chávez, quien en el transcurso de la entrevistas; mencionó que la finca como su mismo nombre lo indica, se dedica a realizar experimentaciones, capacitación de sus asociados y la finca se encuentra distribuida en varios lotes.

El Centro Agro ecológico cuenta con registros de producción, costos, ventas y aplicación de insumos. Sin embargo; los productores asociados que cuentan con parcelas individuales se les dificultan llevar registros, lo cual es un trabajo de formación que está realizando la finca dando capacitaciones sobre el tema.

Las Organizaciones no Gubernamentales desempeñaron un papel importante en el surgimiento de la agricultura orgánica, por lo general como promotoras de modelos alternativos de producción entre agricultores basados en la utilización de los recursos locales en sustitución de insumos externos; además, apoyaron a las organizaciones de pequeños productores en la adopción de métodos de producción orgánicos y en la comercialización de sus productos (FIDA, 2003). Es por ello; que la finca agro ecológica no es la excepción en la cual ha recibido asistencia técnica de la Asociación de Agro ecología de Costa Rica (AECO), MAOES (Movimiento de Agricultura Orgánica de El Salvador), y UES (Universidad de El Salvador); sin embargo los productores asociados que reciben asistencia del Centro, mencionan que necesitan capacitación técnica en policultivos, cosecha de agua y diseño de fincas.

4.1.1. Criterio agro-tecnológico

El 91% de los 1,5 billones de hectáreas de tierras cultivadas en el mundo están ocupados por monocultivos de trigo, arroz, maíz, algodón y soja (Altieri y Nicholls 2009). Sin

embargo; los agro ecólogos reconocen que los policultivos y otros métodos de diversificación imitan los procesos ecológicos naturales (Altieri, 2001). Esto contrasta de forma directa con la diversidad de especies vegetales encontradas en la finca agro ecológica, que para efectos de estudio la finca ya se encontraba dividida en cinco zonas o parcelas.

Zona 1: 3.5 ha de cocotero (*Cocos nucifera*), asociados con algunos cítricos intercalados y cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), además cuenta con un apiario de 17 cajones (*Apis mellifera*) que se encuentra ubicado dentro del cultivo de coco aprovechando la floración, zona 2: 0.70 ha, para granos básicos y abonos verdes: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), canavalia (*Canavalia gladiata*), frijol Vigna (*Vigna sinensis*) y gandul (*Cajanus cajan*); zona 3: 0.35 ha para cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), loroco (*Fernaldia pandurata*) y pipián (*Cucurbita argyrosperma*, zona 4: 0.35 ha, naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), guayabo (*Psidium guajava*), paterna (*Inga paterno*), noni (*Moringa citrifolia*), mango (*Mangifera indica*); zona 5: 0.70 ha, dedicada para instalaciones, manejo del vivero y venta de plantas, siendo los cultivos que más se rotan cuando la cooperativa lo considera necesario (cada 1 o 2 años); rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), maíz (*Zea mays*), pipián (*Cucurbita argyrosperma*), loroco *Fernaldia pandurata*) y plátano (*Musa paradisiaca*). Tal como lo menciona CIAT, (2003) el estudio de la diversidad y el funcionamiento del ecosistema son el punto de partida para comprender y manejar los ecosistemas naturales y los perturbados; en cuanto a las perturbaciones que experimenten los ecosistemas naturales alterarán las comunidades de macro invertebrados del suelo. Estos organismos en general son sensibles a los factores climáticos y edáficos que determinan tanto las reservas alimenticias disponibles como las condiciones micro-climáticas.

En cuanto al manejo del suelo, los miembros de la Cooperativa valoran la importancia de estudios de suelo, pero desconocen las técnicas que estos implican, ello probablemente se deba a que en la finca nunca se han realizado este tipo de estudios.

Dentro de los aspectos positivos que se implementan en el camino hacia el logro del manejo agro ecológico de la finca sobresale el hecho que han dejado de utilizar maquinaria agrícola, y en su lugar se realizan prácticas que mejoran la diversidad de los macro invertebrados del suelo tales como labranza mínima, que involucran la utilización de herramientas manuales como cuma, corvo, pala dúplex, azadón y carretillas manuales;

también se realizan prácticas agronómicas para la conservación de la humedad y la fertilidad de suelos entre los cuales se encuentran: asociados, diversificación, abonos verdes, incorporación de rastrojos y rotación de cultivos. Este tipo de acciones distinguen a esta granja, debido a que de acuerdo a Rendón *et al*, (2011). La macro fauna del suelo es poco considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas, a ello hay que agregar que las comunidades de macro invertebrados ejercen diferentes efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo, al modificar la textura y las propiedades físicas del suelo en los horizontes en que habitan; estas actividades de la macro fauna favorecen también el crecimiento de las plantas, así también la diversidad y la abundancia de las comunidades de macro invertebrados, así como la importancia de sus principales grupos, es decir, termitas, lombrices y hormigas, pueden utilizarse como indicadores de la calidad del suelo (CIAT, 2003).

En cuanto al manejo del suelo, los miembros de la Cooperativa valoran la importancia de estudios de suelo, pero desconocen las técnicas que estos implican, ello probablemente se deba a que en la finca nunca se han realizado este tipo de estudios.

Dentro de los aspectos positivos que se implementan en el camino hacia el logro del manejo agro ecológico de la finca sobresale el hecho que han dejado de utilizar maquinaria agrícola, y en su lugar se realizan prácticas que mejoran la diversidad de los macro invertebrados del suelo tales como labranza mínima, que involucran la utilización de herramientas manuales como cuma, corvo, pala dúplex, azadón y carretillas manuales; también se realizan prácticas agronómicas para la conservación de la humedad y la fertilidad de suelos entre los cuales se encuentra: asociados, diversificación, abonos verdes, incorporación de rastrojos y rotación de cultivos. Este tipo de acciones distinguen a esta granja, debido a que de acuerdo a Rendón *et al*, (2011). La macro fauna del suelo es poco considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas, a ello hay que agregar que las comunidades de macro invertebrados ejercen diferentes efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo, al modificar la textura y las propiedades físicas del suelo en los horizontes en que habitan; estas actividades de la macro fauna favorecen también el crecimiento de las plantas, así también la diversidad y la abundancia de las comunidades de macro invertebrados, así como la importancia de sus principales grupos, es decir, termitas, lombrices y hormigas, pueden utilizarse como indicadores de la calidad del suelo(CIAT, 2003).

Dentro de este contexto, se hace uso de abonos orgánicos como el bocashi (elaborado en el mismo centro), a base de estiércol de ave y ganado, este último es comprado en la zona, la elaboración de estos abonos no solo disminuyen los costos de producción sino también ayudan a preservar especies vegetales (medicinales, comestibles, variedad de cosechas y semillas criollas) además de animales nativos de la zona, aumentando así de la biodiversidad en la finca (Barber, 1997).

También se aprovechan los desechos de los cultivos incorporados al suelo dejando los rastrojos de los cultivos en la finca. Así mismo se utiliza harina en la elaboración de abono orgánico o se aplica directamente a los cultivos. Entre los abonos que se incorporan al suelo como materia orgánica y son: los abonos verdes, el bokashi y el humus de lombriz (SAG, 2013). Sin embargo cabe mencionar que en la zona es escasa la presencia de rocas superficialmente, por ser una zona de suelos aluviales, por lo que es necesario comprarla y transportarla al lugar. Otras de las limitantes es no contar con maquinaria para procesarla y a la vez sería desventajoso extraerla del mismo terreno.

Con respecto al manejo de plagas y enfermedades se hacen esfuerzos de prevención biológico, en donde aplican *Beauveria bassiana*, que posee la capacidad de parasitar a insectos de diferentes especies, tales como zompopos (*Atta spp*), hormigas de la familia Formicidae, gallina ciega (*Phyllophaga spp*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*), afidos o pulgones (*Aphis gossypii*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), entre otros, que causan daños en los cultivos; también se hace uso de repelentes como M5 (microorganismos de montaña). Para las enfermedades como *Sigatoka amarilla* en plátano, se utiliza un caldo a base de azufre y calcio denominado sulfo-calcio, además de microorganismos de montaña en estado líquido y cobre más calcio, denominado caldo bordeles para tratar diversas enfermedades fungosas.

Las practicas fitosanitarias que se emplean en la finca sugieren que los macro invertebrados no están sometidos a perturbaciones, en contraste con las fincas convencionales en donde tales organismos, dada su alta sensibilidad a este tipo de perturbaciones, se convierten en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente, los cuales integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y los subproductos de estos seres vivos (Altieri, 2001).

Por otra parte y como consecuencia de estas prácticas, los productores han notado efectos positivos tales como aparición de lombrices en el suelo mismo, no debe dejarse de lado los efectos positivos que aportan los macro invertebrados en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo (Altieri, 2001).

La fuente de agua que se utiliza en el Centro proviene de dos pozos artesanales, uno es utilizado para riego de los cultivos, y que no resulta ser suficiente para toda la finca en época seca y el otro para el uso de las instalaciones de la asociación que algunas veces es utilizado para riego de los cultivos pero principalmente para el manejo del vivero.

La finca cuenta con paneles solares no instalados y se proyecta a futuro instalarlos en toda la finca así como el establecimiento de un molino de viento.

4.1.2. Criterio económico

Los costos agrícolas derivan de la necesidad de subsidiar cultivos con costosos recursos externos puesto que los agro ecosistemas, privados de los componentes funcionales reguladores básicos, pierden la capacidad de sostener su propia fertilidad del suelo y regulación de plagas y enfermedades (Altieri y Nicholls, 2009). Dentro de este contexto, la finca apuesta por la biodiversidad, la seguridad alimentaria y a su propio sistema productivo y de comercialización; de esta forma el maíz en su totalidad es dedicado para autoconsumo con un área de 0.25 manzana; cultivos como rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), plátano, (*Musa spp*) frijol (*Phaseolus vulgaris*), en un 90% son orientados a la comercialización y el restante para autoconsumo, mientras que en el caso del Cocotero 95% para comercialización y el 5% para autoconsumo. La finca cuenta con instalaciones y equipo para poder procesar, preservar, empaclar y comercializar todos sus productos.

Para fortalecer el rubro económico se ha invertido en infraestructura y equipo. En este sentido, existe una galera donde se almacena bocashi procesado, un pequeño laboratorio con el equipo mínimo (cámara de flujo, mechero, cristalería, refrigeradora, conservador para semillas, entre otros), para el aislamiento y propagación de microorganismos de control biológico; un módulo para la producción de lombricultura y una bodega para almacenar los insumos líquidos y herramientas.

Como proyección social la finca aporta donaciones de plantas frutales y ornamentales a otras instituciones y socios.

Para el caso de finca agro ecológica se tomó a bien reportar los ingresos de uno de los empleados que a la vez es miembro de la CONFRAS; a quien se le entrevistó y debido a que no fue conveniente tomar todos los salarios de los empleados se optó por tomar el de la persona encargada de la finca. El ingreso familiar es de \$ 680.00 mensual, con un gasto mensual en su casa (alimentación, energía eléctrica, agua, educación, salud, vestuario, diversión) de \$ 300.00. El grado de escolaridad de los hijos es educación media y básica. Además se paga mano de obra que es contratada en la finca con el costo por jornal de \$ 5.00 por día. Son tres empleados de turno que trabajan de lunes a sábado en los sistemas de producción; y otros tres que se encargan de la limpieza, manejo del vivero, venta de los productos de la finca y dos técnicos de planta que se encargan del manejo y producción de la finca.

La finca se encuentra al día con los pagos de los impuestos. No se cuenta con un plan de negocios ni con plan de inversión.

4.1.3. Criterio sociocultural

Los productores mencionan que es importante planificar las actividades de la finca. Sin embargo, reconocen que algunas de las actividades que se realizan carecen de planificación.

La finca es propiedad de todos los socios en la cual la familia de cada productor tiene un 25% y el restante 75% participan los socios de las actividades que realizan junto con los empleados. En donde participan (hombres, mujeres, jóvenes, y ancianos); tomando mayor fuerza en la participación como asociación.

Todos los empleados junto a los miembros de la asociación han recibido capacitación y fortalecido la asistencia técnica en Introducción a la Agro ecología, Agricultura biodinámica y formación de promotores; han adquirido experiencia en elaboración de insumos orgánicos, tienen conocimiento en producción de semilla y conocen sobre algunos de los programas que implementa el gobierno como agricultura familiar, y ciudad mujer pero no participa en ellos. Apoyan en programas de reforestación para comunidades y escuelas públicas.

Los servicios a los que tienen acceso los miembros de la asociación son energía eléctrica, letrinas, recolección de basura, telefonía fija, centro de salud y escuela pública y sobre todo la finca es de fácil acceso.

4.1.4. Criterio de Medio Ambiente/Recursos Naturales

Según Altieri y Nicholls (2009) cualquier intento de conservación del suelo, bosque o recursos genéticos debe buscar la preservación de la diversidad de los agro ecosistemas en los cuales se encuentran estos recursos, así como proteger comunidades locales que los mantienen; por tanto la diversidad cultural es tan crucial como la diversidad biológica, de ahí que, indagar sobre el conocimiento que del medio ambiente poseen los productores en estudio es importante, al respecto los socios de la finca señalan que han escuchado hablar sobre el término pero no tienen claro su significado, en tanto para los que se encargan de la finca, medio ambiente, es el medio que nos rodea tomando en cuenta todos los seres vivos, las plantas y animales, así como los recursos: agua, suelo, y aire. Así mismo reconocen que el término biodiversidad incluye todos los seres vivos que hay en un determinado lugar. Esta diferencia de apreciación plantea la necesidad de crear mecanismos que faciliten el conocimiento sobre medio ambiente, los cuales deberían enfatizar la participación e integración.

En la finca se encuentra un área de sistema de bosque en el cual se encuentran variedad de árboles, tales como: Tigüilotes (*Cordia dentata*), Nim (*Azadirachta indica*), Teca (*Tectona grandis*), Carreto (*Samanea saman*), Caulote (*Guazuma ulmifolia*) y ujushte (*Brosimum alicastrum*). Mencionan que entre la fauna que existe en la finca se encuentran, Garrobos (*Ctenosaura similis*), Cusucos (*Dasyopus novemcintus*), diferentes aves y mariposas.

Los productores de la asociación tienen conocimiento sobre las leyes de agua, seguridad alimentaria y nutricional, como el uso inadecuado de los agro-toxicos que puede causar cáncer, insuficiencia renal, dolor de cabeza, alergias, abortos, deformaciones fetales, entre otros y tienen la convicción que es indispensable que se cuiden los recursos, ya que de ellos depende la vida de los seres humanos para fundamentar mejor el manejo de la finca.

El diagnóstico agro ecológico al ser comparado con otros estudios se observa el nivel de responsabilidad y compromiso que tienen los productores con respecto a producir de

forma orgánica, sin embargo esto no es suficiente debido a que estudios en el salvador y Centroamérica como el de CESTA (2011) quien menciona que el diagnóstico constituye el punto de partida de la planificación para diversificar las fincas, por lo que es necesario que cada productor tenga su propio diagnóstico para recolectar información suficiente y clara que sirva para tomar las mejores decisiones y proyectar actividades hasta lograr que las fincas sean productivas y sustentables en el tiempo.

4.2. Análisis FODA

A continuación se presenta los resultados del análisis FODA, donde se ponen de manifiesto las fortalezas, oportunidades así también las debilidades y amenazas de la finca agro ecológica.

4.2.1. Fortalezas

Los productores de la finca agro ecológica se muestran satisfechos por la unión que existe entre los miembros de la cooperativa y que a la vez forman parte de la Confederación de Cooperativas de La Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS), que tienen la visión del desarrollo de la agro ecología para producir alimentos más sanos. Reciben capacitaciones constantes por medio de técnicos capacitados que apoyan con el conocimiento técnico científico en la producción y manejo de la finca; cuentan con tierra propia; cuentan con locales propios para el manejo, producción y empaclado de los alimentos. Estas características, aunadas a la experiencia que han adquirido en la producción y comercialización de sus productos denotan que poseen capacidad de emprendedores.

Por otra parte, la cooperativa contrata mano de obra calificada, cuenta con su propio transporte, ofrece al mercado variedad de productos, posee servicios de energía eléctrica, agua de pozo, vías de acceso en condiciones aceptables y buena ubicación del local.

4.2.2. Oportunidades

Se cuenta con la posibilidad de crecer como empresa y abrirse a un mercado rentable y así poder extenderse a mejorar la infraestructura y tener un mejor equipamiento de

materiales y equipo. En este sentido, vender los productos a un mercado local es una de las oportunidades que se está implementando, así como la posibilidad de comprar tierra para aumentar la producción y fomentar el agroecoturismo. Todo dentro de un contexto de armonía con la naturaleza, en un ambiente saludable en el que se puedan consumir alimentos sanos. Por otra parte, se piensa apoyar a otras organizaciones en las gestiones para la aprobación de leyes para impulsar la agricultura orgánica.

4.2.3. Debilidades

Los pozos con los que cuentan en la finca no satisfacen la demanda de agua y no se cuenta con el equipamiento necesario para realizar las actividades de manejo. La delincuencia desestimula la inversión, la tierra para producción no es suficiente y existe escasa mano de obra, la cual se requiere principalmente para el manejo de plantas arvenses, dado que no se usan herbicidas, aunado a lo expuesto no tienen facilidades de créditos para aumentar el área de producción, tampoco tiene acceso a seguro o subsidios.

4.2.4. Amenazas

En este aspecto sobresalen los robos constantes de productos y la aplicación de productos químicos por parte de los productores vecinos que se dedican al cultivo de caña de azúcar que supone daños y contaminación a los cultivos establecidos así como a los mantos acuíferos que son muy superficiales (entre 5 y 8 m de profundidad).

En otro contexto, también la disminución de las precipitaciones que han caracterizado las épocas lluviosas de los últimos años y que según (MARN, 2011) los efectos del cambio climático ha provocado la disminución de los mantos acuíferos. Así también la quema del cultivo de caña de azúcar en época de zafra en los alrededores afecta considerablemente el ambiente colindante y la misma finca con la pérdida o fuga de la vida silvestre que son parte del sistema agro ecológico. Al respecto, un estudio realizado en Colombia por *Molina, et al (2012)* indica que la quema en los cultivos destruye parcialmente la materia orgánica y los residuos, causa la muerte de microorganismos y la macro fauna, deteriora la consistencia del suelo y acarrea problemas de infiltración, de aireación y de toma de nutrientes, además de la pérdida de elementos nutricionales por la erosión.

4.3. Diagnóstico de la finca convencional

4.3.1. Datos generales de la finca

La información del diagnóstico fue proporcionada por el productor y dueño de la finca de producción convencional, Vidal Antonio Alfaro, quien no pertenece a ninguna organización de carácter comunal.

La finca denominada La Lima, se encuentra ubicado en el kilómetro 49.1/2 carretera a La Costa del Sol, La Paz a dos kilómetros de la finca agro ecológica y forma parte de la lotificación La Lima, Municipio de San Pedro Masahuat. Cuenta con un área de 0.70 ha. Se encuentra a una altura de 33 m.s.n.m., presenta suelos franco arenoso. El periodo lluvioso de la zona es de mayo a octubre.

El principal problema de esta finca es la vulnerabilidad de los cultivos a las plagas y enfermedades, lo cual coincide con lo señalado por Vaquerano, *et al* (2003) quien menciona que el alto uso de plaguicidas trae como consecuencia: reducción de la biodiversidad, erosión y pérdida de permeabilidad de los suelos, aumenta la vulnerabilidad a las plagas y enfermedades y conduce al desequilibrio y agotamiento de los agro sistemas. (CESTA, 2011) por lo que se convierte en una agricultura insostenible en el tiempo, ya que la principal consecuencia es la contaminación, originando desequilibrios en las fincas, manifestada en mayor incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas.

Por otra parte, no se llevan registros de las actividades que se realizan, no se cuenta con sistema de riego para la época seca, tampoco se hace cosecha de agua.

Por otra parte en esta finca no existe infraestructura debido a que el propietario no vive en el terreno.

4.3.2. Criterio agro-tecnológico

La finca cuenta con una manzana de terreno, la cual no presenta divisiones ya que es una sola parcela dedicada principalmente al cultivo de maíz y en menor proporción al pipián; dentro de los implementos que utiliza para el cultivo se encuentran: cuma, corvo y bomba

de aspersión de mochila; así mismo utiliza maquinaria agrícola para preparar el suelo con rastra, como también de tracción animal para la siembra y aporcado; la única labor cultural que pone en práctica pero no tan frecuentemente es la incorporación de rastrojos en su terreno. La semilla que utiliza es híbrido certificado.

Productor y dueño de la finca de producción convencional, Vidal Antonio Alfaro. No realiza prácticas agro ecológicas, y ha optado por utilizar productos de origen comercial como: fertilizantes, semilla híbrida, herbicidas, insecticidas y fungicidas.

El rendimiento del maíz por manzana es estima por el productor con un promedio de producción de 50 quintales. Mencionó que lo rota con pipián al salir el cultivo de maíz utilizándolo como una alternativa de aprovechamiento de la tierra.

En el caso de las plagas las combaten con productos químicos, como los insecticidas Larvin (grupo químico carbamato), las plantas arvenses o malezas las controlan con herbicida (Paraquat) y las enfermedades con fungicidas para el caso del cultivo de pipián (Cobretane) productos que utilizan desde que el productor tiene la propiedad.

4.3.3 Criterio económico

La pérdida de producción es estimada por el productor en el 15%. Sin embargo hizo notar que en los últimos años la producción se ha visto amenazada hasta en un 100% debido a fenómenos de la naturaleza.

Los cultivos con los que dispone para auto consumo, son el maíz con 25% y el pipián con un 10%, acerca del cual no formaliza registros. Sin embargo manifiesta su interés en realizarlos. La mano de obra contratada cuando es requerida tiene un costo de \$ 5.00/día.

En cuanto a los precios de venta, el productor menciona que depende del mercado informal, según la demanda así los precios suben o bajan. Esta situación contrasta con lo observado en la finca agro ecológica, en donde logran mayor estabilidad y mejores precios, ello gracias a que ofrecen diversidad de productos que no han sido sometidos al uso de plaguicidas sintéticos y que han completado la cadena de comercialización; situación que se enmarca dentro de lo señalado por SAG (2013), en cuanto a que la finca agro ecológica desde el punto de vista económico, presenta como principales ventajas; un

mejor precio en el mercado, lo cual sumado a que en ocasiones se puede tener un menor costo del manejo productivo, logrando una mayor rentabilidad y recuperando sus recursos naturales (suelo, y biodiversidad de macro fauna). En contraste CESTA (2011) hace mención que el uso de prácticas agrícolas inadecuadas como: poca cobertura arbórea, quemas de rastrojos y uso excesivo de agroquímicos, ocasiona bajos rendimientos, erosión y degradación de los suelos e inseguridad alimentaria en fincas de producción convencional.

El gasto total por mes en el hogar es de \$250.00 en alimentación, energía eléctrica, agua, educación, salud, vestuario, diversión; además de otros gastos adicionales donde se invierten aproximadamente \$ 50.00 haciendo un total de \$300.00; no cuentan con medio de transporte para sacar su producto e invierten \$10.00. El ingreso total por mes es de \$ 400.00 esto lo obtiene de trabajo como jornalero y la producción que obtiene.

4.3.4. Criterio socio cultural

La planificación de las actividades de la finca es muy importante; sin embargo, el productor no la realiza en toda su extensión, planifica solo una parte. Esta situación probablemente se encaje en la explicación que al respecto ofrece CESTA (2011) quien menciona que generalmente en las fincas convencionales no se planifican los cultivos, porque ya se tienen destinadas áreas de siembra y se hacen pocos esfuerzos por mejorar y valerse de las áreas de la finca de acuerdo a su vocación.

4.3.5. Criterio socio ambiental y recursos naturales

El productor menciona conocer sobre medio ambiente y lo describe como todo lo que nos rodea, plantas y animales, así también menciona que aporta para cuidarlo dejando mulch en algunas ocasiones en el terreno, y reconoce que la quema no es recomendable; aun así, las realiza; utiliza agroquímicos sabiendo del grave daño que estos ocasionan, mencionando algunos de los efectos en la salud humana como enfermedades renales. Sin embargo, menciona que el producir comida sana es mejor, pero que para producirlos se necesita de más trabajo, es así que continua cultivando con agroquímicos.

4.4. Determinación de la complejidad de los sistemas

4.4.1. Diseño y manejo de la biodiversidad productiva

En los sistemas de producción en estudio, (anexo 4 cuadro 1); la finca agro ecológica refleja un mayor coeficiente con 2.52 y 0.65 de la finca convencional; estos resultados muestran que la finca agro ecológica supera la finca convencional en su mayor escala en los siguientes indicadores: diversidad de especies herbáceas y arbustivas, complejidad de diseños agro forestales, diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos y complejidad de diseños en policultivos. Estos factores conducen a que la técnica agro ecológica sea, por un lado ambientalmente adecuada, altamente productivo y económicamente viable (Gliessman, 2002). Para el caso de la finca convencional es evidente la debilidad en la mayoría de los indicadores. Sin embargo, el sistema agro ecológico presenta debilidades principalmente en la integración animal y el área silvo-pastoril, aunque este último solo podría ser para especies menores porque la finca presenta un área de terreno reducida.

4.4.2. Indicadores para evaluar el manejo y conservación del suelo

Los resultados de los indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del suelo (MCS), se muestran en el anexo 4, cuadro 2.

La finca agro ecológica alcanzó un resultado de 3.78, en relación a la finca convencional que tuvo un valor de 1.22. Estos resultados se deben a que la finca agro ecológica realiza prácticas para un mejor manejo de los agro ecosistemas, de tal manera, que los indicadores de manejo y conservación de suelo muestran mayor escala en los sistema de superficie en rotación de cultivo, superficie con incorporación de biomasa orgánica e indicadores de conservación del suelo, superficie de siembra con laboreo mínimo, superficies con prácticas anti erosivas (colocación de mulch con los residuos de las cosecha e incorporación de cultivos de cobertura) y conservación en la preparación del suelo con el mínimo laboreo que se realiza manualmente. Esta situación supone un ambiente apropiado para el desarrollo de la macro fauna de invertebrados, ya que tal como lo señalan Altieri y Nicholls (2009), toda la flora y fauna del suelo, fitófagos, carnívoros, descomponedores, etc. que colonizan el agro ecosistema desde el medio

ambiente circundante prosperarán en el agro ecosistema dependiendo del manejo y estructura de éste (Altieri y Nicholls, 2009). En contraste, en la finca convencional no se realizan estas prácticas y como consecuencia no están dadas las condiciones para que los colonizadores del suelo alcancen éxito biológico.

4.4.3. Manejo y conservación del agua

La finca agro ecológica obtuvo un coeficiente de 3.00 (Anexo 4) (cuadro 3), con lo que supera al de la finca convencional que obtuvo 2.29, este dato es importante dado que Centroamérica es una de las regiones más vulnerables al cambio climático y está sujeta a fenómenos hidro meteorológicos cada vez más intensos, que ocasionan inundaciones y sequías, lo que afecta la producción agrícola (FAO 2013), por lo que resulta imperativo realizar acciones que conduzcan hacia un manejo adecuado y eficiente y que a la vez garantice su conservación, tal como se realiza en el sistema agro ecológico en estudio. En este sentido, conviene agregar que según Rendón *et al.* (2011) el sistema agro ecológico funciona con los macro invertebrados del suelo que son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: ya que tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación y en el movimiento y retención de agua.

Dentro de este contexto, la finca agro ecológica cuenta con un sistema de riego, pozos de abastecimiento de agua para uso agrícola, manejo y sistema de drenaje, a diferencia del manejo convencional que solo cuenta con el recurso de agua en época lluviosa.

Por otra parte en el sistema agro ecológico tendrá que mejorarse el indicador de sistema de riego, lo que vendría a proporcionar una superficie mayor bajo sistema de riego y un mayor valor agregado a la finca. Sin embargo, para lograrlo existe la limitante que fincas aledañas utilizan el riego para el cultivo de caña de azúcar, lo que disminuye el caudal para el riego de la finca. Situaciones similares se reproducen en El Salvador y el resto de Centro América, es por ello, que la FAO, (2013) promueve en la región un enfoque integrado para la gestión del agua en la producción agrícola, que considere la conservación de los ecosistemas, la recarga y preservación de los acuíferos, la reutilización del agua, la optimización del uso del agua en condición de disponibilidad reducida, el desarrollo de infraestructura de almacenamiento, así como la búsqueda y

construcción de mecanismos de coordinación y gobernabilidad entre los actores y usuarios de los diferentes sectores relacionados con la gestión hídrica.

4.4.4. Manejo de intervenciones sanitarias

Los indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr), de la finca agro ecológica muestran un coeficiente de 2.00 en comparación con la finca convencional con 0.43.

La finca agro ecológica superó a la convencional, debido a que el número de intervenciones sanitarias (agro ecológicas en tres y la convencional en dos) que realizan para prevenir el apareamiento de daños en los cultivos y enfermedades fitosanitarias, para lo cual se utilizan productos botánicos con efecto repelente en contraste con la convencional en la que se utilizan plaguicidas químicos sintéticos. Como resultado en el sistema agro ecológico los agentes de control natural se encargan de regular a los herbívoros, lo cual constituye aspecto estratégico en la finca agro ecológica para la prevención de daños, lo cual coincide con lo señalado por SAG (2013), quien además agrega que los plaguicidas son hoy la causa de 26 millones de envenenamientos y 220 mil muertes al año.

El anexo 4, cuadro 4 presenta las debilidades en los indicadores de integración animal de especies mayores lo cual no es posible por la poca extensión para ese rubro, sin embargo se podría implementar la cría de especies menores, que entre otros beneficios también aportaría al uso de estiércol para la alimentación del cultivo de lombrices, para lo cual actualmente se recurre a recursos externos.

4.4.5 Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar

Vásquez, *et al.* (2014), define la biodiversidad auxiliar aquella que está compuesta por vegetación no cultivada como cercas vivas, arboledas, corredores ecológicos, barreras vivas y otras que realizan funciones auxiliares a la biodiversidad productiva y asociada. Estos componentes contribuyen a la biodiversidad, al igual que la biodiversidad introducida funcional que resulta cuando se liberan entomófagos o cuando se aplican biopreparados de microorganismos entomopatógenos (INISAV, 2010).

La finca agro ecológica presenta un índice 1.59 como se resume en el anexo 4 cuadro 5, en consecuencia se determina que está mejor representada que la finca convencional, dado que, cuenta con ambientes semi naturales, buen manejo y diversidad estructural de las arboledas, manejo de arvenses y buen manejo de cercas vivas perimetrales. La biota auxiliar constituye toda una novedad para los agricultores, a la vez que lograron entender sus funciones en el sistema de producción y pudieron criticar que en la agricultura convencional se le resta importancia al simplificar los sistemas. La finca convencional con un índice de 0.68 cuenta solamente con cercas vivas perimetrales parciales, mediana tolerancia de arvenses por la aplicación de herbicidas, poca diversidad de especies en las barreras vivas perimetral, y no hay formación de corredores ecológicos. La evaluación de la biodiversidad auxiliar contribuye a expresar el interés en fomentar rápidamente la cerca viva perimetral diversificada y cuidar las arboledas, entre otras prácticas que antes no les interesaban Vázquez *et al* (2014). Los árboles son parte fundamental de la diversidad estructural de los ambientes semi-naturales, las especies de árboles que se encuentran en la cerca perimetral establecida en función de la necesidad de los productores, y tolerancia de arvenses, son necesarias para el desarrollo de la finca; sin embargo, la finca agro ecológica tiene deficiencia en los indicadores: diversidad de especies en barreras vivas, superficie con barreras libres intercaladas, diversidad de especies en barreras vivas laterales y superficie con barreras vivas laterales, no están siendo utilizados debido a que la finca convencional se encuentra en una zona tropical con una pendiente menor al 2% (Denis y Bourne, 1961).

4.4.6. Elementos de la biodiversidad asociada

La biodiversidad asociada incluye la flora y fauna del suelo (polinizadores, organismos nocivos herbívoros, parásitos y patógenos, reguladores naturales, biota rizosférica, microbiota epifítica y otros elementos que se relacionan directamente con la biota productiva (Vázquez *et al.* 2014). Con respecto a los elementos de la biodiversidad asociada en la finca agro ecológica, presenta un coeficiente de 2.31 en comparación con la finca convencional 1.44, como se presenta en el anexo 4 cuadro 6. La finca agro ecológica resulta mejor evaluada en los indicadores mostrando mayor estabilidad en la cantidad de especies tanto nocivos como fitófagos, así también mayor diversidad de reguladores naturales, polinizadores, y macro fauna del suelo, en comparación con la finca convencional que muestra bajos niveles en todos sus indicadores.

4.4.7. Indicadores de biodiversidad

En este criterio la finca agro ecológica obtuvo un coeficiente general de 2.53, que la ubica como medianamente compleja, en tanto que el sistema convencional alcanzo 1.12, es decir poco complejo (cuadro 2) (anexo 5).

Cuadro 2. Nivel de complejidad de la diversidad de los sistemas

N° del indicador	Indicadores	FA	Grado de complejidad de la biodiversidad	FC	Grado de complejidad de la biodiversidad
1	DMBPr	2.52	Medianamente complejo	0,65	Simplificado
2	MCS	3.78	Altamente complejo	1.22	Poco complejo
3	MCA	3.00	Medianamente complejo	2.29	Medianamente compleja
4	MISRPr	2.00	Poco complejo	0,43	Simplificado
5	DMBAu	1.59	Poco complejo	0,68	Simplificado
6	EBA	2.31	Medianamente complejo	1.44	Poco complejo
Total		2.53	Medianamente compleja	1.12	Poco complejo

Simbología

FA. Finca Agro ecológica

FC. Finca Convencional

DMBPr. Diseño y manejo de la biodiversidad productiva

MCS. Manejo y conservación de suelo

MCA. Manejo y conservación de agua

MISRPr. Manejo de intervenciones sanitarias

DMBAu. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar

EBA. Elementos de la biodiversidad asociada

En la finca agro ecológica el indicador general MCS, resulta ser la base de la sostenibilidad del sistema para que pueda desarrollarse el MCA, tal como lo refleja la fig. 4. Por otra parte, se debe implementar con mayor intensidad los DMBPr y EBAs, los cuales ubican al sistema en moderadamente complejo, paralelamente hay que desarrollar los indicadores de MISRPr y DMBAu que son clasificados como poco complejos. Ya que el indicador MCS, es el mejor evaluado debido a las prácticas agro ecológicas que realizan. Debido al aporte que generan los componentes como, los cultivos, malas hierbas, artrópodos, macro y microorganismos asociados (Altieri y Nicholls, 2009).

Para la finca convencional muestra que de los indicadores DMBPr, MISRPr y DMBAu se clasifican como simplificado, dos indicadores MCA y EBAs como Poco complejo y solamente el indicador MCS clasificado como medianamente complejo.

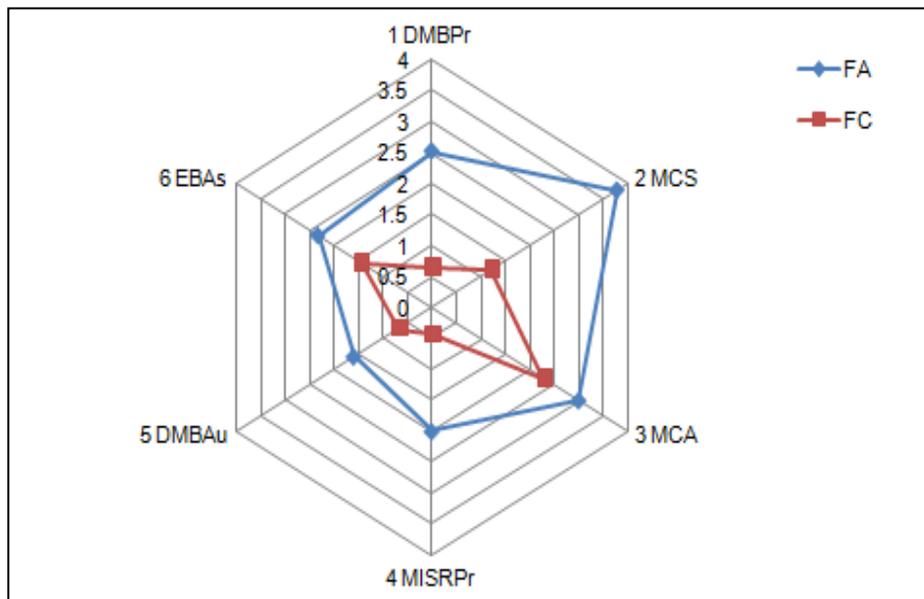


Figura 4. Resultados de los indicadores de la biodiversidad en fincas agro ecológica (FA) y convencional (FC).

Lo anterior refleja que la finca agro ecológica se encuentra en un proceso de restablecimiento de los indicadores que ayudan a mejorar la vida del suelo como de los productores reconociendo estos indicadores fundamentales en el manejo de la finca. Esto concuerda, con estudios muy similares realizados recientemente por Vázquez; (2013) citado por Vázquez *et al*; (2014) al comparar dos fincas suburbanas de campesinos, una con manejo convencional y la otra con diseño y manejo agro ecológico, determinaron una

mayor complejidad para la segunda, y corroboraron la importancia de evaluar la biodiversidad integralmente para entender la complejidad lograda en su manejo por los agricultores. Al mismo tiempo que cumple con lo mencionado por (Altieri y Nicholls, 2009). Donde propone que el objetivo de la agro ecología es proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agro ecosistemas diversificados.

4.5. Estudio de las variables del ecosistema

4.5.1. Sistema agro forestal

La finca agro ecológica no cuenta con un sistema agro forestal diseñado como tal, pero cuenta con una zona de árboles los cuales forman parte esencial en el manejo de la finca, aportan alimentos a los animales y humanos, dan protección a la fauna, aportan en la retención de agua entre muchas otras aportes que dan al sistema, Altieri, (2001). Afirma que los árboles proveen funciones protectoras y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes incrementando el uso múltiple del agro ecosistema.

4.5.2. Cercas vivas

Para Mendoza, (2011) las cercas vivas sirven como delimitación del terreno, disminuye el riesgo de robo; además, sirven como hábitat a las aves silvestres de la zona y bajan la temperatura del ambiente; además sirven como lugares de descanso, refugio y madriguera para pequeños mamíferos, reptiles, anfibios e insectos, entre otros.

La finca agro ecológica cuenta con 1,016 metros lineales de cerca viva continua, con un área de sombra 3 a 8 metros por árbol. Dentro de las especies que se encuentran nim (*Azadirachta indica*), tigüilote (*Cordia dentata*) pito (*Erythrina berteroana*) jote (*Bursera Simaruba*); jocote (*Spondias purpurea*), tempate (*Jatropha curcas*) y algunas plantas como piñuela (*Bromelia karatas*), y plátano (*Musa spp*).

Los usos que proveen las cercas vivas varían desde producción de biomasa (tigüilote es utilizado para postes, leña y estacas), producción de insecticidas (nim), pito (proporciona

alimento y aporte hojas abundantes en Nitrógeno al suelo), Jocote (además de ser una fruta sirven de poste para los cercos) y la piñuela que además de ser una barrera para animales, se extraen brotes que forman parte de la dieta familiar.

En el caso de la finca convencional cuenta con 60 m lineales de cerca viva, en la cual solo se encuentra la especie tigüilote (*Cordia dentata*) que tiene un longitud de sombra de 8 metros.

4.5.3. Variable agro tecnológico del Suelo

4.5.3.1. Perfil de suelo

Los suelos de la finca agro ecológica pertenecen a dos grandes grupos de suelos, el primero corresponde a un Regosol Aluvial y la serie correspondiente Jiboa franco arenoso (Jba) en planicie y el segundo al grupo Regosol a la serie (Sua) (Denis y Bourne. 1961). Para este último suelo, se tomó una cara de 1.5 metro de largo por 1.00 metro de profundidad en una calicata que ya se encontraba en la finca (figura 5).

La posición local, Lado poniente de la parcela a 200 metros, con un perfil húmedo; material parental: vegetación natural: herbáceas, cultivo en los alrededores como, Plátano enano, Cítrico, Coco brasileño y Malasino, sin rasgos de erosión, influencia humana, con edificaciones para bodegas, salón de capacitaciones, vivero y cultivo.

El perfil de suelo Regosol de la finca agro ecológica muestra las siguientes características:

Presenta un sub-horizonte A1, con un espesor de 0-9 centímetros, con topografía plana, así mismo compuesto por una estructura de bloques sub angulares y bloques aterronado, textura franco limo arenosos, el color del horizonte es de un tono de café amarillento 10 YR 6/4; sus macro-poros son abundantes, permitiendo que su consistencia se presente en estado seco: ligeramente dura y en húmedo: friable ligeramente plástico, no adherente, poca presencia de raíces y nula presencia de rocas y concreciones.

El sub-horizonte A1, 2, se encuentra a una profundidad que va desde los 9-40 centímetros, la topografía del horizonte es plana, con una estructura aterronada, con un color clasificado 10 YR 5/3, con nula presencia de macro-poros visibles, presenta una

consistencia endurecida en estado seco ya que para el estado húmedo su consistencia se encuentra entre ligeramente pegajoso y ligeramente plástico, en cuanto a su textura se clasifica en Arcillo limoso con gravillas con poca presencia de raíces, así también no se encuentra presencia de rocas debido a que son suelos aluviales, sin concreciones.

El horizonte II C, que corresponde a una discontinuidad litológica, tiene una profundidad que va desde los 40-61 centímetros, con una topografía plana, en cuanto a su estructura sufre un cambio con respecto a los horizontes anteriores debido a que este presenta una estructura masiva, con un color del horizonte 10 YR 8/2, así mismo este horizonte no se observa presencia de poros, pero su consistencia se describe en estado seco ligeramente duro y en estado húmedo friable a no pegajoso, no plástico, este horizonte se diferencia por tener una textura limoso, sin embargo similar con el horizontes sub-yacente; hay poca presencia de raíces, sin rocas ni concreciones. Cabe mencionar que el horizonte B no se encontró debido a que son suelos jóvenes.

Por otra parte el horizonte III C, descrito desde los 61 l a 82 centímetros de profundidad, aludiendo a una topografía del horizonte plano, así también compuesta por una estructura masiva, y respondiendo a una coloración 10 YR 8/4, no se observa presencia de poros; pero su consistencia en estado seco se presenta como ligeramente blanda y en estado húmedo friable no pegajoso, no plástico, no adherente, su textura es clasificada como limoso, con poca presencia de raíces, no se observan rocas ni concreciones.

Finalmente se describe el horizonte IV C, formado desde los 82 centímetros, con una topografía plano similar a los horizontes anteriores, con una estructura masiva, clasificando su coloración como 10 YR 8/6, sin presencia de poros, con una consistencia en estado húmedo friable, no adherente y no plástico, su textura descrita como Arcillo limoso, sin presencia de raíces, rocas y concreciones.

La descripción de este suelo concuerda con (Denis y Bourne. 1961) quien menciona que los suelos son franco arenoso cuyas profundidades varían de 40 a 100 cm, uno de los suelos enterrados más antiguos. En resumen son suelos friables, bien permeables, de baja capacidad de retener agua.



Figura 5. Horizontes del perfil de suelo en finca agro ecológica

4.5.4. Profundidad efectiva del suelo

Los principales factores de la productividad del suelo son la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura del suelo, la estructura, la profundidad, el contenido de nutrientes, la capacidad de almacenamiento de agua, la reacción a los elementos tóxicos y su ausencia.

La profundidad efectiva se debe evaluar en función del tipo de cultivo y su hábito radicular, ya que las prácticas de manejo pueden modificar esta propiedad y se deben ajustar a los requerimientos de las raíces y no necesariamente para alcanzar la máxima profundidad efectiva (Pérez M. 2010). La profundidad efectiva del suelo a la que se encuentra la capa sub-superficial que impide el crecimiento de las raíces se pueden modificar a costos tan altos que se hace imposible en la mayoría de los casos (SAG, 2013), permitiendo que las raíces de las plantas cultivadas se pueden desarrollar sin ninguna limitante en búsqueda de agua, aire y nutrientes (Pérez M. 2010). Sobre la base de las indicaciones anteriores la profundidad efectiva de los suelos para ambas fincas, resulta ser moderadamente profundo: 80-90 cm y de 70-80 cm., en la finca agro ecológica y convencional correspondientemente (cuadro 3). Según la descripciones de los suelos mencionados las capas superiores favorecen al desarrollo radicular de los cultivos, con las limitantes inferiores ya sea con las capas arenosas que desarrollan poca retención de humedad o en el caso de la finca convencional cuya limitación se debe al suelo enterrado

gleyseado. Sin embargo en la zona el desarrollo de cultivos tanto anuales como permanentes tienen una moderada capacidad productiva favorecida por la profundidad efectiva de estos suelos y por ser deposiciones aluviales al presentar una mediana fertilidad (Denis y Bourne. 1961), aunque esta información del mapa del Levantamiento de Suelos 1:5000, cuadrante La Herradura, fue obtenida hace 55 años, sin embargo, por ser una zona de planicie se ha mantenido su fertilidad.

Cuadro 3. Profundidades del suelo en parcelas agro ecológicas y convencionales

Parcelas	Finca agro ecológica (cm)	Clasificación	Finca convencional (cm)	Clasificación
1	0.82	Moderadamente profundo	0.70	Moderadamente profundo
2	0.90	Moderadamente profundo	0.75	Moderadamente profundo
3	0.80	Moderadamente profundo	0.80	Moderadamente profundo

4.5.5. Análisis de infiltración

Los resultados de la prueba de infiltración se muestran en la tabla 4. Se puede observar que la parcela 1 presenta una infiltración de 40 cm/h, esto se debe a que las obras de conservación del suelo han sido desarrolladas de manera adecuada, esto influyen en la infiltración del suelo debido a que la mayor aplicación de materia orgánica (rastros, abono orgánico y abonos verdes) ayudan a retener con mayor facilidad el agua en la capa de suelo más superficial y ponerla a disposición de las plantas. Sin embargo FAO (2005) menciona que una excesiva labranza y la pérdida de materia orgánica del suelo a menudo conducen a una reducción de la tasa de infiltración debido a la pérdida de la porosidad superficial. La parcela 1 tiende a tener suelos franco arenosos observándose mayor cantidad de arena, con bajo contenido de materia orgánica, esto se debe a que a pesar de que es una misma finca siempre hay diferencias en la composición de los suelos, ya sea por manejo o porque se encuentra más expuesta a la erosión o escorrentía.

En cuanto a la parcela 2 y 3 se observa mayor infiltración 50.8 y 70 cm/h respectivamente por lo que se toma a consideración el manejo de las parcelas la cual se

observa menor cantidad de materia orgánica, (rastros, abonos verdes, bocashi etc.) suelos más sueltos, presentando una tasa de infiltración muy rápida por lo que el potencial de escorrentía es mínimo, lo que favorece la pendiente del terreno que es del 1 al 2%.

La variación de infiltración en las tres parcelas se debe a que estas tienen diferencias en cuanto a su textura y como consecuencia se debe aplicar el agua de riego según la demanda del cultivo, debido a que posee un buen drenaje superficial. Sin embargo se debe tener en cuenta que no necesariamente la mejor evaluación de la clase corresponde a la velocidad “Muy rápido”, ya que se deben considerar factores de cultivo, clima y suelos, por los cuales la clase óptima puede ser “Moderada” y recibir el máximo valor del rango (Pérez 2010).

Cuadro 4 Infiltración del suelo en finca agro ecológica

Promedios de infiltración	Infiltración (mm/h)	Infiltración (cm/min)	Infiltración (cm/h)	Clasificación según (USDA, 1999)
Parcela agro ecológica 1	894.67	3.84	40.2	Rápido
Parcela agro ecológica 2	1086.67	5 5.35	50.8	Muy rápido
Parcela agro ecológica 3	1716.00	7.35	70.0	Muy rápido

4.5.6. Estimación de la presencia de la población microbiana

Para determinar la presencia de microorganismos en las parcelas de ambas finca, se usó el método sugerido por (García, 2015) que consiste en aplicar agua oxigenada de 10 volúmenes. Los resultados se muestran en el cuadro 5

Lo anterior valida lo mencionado en el diagnóstico realizado a los productores de la finca agro ecológica quienes dijeron que aplican diversas practicas orgánicas para mejorar los suelos y a la vez se confirma lo que muchos estudios han demostrado que la materia

orgánica juega un papel importante en la producción de granos básicos debido a que esta contiene las sustancias o componentes que permiten el desarrollo y nutrición de los microorganismos y los productos de estos aportan los elementos minerales que se encuentran en la misma ayudando al buen desempeño de los cultivos. Por otra parte, la finca convencional, a pesar de que su manejo no es orgánico, presenta un nivel aceptable de presencia de los microorganismos, lo cual es favorecido por los rastrojos que deja el productor sobre el suelo.

Cuadro 5. Presencia cualitativa de microorganismos en cada una de las parcelas de las fincas agro ecológica y convencional.

Parcela	Agua	Nivel	Micro	Agua oxigenada	Nivel	Micro
	oxigenada		organismos			organismos
	FA	FA	FA	FC	FC	FC
1	Efervescencia rápida y sube rápidamente	5	Muy alta	Efervescencia rápida y sube lentamente	4	Alta
2	Efervescencia rápida y sube rápidamente	5	Muy alta	Efervescencia rápida y sube rápidamente	5	Muy Alta
3	Efervescencia rápida y sube lentamente	4	Alta	Efervescencia rápida y sube lentamente	4	Alta

4.5.7. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo, puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo; en suelos que contienen altas proporciones de arcillas expandibles las densidades aparentes varían con el contenido del agua, esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola y clima (USDA, 1999).

Los suelos de la finca agro ecológica presenta densidades relativamente bajas en su mayoría parcela 1 y 2 respectivamente 0.88 a 1.09 g/cm³, a excepción de la parcela 3 repetición 2 con valor de 1.25 g/cm³ con un promedio de la finca de 1.03 g/cm³ y con muy poca variación de la finca convencional con valores de 0.87 a 0.98 g/cm³ presentando un promedio de 0.93 g/cm³ (cuadro 6) comparadas con las típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (USDA, 1999). Es de considerar que estos suelos como se describió anteriormente son de origen de material volcánico pomicítico a pesar de que son materiales aluviales, los cuales desarrollan densidades bajas por la alta porosidad de los minerales y el contenido alto de materia orgánica lo cual les da una ventaja a ambas fincas en términos del buen desarrollo radicular de los cultivos (cuadro6). Al respecto, Mendoza, (2011), señala que la relación entre densidad aparente, textura de los suelos (para el caso franco arenosa) se encuentra en el nivel ideal <1.4g/cm radicular, lo cual favorece el crecimiento radicular, como también a los procesos de infiltración de agua Altieri, (1999) por su parte, señala que al manejar la materia orgánica y al mejorar la vida del suelo se aseguran condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas.

Cuadro 6. Comparación de los promedios de las densidades aparentes del suelo en fincas agro ecológica y convencional.

Parcelas	Promedio densidad aparente del suelo g/cm ³
Finca a agro ecológica	1.03
Finca convencional	0.93

4.5.8. Contenido de macro y micronutrientes, pH y Materia Orgánica en una muestra de abono fermentado tipo bocashi elaborado en la finca agro ecológica

El abono fermentado tipo bocashi que se elabora en el CIETTA, es un abono a base de varios ingredientes que incluyen granza o pulimento de arroz (10%), estiércol de bovinos o aves ponedoras (35%), harina de roca (2 %), melaza (3%), carbón molido (4%), tierra negra (40%), cal agrícola (5%) o en algunos casos se sustituyen por cascaron de huevo y microorganismos de montaña (2%) ; cuyo contenido de elementos se presenta en la cuadro 7. Este abono cumple con las normas para ser considerado orgánico, tal como lo señala Vieira *et al*, (1998), quien considera como abonos orgánicos los productos de

origen vegetal como animal, puros o mezclados, en el que la mayoría de ellos contienen todos los elementos (micro y macro-nutrientes), aunque no necesariamente en una relación balanceada u óptima para el crecimiento de los cultivo.

De acuerdo con análisis de laboratorio las muestras de abono tipo bocashi, se conocieron los siguientes contenidos equivalentes a un volumen de un quintal de abono; donde los macro elementos minerales como: el nitrógeno con 1.67%, lo que significa que el bocashi aporta 1.67 libras de nitrógeno, 0.60 % para el fosforo, 0.60 lb; en cuanto al potasio con 2.56 % igual a 2.56 libras. Algunos elementos minerales de las planta son requeridos en menores cantidades; como el caso del hierro 3.82×10^{-04} %, cobre 2×10^{-04} , magnesio 6.8×10^{-03} y calcio 0.65, así mismo presenta un pH de 5.63 manifestándose como moderadamente alcalino y una materia orgánica de 3.05%, equivalente a 3.05 lb en 1 quintal de abono. Estos elementos son esenciales para las plantas requeridas en diferentes porcentajes y deben estar disponibles al establecer el cultivo de granos básicos. Se trata de valores similares a lo mencionado por Restrepo, (2007), quien realizo análisis de abono tipo bocashi, del cual obtuvo los siguientes porcentajes: nitrógeno (%) 1,18, fósforo (%) 0,70, potasio (%) 0,50. Sin embargo son altos en comparación con la finca agro ecológica los elementos como el calcio 2,05 (%), hierro 2,304 (mg/l) y cobre 19 (mg/l).

Cuadro 7. Contenido de los macro y micronutrientes, pH y materia orgánica en una muestra de abono tipo bocashi elaborado en la finca agro ecológica.

Contenido de elementos	Abono tipo Bocashi	Porcentaje (%)
Nitrógeno (N)	1.67%,	1.67 %
Fosforo (P)	6,025.18 ppm	0.60
Potasio (K)	25,625 ppm	2.56
Hierro (Fe)	3.82 ppm	3.82×10^{-04}
Cobre (Cu)	<0.2 ppm	2×10^{-04}
Magnesio (Mg)	68 ppm	6.8×10^{-03}
Calcio (Ca)	6500 ppm	0.65
pH	5.63 moderadamente acido	
Materia orgánica (M. O)	3.05%	3.05%

4.5.9. Análisis químico del suelo

Los macro-nutrientes, son los que las plantas necesitan en mayores cantidades (Vieira *et al*; 1998). Tanto en la finca convencional como en la agro ecológica se encuentran en niveles muy altos, a excepción de magnesio que resultó muy bajo para ambas fincas (Interpretación con formato de CENTA 2015), estos elementos tienen diversas funciones como el Nitrógeno (N), esencial para la formación de aminoácidos, crecimiento y color verde, en el desarrollo vegetal, florales y frutos; Fósforo (P), deficiente en el suelo, debido a que no hay plantas que lo provean, aporta en el crecimiento de raíces y maduración de frutos; Potasio (K), abundante en el suelo, activa los procesos de fotosíntesis, respiración y aprovechamiento del agua; Calcio (Ca), estimula el crecimiento de las raíces y formación de flores; Magnesio (Mg), participa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento de energía y otros procesos metabólicos. (Vieira *et al*; 1998). (Cuadro 8). Aunque los organismos también emanan elementos individuales (tales como N, K, Mg) para su uso, la necesidad de obtener energía hace que ellos desintegren por completo las moléculas orgánicas (SAG, 2013). El cobre se comporta con un valor alto para la finca agro ecológica y bajo para la finca convencional; el valor de pH para el caso de la convencional es fuertemente ácido (4.76) no así para la agro ecológica (6.4) ligeramente ácido. Considerando que la textura de ambos suelos se encuentran entre las texturas gruesas (convencional areno francoso y agro ecológica franco areno limoso), la textura es mucho mejor por el mayor contenido de arcilla y limo que favorece a una mayor capacidad de intercambio catiónico en la finca agro ecológica, lo que hace que el pH sea mayor por tener menor lixiviación de las bases y a la vez la incorporación de calcio a través del bocashi favorece el contenido de este elemento, sin embargo no así el magnesio que para ambos casos resultó ser muy bajo lo cual representa una deficiencia para los cultivos (cuadro 8) y habrá que tomarla en consideración debido a que es un elemento esencial para los procesos fotosintéticos de las plantas.

En cuanto a las relaciones de las bases hay que tomar en cuenta los valores de la relación calcio magnesio en ambas fincas (6.26 y 809.73) porque la aplicación de calcio puede seguir desbalanceando esta relación, debido al bajo contenido de magnesio y este es un elemento muy significativo en los procesos fisiológicos de los cultivos, sin embargo las relaciones son aceptables. En la elaboración del bocashi habrá que utilizar una cal doble de calcio y magnesio (Cal Dolomita) para no desbalancear esta relación. En cuanto a materia orgánica es muy significativo (8.71) el manejo que recibe la finca agroecológica

debido a la aplicación de los abonos orgánicos y el uso de cultivos de cobertura como la canavalia (*Canavalia ensiforme*) por el aporte de su biomasa.

Cuadro 8. Promedios de los elementos disponibles de los suelos en finca agro ecológica y convencional.

Elementos	Promedio en finca convencional	Interpretación *	Promedio en finca agro ecológica	Interpretación*
Nitrógeno (N)	0.27%	Bajo	0.38%	Normal
Fosforo (P)	130.39 ppm	Muy alto	257.19	Muy alto
Potasio (K)	362.5 ppm	Muy alto	545 ppm	Muy alto
Hierro (Fe)	71.81 ppm	Muy alta	25.20 ppm	Muy alto
Cobre (Cu)	0.25 ppm	Bajo	1.26 ppm	Alto
Magnesio (Mg)	0.31meq/100g suelo	Muy bajo	0.008 meq/100g suelo	Muy bajo
Calcio (Ca)	2.46 meq/100g suelo	Bajo	7.20 meq/100 g de suelo	Alto
pH	4.76	Fuertemente acido	6.4	Ligeramente acido
Materia orgánica	2.12%	Medio	8.71%	Alto
Relación Ca/Mg	6.26 Meq	Alto	809.73 Meq	Muy alto
Relación Mg/K	0.34 Meq	Bajo	0.006 Meq	Bajo
Relación Ca+Mg/K	3.10 Meq	Bajo	7.46 Meq	Medio
Relación Ca/K	2.76 Meq	Bajo	6.23 Meq	Medio

*Interpretación con formato de análisis CENTA 2015

Meq/100 g de suelo: miliequivalentes

Ppm: partes por millón

La presencia de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en el suelo, según los análisis químicos, estos generan un aporte muy significativo principalmente en el suelo de la finca agro ecológica (cuadro 9), lo cual es producto del manejo orgánico. Sin embargo, no se puede dejar de lado la presencia de los organismos del suelo que participan en la

transformación de las sustancias orgánicas como de los minerales del suelo, que también pueden desarrollar cantidades sustanciales. En cuanto a los elementos que se encuentran en la finca agro ecológica, se puede observar que existe un nivel de nitrógeno alto debido a que no hay deficiencia de este nutriente, no así para la finca convencional que presenta deficiencia de nitrógeno (cuadro 9). En ambos sistemas los elementos fósforo, potasio y hierro se encuentran en el nivel de muy alto a diferencia de algunos elementos menores.

En el caso del fósforo P ($P_2 O_5$) los requerimientos promedios que tiene el cultivo de maíz es de 60 a 100 lb/mz (CENTA 1995), esto indica que ambas fincas se encuentran estables en cuanto a este elemento, sin embargo; la finca convencional tiene un porcentaje alto de fósforo debido a que cada año se aplica abono químico y tiene poca movilidad este permanece en el suelo.

Otro de los elementos que se encuentra en cantidades altas es el potasio K ($K_2 O_5$) para la finca convencional y agro ecológica sobrepasando los requerimientos por manzana según recomienda CENTA (1995) 100 libras por manzana de K ($K_2 O_5$) (cuadro 9) elementos nutritivos disponibles para las plantas.

Cuadro 9. Disponibilidad de nutrientes del suelo

Parcelas	Nitrógeno		Fosforo (P2O5)		Potasio (K2O)	
	lb/mz	Kg/Ha	lb/mz	Kg/Ha	lb/mz	Kg/Ha
Agro.1	10.29	6.64	5519.62	3562.66	4182.57	2699.65
Agro.2	13.15	8.49	5973.98	3855.93	10507.26	6781.96
Agro. 3	5.55	3.58	11068.60	7144.27	8687.07	5528.13
Conv.1	- 15.68	- 10.12	2632.60	1699.22	4061.25	2621.35
Conv.2	- 8.58	- 5.53	3619.23	2303.14	3899.16	2481.28
Conv.3	- 25.98	16.77	2377.59	1534.62	7040.71	4544.45

4.5.10. Análisis de agua de pozo

Los macro invertebrados tienen un papel importante en la infiltración del agua en el suelo debido a que forman galerías que facilitan la infiltración del agua además de que existen macro invertebrados denominados ingenieros del sistema ya que influyen en la textura y mejoran la retención del agua en el suelo.

Cuadro 10. Análisis de agua en pozo 1 para riego de cultivos y pozo 2 para manejo de la finca y riego del vivero.

Tipo de muestra	pH	Conductividad eléctrica	Dureza ppm	RANGOS
Pozo 1	6.45	350 $\mu\text{S/cm}$ (a 20°C)	6.6	medio
Pozo 2	6.70	427 $\mu\text{S/cm}$ (a 20°C)	7.0	medio

$\mu\text{S/cm}$ = Microsiemens por centímetros

4.5.10.1. PH del agua de pozo

Los pozos que son utilizados en la finca agroecológica tanto para uso agrícola como para mantenimiento de la finca expresan que el pH para el pozo 1 posee una clasificación de 6.45 y para el pozo 2 una clasificación de 6.70 esto indica que el pH para ambos casos no posee los valores indicados para uso agrícola en sistemas de riego, debido a que diversos estudios mencionan que los valores óptimos en aguas de riego oscilan entre 7 y 8, para que las plantas puedan asimilar mejor los nutrientes, y estén disponibles para las plantas (Fraisoro. 2002).

4.5.10.2. Conductividad eléctrica del agua de pozo

Los resultados obtenidos para el pozo 1 muestra 350 ($\mu\text{S/cm}$) y pozo2 427($\mu\text{S/cm}$) no presentan mayores problemas debido a que se clasifica en el nivel medio que va desde (250 a 750 $\mu\text{S/cm}$), para uso de riego agrícola debido a que ambos pozos son utilizados para riego según las normas de calidad deseables de agua para irrigación de El Salvador (1 Mmho =1 $\mu\text{S/cm}$)¹ según el Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento. Estos resultados concuerdan con menciona que las aguas de menos de 1200 $\mu\text{S/cm}$ no suelen plantear ningún problema debido a que el contenido de sales es bajo y que por el

¹ NORMAS DE CALIDAD DESEABLES EN AGUAS PARA IRRIGACION, REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION, DECRETO No. 50. Art. 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento

contrario aguas con una conductividad por encima de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no es aconsejable para riego (Fraisoro. 2002).

4.5.10.3. Dureza del agua de pozo

La dureza del agua se refiere al contenido de calcio en el agua. Un agua con mucho calcio es dura. Por el contrario, si tiene poco calcio se considera blanda,), según el Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento es así como el pozo 1 muestra un rango de dureza como muy blando debido a que es 6.45 ppm un valor que se encuentra en los límites de dureza muy blanda; para el caso de el pozo 2 la dureza es de 7 ppm y se clasifica en blanda debido a que los rangos anda entre 7 y 14 para esta clasificación, esto significa que los niveles de calcio en el agua son bajos y que no representa una mayor dificultad para los cultivos debido a que ambos pozos son utilizados para riego (Fraisoro. 2002).

4.6. Viabilidad de las semillas de maíz y canavalia en finca agro ecológica

4.6.1. Maíz (*Zea mays*)

Para el análisis del cultivo de maíz (*Zea mays*), se tomaron veinte semillas las cuales se pusieron a germinar en un periodo de ocho días, germinando solamente cuatro semillas, equivalente al 20%, un promedio muy bajo; debido a esto se considera que la semilla de maíz no está siendo manejada con las condiciones adecuada en el banco de germoplasma, es decir la semilla que actualmente posee la finca agro ecológica no es apta para su siembra. Conviene mencionar que a pesar de los esfuerzos por mantener la semilla criolla, los productores se enfrentan a situaciones que pueden conducir al desestimulo, tal es el caso de la aprobación por parte del Gobierno de El Salvador en enero de 2014 del segundo decreto transitorio “Disposiciones Especiales y Transitorias para el Fomento de la Producción de Granos Básicos” (Decreto 603), ambos permiten al Ministerio de Agricultura (MAG) comprar de forma directa, sin utilizar el mecanismo de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública (LACAP), de semillas de maíz y frijol (REDES, 2015). Sin embargo, los productores que se encuentran en proceso de transición a convertirse en agricultura agro ecológica no están de acuerdo a estos decretos y han optado por utilizar semilla criolla, la cual ha sido traída de otras

zonas del país conservada productores pertenecientes a CONFRAS, que después de cierto tiempo de adaptación ha adquirido resistencia climática, considerando que la zona presenta un rango de temperatura de 33. 70 °C; no se hace selección de semilla de forma rigurosa pero cuando se recolecta la producción se hace una selección de la semillas apoyándose en los criterios como la selección de la mazorca con mejor desarrollo y seleccionar el grano más grande que se adapta mejor a la zona. Cabe mencionar que bajo la aprobación de ese decreto en el 2014 el 7.68% del total de la semilla comprada por el MAG para los paquetes agrícolas fue semilla criolla, de las variedades Santa Rosa y Pasaquina, antes no había posibilidad de ofertar este tipo de semilla, únicamente la semilla híbrida (REDES, 2015). A pesar de que los productores se encuentran preocupados por pérdidas en la producción estimadas en un 25% para el cultivo de maíz, debido a factores climáticos y manejo en los cultivos se siguen esforzando para llegar a obtener mejores producciones.

4.6.2. Frijol Canavalia (*Canavalia gladiata*)

Para el análisis de la semilla de canavalia (*Canavalia gladiata*), se colocaron veinte semillas de las cuales germinaron catorce obteniéndose un promedio aceptable para poder ser utilizada para la siembra, ya que el porcentaje de germinación es de 70% aunque no está siendo manejada de forma adecuada se puede mencionar que la semilla de canavalia aún se cuenta con un buen porcentaje de viabilidad para su posterior siembra. Esta planta es arbustiva, florece a los 4 o 5 meses, y de ahí en adelante sigue produciendo flores y vainas continuamente (Ávila S/f) planta que es altamente tolerante a la sequía, tolerante a la sombra, moderadamente tolerante al anegamiento y a la salinidad, tolerante a una variedad de tipos de suelos siempre y es tolerante a insectos (Jiménez y Añasco, 2005), es por esta razón que la semilla de canavalia es de suma importancia debido a que la finca se encuentra en una zona tropical.

4.7. Hábitos y función de los macro invertebrados del suelo

En el sistema de granos básicos finca la agro ecológica se encuentra desde 2008 en proceso de recuperación de la biodiversidad de los suelos, que durante mucho tiempo fueron sometidos a rigurosos procesos de aplicación de agroquímicos y labores culturales ya que en años anteriores se establecían el mono cultivo de caña de azúcar. Por tanto

(SAG 2013), propone eliminar el uso de agroquímicos, sustituyéndolos por compuestos de base biológica que no impacten negativamente en el ambiente. A partir del año 2008 la finca agro ecológica ha trabajado con métodos de recuperación de la fauna edáfica (cuadro 11) y utilizando las practicas agro ecológicas que ayuden a mejorar la salud de los suelos, sino también a mejor la salud del ser humano poniendo a su disposición productos de mejor calidad y sobre todo que sea por un lado económicamente viable y por el otro ambientalmente amigable con la naturaleza. Al aprovechar los macro invertebrados del suelo los cuales desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas (Rendón, *et al*; 2011).

4.7.1. Análisis estadístico de macro invertebrado

Se recolectaron un total de 967 macro invertebrados pertenecientes a 13 órdenes y 27 familias en ambas fincas. Para la finca agro ecológica 12 órdenes pertenecientes a 25 familias de las cuales las más abundantes son, Phalacridae con 115 macro invertebrados (13.33%), Formicidae con 112 macro invertebrados (12.98%), Lymnaeidae con 103 macro invertebrados (11.94 %), Isopoda 129 macro invertebrados (14.95%), Chilopoda con 80 macro invertebrados (9.27%), Rhinotermitidae 105 macro invertebrados (12.16%) y Lumbricidae con 84 macro invertebrados (9.73%) y para la finca convencional 9 órdenes pertenecientes a 17 familias, entre las familias más abundantes Scarabaeidae 33 macro invertebrados (31.73%), Acrididae 17 macro invertebrados (16.34%) y Lombricida con 14 macro invertebrados (13.46%), huevos, larvas, y adultos (cuadro 12). Esto demuestra que ambas fincas poseen una riqueza de especies similar, ya que la finca agro ecológica posee mayor cantidad de macro invertebrados. Estos grupos están integrados por los animales que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes. la fauna del suelo está constituida por organismos que pasan toda una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana; (Brown, *et al*. 2001). En esta medida los macro invertebrados recolectados en las fincas agro ecológica y convencional se encontraron en la capa superficial del suelo, 15 cm de profundidad.

Cuadro 11. Abundancia de macro invertebrados presentes en finca agro ecológica y finca convencional.

Phylum/ Clase	Orden	Familia	Finca agro ecológica		Finca convencional	
			Población	%	Población	%
Insecta	Coleoptera	Carabidae	33	3.83	9	8.65
Insecta		Scarabaeidae	25	2.90	33	31.73
Insecta		Staphylinidae	7	0.81	-----	
Insecta		Alleculidae	24	2.78	-----	
Insecta		Anthicidae	1	0.11	2	1.92
Insecta		Elateridae	3	0.35	-----	
Insecta		Curculionidae	2	0.24	-----	
Insecta		Ptinidae	6	0.70	1	0.96
Insecta		Nitidulidae	1	0.11	6	5.77
Insecta		Histeridae	1	0.11	-----	
Insecta		Scydmaenidae	-----		1	0.96
Insecta		Phalacridae	115	13.33	-----	
Diplopoda		Scolytidae	-----		1	0.96
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	112	12.98	-----	
Mollusca	-----	Lymnaeidae	103	11.94	2	1.92
Arachnida	Aranea	Lycosidae	8	0.93	1	0.96
Malacostraca	Isopoda		129	14.95	1	0.96
Chilopoda			80	9.27	-----	
	Isoptera	Rhinotermitidae	105	12.16	-----	
Entognatha	Diplura	Japijidae	12	1.39	9	8.65
Insecta	Heteroptera	Lygaeidae	2	0.24	1	0.96
Insecta	Hemiptera	Cydnidae	1	0.12	5	4.80
Insecta	Orthoptera	Acrididae	-----		17	16.34
Insecta	Blattaria	Blattidae	4	0.46	-----	
Insecta	Orthoptera	Gryllidae	1	0.11	-----	
Insecta	Diptera		3	0.34	1	0.96
Insecta	Embioptera		1	0.11	-----	
Anellida	Haplotaxida	Lombricidae	84	9.73	14	13.46

La figura 6 muestra las cantidades y porcentaje de macro invertebrados presentes en la finca, mostrándose la finca convencional con 104 macro invertebrados representada con un 11%, otro lado la finca agro ecológica muestra una mayor diversidad en su población debido a que aporta 863 macro invertebrados, con un porcentaje del 89% de la diversidad encontrada. Dentro de estos grupos se encuentran los termes, las lombrices de tierra, los escarabajos, arañas, las larvas, caracoles, milpiés, ciempiés y hormigas; siendo los escarabajos los más diversos (con mayor número de especies), aunque en abundancia predominan generalmente los termes y las hormigas.

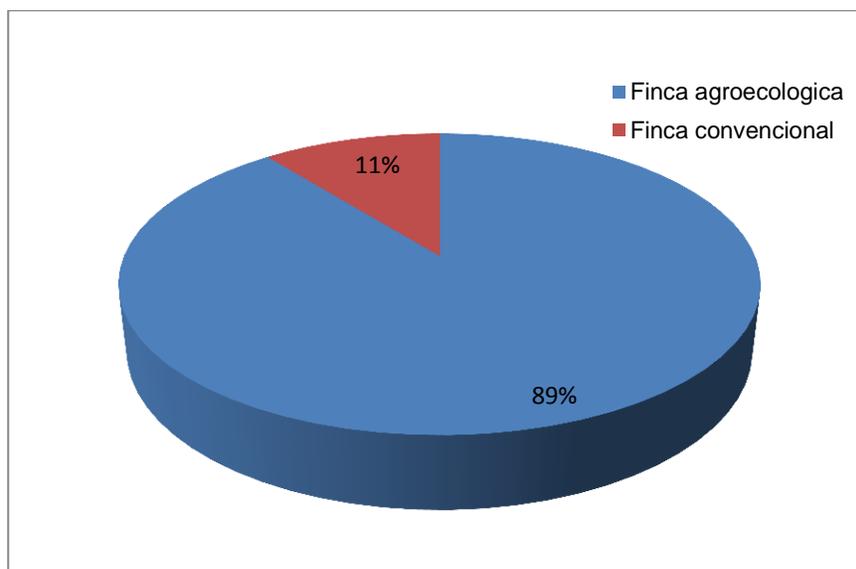


Figura 6. Comparacion proporcional de las comunidades de macro invertebrados en finca agro ecologica y convencional.

4.7.2. Diversidad alfa

Según los resultados obtenidos al hacer el análisis de varianza $p < 0.001$ (fig. 7) muestra que la finca agro ecológica existe una mayor riqueza en comparación con la convencional. Es decir; cuando la línea está en cero existe una mayor diversidad de grupos taxonómicos para la finca agro ecológica, cuando está se llega a uno se le resta influencia de las especies menos abundantes indica que la diversidad sigue siendo con mayor riqueza para la finca agro ecológica, conforme va aumentado a dos o más es decir; se le van restando importancia las especies menos abundantes; esto nos refleja que al final quedan las especies más abundantes lo cual señala que siempre existe una mayor diversidad de

especies en la finca agro ecológica comparada con la finca convencional aunque este se hiciera llegar al infinito se va a llegar a las especies más abundantes.

Los números de Hill permiten observar la diversidad alfa de una comunidad dándole diferentes ponderaciones a la abundancia de cada una de estas especies. De esta manera cuando se indica que el número de Hill, cuando el índice $q = 0$ indica la riqueza de especies, es decir que la abundancia no es tomada en cuenta. El número de Hill cuando el índice $q >$ es mayor que comienza a darle mayor importancia a las especies más abundantes describiendo a la comunidad en términos de número equivalente de especies.

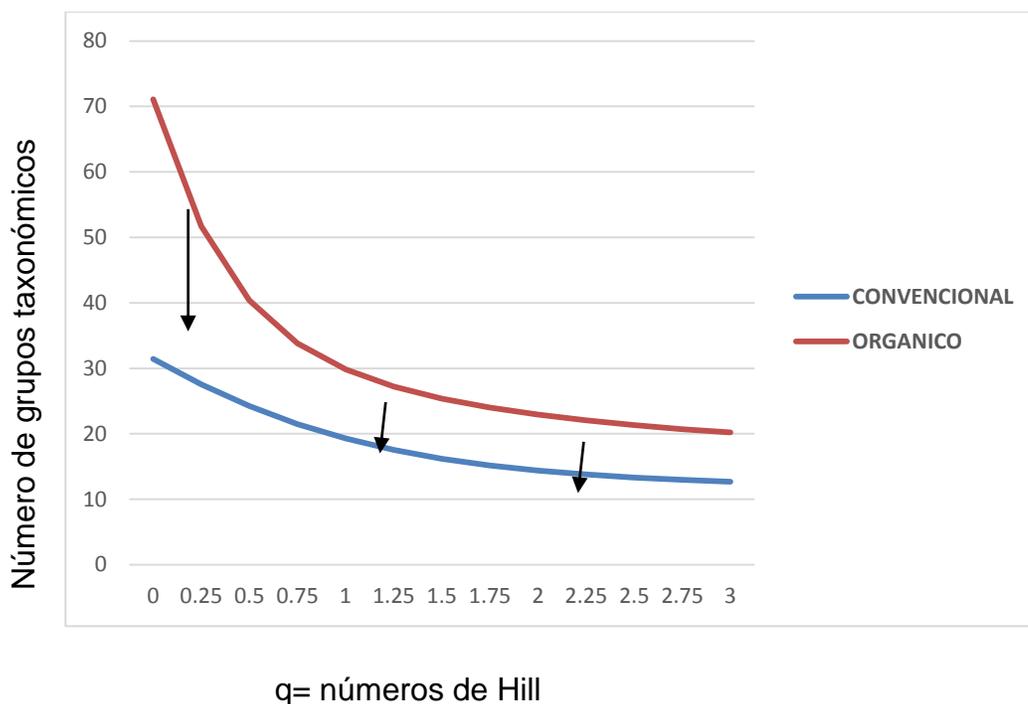


Figura 7. Diversidad de grupos taxonómicos en finca agro ecológica y convencional.

Considerando a la diversidad alfa, se encontró una mayor riqueza de especies debido a que en la finca agroecológica se establece un manejo diferente comparado con la finca convencional ya que en la finca agro ecológica se realizan las buenas prácticas agroecológicas mientras que en la finca convencional se cultiva de forma tradicional utilizando maquinaria agrícola pesada y agroquímico sintéticos; es así como se puede observar la diferencia en la riqueza de los grupos taxonómicos de especies.

4.7.3. Comparación de la composición de las comunidades en los dos sistemas

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa ($P = 0.001$) entre la composición de las comunidades de macro invertebrados del suelo. En el gráfico se observa que las muestras obtenidas del sistema orgánico tienden a ser similares entre sí, mientras que las parcelas del sistema convencional tienden a ser heterogéneas y por eso se observan más dispersas en el diagrama.

El gráfico del escalamiento multidimensional no métrico muestra que existe una clara diferencia en cuanto a la finca agro ecológica y convencional con respecto a su composición ya que están separados (figura 8). En cuanto a la finca agro ecológica, los puntos correspondientes a las parcelas se encuentran cerca indicando que son relativamente homogéneos, es decir son similares en cuanto a los grupos taxonómicos. En el caso de finca convencional, se observa una alta heterogeneidad, es decir se encuentran muy separadas entre sí y existe un punto en que no se encontró nada o muy pocos macro invertebrados en algunos grupos.

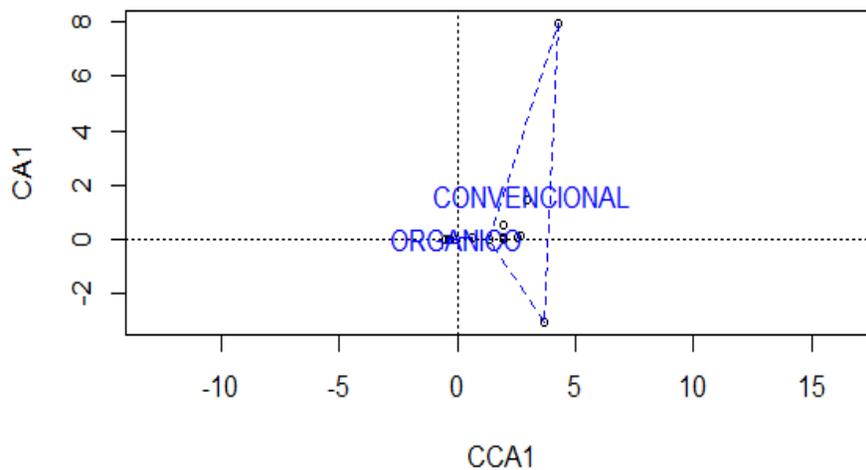


Figura 8. Biplot correspondencia canónica comunidades de macro invertebrados al aplicar el análisis beta

La CCA1 es el eje de la correspondencia canónica que explica la mayor cantidad de variabilidad de la comunidad en estudio, en función del factor del factor analizado para este caso la finca agroecológica y la finca convencional. Sin embargo la CA1 es el eje en

el que se muestra la mayor variabilidad de las comunidades pero sin restringirla por el factor de estudio finca agroecológica y finca convencional

Esto se debe, en parte, a que muchos de los grupos taxonómicos que pertenecen a la finca agro ecológica se encuentran en alta abundancia, como lo son las hormigas, termitas, Lymneidos y Phalacridae, debido a que en la finca agro ecológica estos grupos han tenido tiempo para establecerse. En cuanto a la finca convencional la diferencia es debida a que es un cultivo anual y sufre perturbaciones periódicas, remoción del suelo y se asume que todos los años las poblaciones son reducidas y esto ocasiona comunidades empobrecidas.

4.7.4. Grupos taxonómicos compartidos

Dentro de los grupos que se comparten tenemos 14 familias de los cuales se encuentran, Carábidae, Scarabaeidae, Anthicidae, Ptinidae, Nitidulidae, Limnaeidae, Lycosidae, Isopoda, Japijidae, Ligaeidae, Cidnidae, Díptera, Embioptera y Lombricidae, que representan un 51%; mientras que dentro de los grupos que no se comparten, tenemos por el lado de la finca agro ecológica, Staphylinidae, Alleculidae, Elateridae, Curculionidae, Histeridae, Phalacridae, Formicidae, Chilopoda, Rhinotermitidae, Blattidae y Crillidae con un 34%. Por otra parte se encuentran los grupos taxonómicos en la finca convencional que no se comparten con la finca agro ecológica entre los cuales tenemos: Scydmaenidae, Scolytidae, Corymelaenidae, y Aridia con un restante 15%.

V. CONCLUSIONES

1. El sistema agro forestal de la finca agro ecológica no lo tiene definido como tal, sino que posee diversidad de árboles distribuidos en toda la finca como cocotero (*Cocos nucifera*), ujushte (*Brosimum alicastrum*), frutales, cultivo en callejones y cacao con sombra (*Theobroma cacao*), sin embargo el de cercas vivas es el más abundante en diversidad, y el sistema de cocotero de mayor extensión en área cultivada, comparada con la convencional que solo dedica las parcelas a producción de maíz (*Zea mays*), y pipián (*Cucurbita argyrosperma*).
2. Se determinó que ambas fincas: agro ecológica y convencional presentan la debilidad de la falta de registros de las actividades tecnológicas y económicas y demás resultados del trabajo realizado.
3. La finca agro ecológica muestra una mayor diversificación de los rubros de producción, además de los granos básicos; a la vez un mejor manejo con la aplicación de prácticas incorporación de mulch, labranza mínima, cultivos de cobertura, abonos verdes entre otros, en cambio la finca convencional dedicada solo al rubro de maíz y pipián y aplicación de agroquímicos.
4. En la finca agro ecológica se destaca que la familia tiene mayor participación en las actividades de la finca y en la finca convencional disminuye su participación.
5. En la determinación de la complejidad del diseño y el manejo de la biodiversidad de las fincas, los mejores resultados se obtuvieron en la finca agro ecológica mostrándose mayores valores en todos los criterios que la clasifican como medianamente complejo debido a que se encuentra en un proceso de reconversión y con posibilidades de mayor resiliencia ante el cambio climático; y la finca convencional muestra debilidad en la mayoría de los indicadores que la califican como un sistema simplificado.
6. Al analizar las pruebas físicas del suelo: densidad aparente, población microbiana, profundidad efectiva del suelo e infiltración, se encontró que la finca agro ecológica presenta un manejo en proceso de recuperación de sus suelos, es así como los resultados obtenidos favorecen el desarrollo de la finca dejando en evidencia el manejo que recibe la finca convencional ya que no realiza prácticas de recuperación de sus suelos.
7. Los estados de la fertilidad química del suelo de las fincas, según los análisis, comparativamente son diferentes, y tomando como base N, P y K, estos en

cantidad resultan estar en un nivel alto en la finca agro ecológica, sin embargo, la finca convencional presenta deficiencia de N y aunque el nivel de P y K están en un nivel alto, relativamente tiene cantidades menores que la primera, lo cual viene determinado por el manejo de las fincas.

8. Las unidades de muestreo donde se ha cultivado granos básicos, en donde la finca con manejo agro ecológico presentó una población de macro invertebrados equivalente a: (863 dividido), la cual mostró una mayor abundancia y diversidad de especies en comparación a la finca convencional (104 individuos); con una relación de 8.30 veces de la finca agro ecológica más que la finca convencional.
9. Al hacer el análisis de varianza se encontró que la diversidad alfa es mayor en cuanto a su riqueza de especies debido a que en la finca agro ecológica se establece un manejo utilizando la materia orgánica, la rotación de cultivos y diversificación como buenas prácticas agro ecológicas comparado con la finca convencional que cultivan de forma tradicional o monocultivo además de utilizar maquinaria agrícola pesada y agroquímicos, que disminuye la diversidad de especies de los grupos taxonómicos.
10. Al comparar los grupos taxonómicos que se comparten se tiene 14 familias; Carábidae, Scarabaeidae, Anthicidae, Ptinidae, Nitidulidae, Limnaeidae, Lycosidae, Japijidae, Ligaeidae, Cidnidae, Díptera, Isopoda, Embioptera y Lombricidae de las cuales representan el 51% de la población, mientras que las familias que no se comparten se tiene que el 15% pertenecen a la finca convencional y un 34% pertenecen a la finca agro ecológica, por tanto la diferencia en cuanto a riqueza es mayor por parte de la finca agro ecológica.

VI. RECOMENDACIONES

Aprovechar el personal técnico calificado para elaborar diagnósticos en la finca agro ecológica.

Usar la información sobre los criterios de biodiversidad observando los avances en la finca en el transcurso del tiempo.

Los muestreos de macro invertebrados en época lluviosa presentan mayor abundancia debido a la humedad que los favorece; pero es necesario muestrear en época seca para observar el comportamiento de la fauna edáfica.

Hacer un mejor aprovechamiento de la fauna edáfica y tomarlo como indicador de la salud del suelo en fincas agro ecológica y convencional de granos básicos.

Impulsar la producción agro ecológica en zonas de pequeños productores de granos básicos, para garantizar el consumo local y por ende, la seguridad alimentaria de las familias.

Realizar un estudio de mercado para la comercialización de los productos que se producen en la finca agro ecológica, para garantizar la sostenibilidad de la producción.

Hacer una selección adecuada de la semilla ya que la existente no posee las condiciones como tampoco el porcentaje de germinación en finca agro ecológica y que esta sea adecuada para su posterior almacenaje.

Fomentar las prácticas agroecológicas incorporando los pilares fundamentales: social, ambiental y económico para obtener un equilibrio en la naturaleza y en la sociedad.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Altieri M. S/f. Agro ecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria (en línea). Consultado el 15 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a0XSnC>
- Altieri M. 1999. Agro ecología. Bases científicas para una agricultura sustentable (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/1Zp1L7k>
- Altieri M. 2001. Agro ecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2alDqwp>
- Altieri M. 2009. Vertientes del pensamiento agro ecológico: fundamentos y aplicaciones (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29NqD6a>
- Altieri M. y Nicholls C. 2000. Agro ecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable (en línea). Consultado el 16 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2nsyArk>
- Altieri M y Nicholls C. 2009 Biodiversidad y Manejo de plagas en Agro ecosistemas (en línea) Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2oQH0s5>
- Álvarez P. y Cárdenas H. 2001. Situación de la producción de frijol y maíz en concepción de Pilas y Veracruz de Pejibaye, Costa Rica (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29GLCXB>
- Arana C. 2014. Proyecto BIOMA (en línea). Consultado el 20 de abril de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29NqY91>
- Arrieché R. 2012. Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la Estancia, Madrid, Cundinamarca, Utilizando indicadores de Calidad de Suelos (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29OmRux>
- Ávila G. S/f. Abonos verdes (en línea). Consultado el 20 de Enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a8XLIU>
- Bar M. 2010. Biología de los Artrópodos Orden Orthoptera (en línea). Consultado el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29ToSpN>

- Barber R. 1997. Investigación y Extensión para promover la Sostenibilidad de Sistemas de Granos Básicos en zonas de ladera, El Salvador (en línea). Consultado el 26 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2a495DC>
- Bardier Z. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macro fauna del suelo en diferentes sistemas de producción (en línea). Consultado el 28 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2iFi9li>
- Bautista A. Etcheveria J. Castillo R. Gutiérrez C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2hWDpFu>
- Briones R. Gárate F. Jerez V. 2012. Insectos de Chile, nativos, introducidos, y con problemas de conservación (en línea). Consultado el 24 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/1PlkZRw>
- Brown G. Fragoso C. Barois I. Rojas P. Patrón J. Bueno J. Moreno A. Lavelle, Ordaz V. Y Rodríguez C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macro fauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2a8YF8h>
- Cabrera D. 2012. La macro fauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba (en línea). Consultado el 26 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Nsx71>
- Cabrera D. 2014. Manual Práctico sobre la Macro fauna Edáfica como Indicador Biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2alGGb6>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal). 2015. Suelos (en línea). Consultado mayo de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2iUIP23>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal). 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol (en línea). Consultado el 24 de abril de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29I3dgV>

- CESTA (Amigos de la Tierra). 2011. Manejo Agro ecológico de Plagas y Enfermedades en los Cultivos (en línea). Consultado el 20 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2nR7kOf>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2003. El Arado Natural: Las Comunidades de Macro invertebrados del Suelo en las Sabanas Neotropicales de Colombia (en línea). Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2okrWMu>
- Cupul F. 2011. Guía para la determinación de las familias de ciempiés (Myriapoda: Chilopoda) de México (en línea): consultado el 15 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2a10MZi>
- Denis J y Bourne.W 1961. Serie Jiboa Franco Arenoso en planicies aluviales (jbc). Cuadrante 2456 II San Luis la Herradura, Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador. Escala 1:50000. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Duran C. y Pardos M. 2009. Guía de campo. Macro invertebrados de la Cuenca el Ebro (en línea). Consultado el 12 de Nov. De 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Ob3WS>
- Duran C, y Anadón A. 2012. Guía de campo. Moluscos Acuáticos de la Cuenca del Ebro (en línea). Consultado el 20 de Nov. De 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29OaDQ5>
- Escobar J. Rodríguez E. Ramírez N. Salinas R. López G. Flores H. 2011. Guía metodológica para el desarrollo de Escuelas de Campo (en línea). Consultado el 25 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29I33q2>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1985. Programa de Prevención de Pérdidas de Alimentos Pos-cosecha (en línea). Consultado el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2aIG2dM>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. Los aspectos económicos de la agricultura de conservación (en línea) consultado el 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2sOtpzJ>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. La biodiversidad para el mantenimiento de los agro ecosistemas (en línea). Consultado el 27 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2tjg6KX>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Tecnologías para el uso sostenible del agua. Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático (en línea). Consultado el 25 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/1suhd2o>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Los suelos y biodiversidad (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/1LEzcM8>
- Fraisoro A. 2002. Criterios de interpretación de la calidad agronómica de las aguas de riego (junio 2002) índices de calidad consultado el 25 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2dhE0R2>
- Fernández M. 1997. Los Hylesininae (Coleóptera: Scolytidae) parásitos de los pinos en la provincia de León (en línea). Consultado el 12 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29OooRb>
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza (en línea). Consultado el 20 de noviembre 2016 disponible en; <http://www.fao.org/3/a-at738s.pdf>
- Flores M. Ruiz H. Salas U. Menjívar R. Sermeño M. 2014. Insectos asociados al bosque de mangle en barra salada, Sonsonate y Bahía de Jiquilisco, Usulután, El Salvador (en línea). Consultado el 24 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29NsGHD>
- García L. 2015. Manual. Metodología de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo Nicaragua. 18 p.
- Google maps. S/f. Imagen Satelital de San Pedro Masahuat, El Salvador (en línea). Consultado el 23 de agosto de 2015. Disponible en <http://bit.ly/2uDWnnQ>
- Greco S. y Tonolli A. 2012. Agro ecosistemas. Agroecología y Ambientes Rurales (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29OprR6>
- Gliessman S. 2002. Agro ecología. Proceso agro ecológico en agricultura sostenible (en línea). Consultado 16 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29TqnUX>
- Hart R. 1985. Conceptos básicos sobre agro ecosistemas (en línea). Consultado el 5 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29RCqD2>

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo (en línea). Consultado el 21 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2h3x9HC>
- INISAV (Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. 2010. Ministerio de la Agricultura Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agro ecológico de plagas (en línea). Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2nXD05L>
- Irurtia C. y Michelena R. 2009. Indicadores cuantitativos de calidad de suelo y salud de un cultivo de soja en siembra directa (en línea). Consultado el 16 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a8ZuxY>
- Jiménez W. Añasco A. 2005. Cultivos de cobertura y abonos verdes (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a11sxY>
- Johnson E. y Catley K. 2005. La vida en la hojarasca (en línea). Consultado el 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2pfHrsO>
- Kolmans E. y Vásquez D. 1999. Manual de Agricultura Ecológica Una introducción a los principios básicos y su aplicación (en línea). Consultado el 24 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29N31ww>
- López J. 2015. Corología de *Palaeostigus palpalis* (Latreille, 1804) (Coleóptera, Staphylinoidea, Scydmaenidae) en la provincia de Huelva (S.O. de Andalucía, España) (en línea). Consultado el 30 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29ObRLc>
- Lugo A. Ortega D. Aragón A. Gonzales H. Nápoles J. Reyes A. y morón A. 2012. Especies de gallina ciega (Coleóptera: Scarabaeoidea) asociadas al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México (en línea) consultado el 23 de agosto de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Fnx70>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Serie “Aprendamos a protegernos” Los impactos del cambio climático (en línea). Consultado en 26 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2s7kHzt>

- MARN (Ministerio de Medio Ambiente Recursos Naturales).2013. Estrategia nacional de biodiversidad (en línea). Consultado el 25 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2s75MoQ>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente Recursos Naturales). 2014. Meteorología. (En línea). Consultado el 24 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a4dpm5>
- Mayorga C. 2002. Revisión genérica de la familia Cydnidae (Hemíptera Heteróptera) en México, con un listado de las especies conocidas (en línea). Consultado el 11 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29RCToF>
- Mayorga C y Cervantes L. 2006. Cydnidae (Hemíptera: Heteróptera) del Centro de Investigaciones Costeras. La Mancha, Actopan, Veracruz, México (en línea). Consultado el 09 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29GOLXw>
- Melic A. 2015. Orden Isópoda: Introducción. Especies acuáticas (en línea). Consultado el 19 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2a2hquo>
- Mendoza T. 2011. Agro ecológicos y relaciones sociales en fincas de la Cuenca del Rio Chicú (en línea). Consultado el 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29FnSGK>
- Mendieta L y Rocha L. 2007. Sistemas agro forestales (en línea). Consultado el 24 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2hBUmRQ>
- Mocholí. 2015. Clase Entognatha Orden Diplura (en línea). Consultado el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29RD9UP>
- Molina C. Molina D. Molina E. Molina H. 2012. Manejo agro ecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2tfAwTf>
- Navarro R y Liendo R. 2010. Fluctuación poblacional de scolytidae (insecta: coleóptera) en cacao del estado Aragua, Venezuela (en línea). Consultado el 14 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2a4bVZ1>
- Nicholls C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agro ecológico (en línea). Consultado el 23 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29N4yTg>

- Núñez M. 2000. Manual de técnicas agro ecológicas (en línea). Consultado el 23 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/29I4HrJ>
- Ospina A. 2004. Cercas Vivas (en línea). Consultado el 20 de enero de 2016. Disponible en: <http://www.ecovivero.org/CercaViva.pdf>
- Padilla D. y Suchini J. 2013 Guía para el sondeo agro ecológico de suelos y cultivos (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2hIJS2>
- Palacios J. y García A. 2014. Biodiversidad de Diplura (Hexápoda: Entognatha) en México Biodiversity of Diplura (Hexápoda: Entognatha) (en línea). Consultado el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2oUi6oK>
- Pedraza M. 2008. Fauna de coleópteros (insecta: Coleóptera) capturados trampas de intercepción de vuelo en Tlanchinol, Hidalgo, México (en línea). Consultado el 25 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29I4oNd>
- Pérez M. 2010. Sistema agro ecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos (en línea). Consultado el 26 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2oOpW6N>
- Prepelitchi L. 2009. Ecoepidemiología de Fasciola hepática (Trematoda, Digenea) en el norte de la provincia de Corrientes destacando aspectos ecológicos de Lymnaeacolumella (Pulmonata, Lymnaeidae) y su rol como hospedador intermediario (en línea). Consultado el 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Nuj89>
- Ramírez C. y Lanfranco D. 2001. Descripción de la biología, daño y control de las termitas: especies existentes en Chile (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2oRn6NK>
- Ramírez S. 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.
- REDES (Fundación salvadoreña para la reconstrucción y el desarrollo) 2015. Análisis del Programa de Compras Gubernamentales de Semilla de Maíz y Frijol (en línea). Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2oOwXEH>

- Rendón S, Artunduaga F. Ramírez R. Alveiro J. y Leiva E. 2011. Los Macro invertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate (en línea). Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2oRyCsq>
- Restrepo J. 2007. Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas (en línea). Consultado el 20 de febrero de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2hUThWD>
- Ruiz D. 2007. Comunidades de Macro invertebrados Edáficos en diferentes Sistemas de uso del terreno en la Cuenca del Río Otún, Colombia (en línea). Consultado el 30 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29NpDmu>
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2013. Agricultura orgánica nacional bases técnicas y situación actual. Gobierno de Chile (en línea). Consultado el 34 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2okJdLJ>
- Sánchez M. Proger M. Naranjo R. y Sanclemente O. 2012. El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agro ecológicas (en línea). Consultado el 27 de marzo, de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29GPc3J>
- Sainz H. Echeverria H. y Angeline H. S/f. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y Extra-Pampeana de Argentina (en línea). Consultado el 20 de enero de 2016. Disponible en: <http://bit.ly/2a13puc>
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica).1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. (En línea). Consultado el 30 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2nWB39G>
- UTCV (Unidad Técnica de Control de Vectores). 2013. Termitas subterráneas. Prevención y control (en línea). Consultado el 21 de marzo de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Npi3p>
- Vaquerano B, Espinoza A, Torres R, Montiel H. 2003. Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica (en línea). Consultado el 23 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2nXVVx7>
- Vázquez L. Matienzo Y. y Griffon D. 2014. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agro ecológico (en línea). Consultado el 25 de enero de 2017. Disponible en: <http://bit.ly/2se4Ui9>

- Vásquez L. 2013. Diagnóstico de la Complejidad de los Diseños y Manejos de la Biodiversidad en Sistemas de Producción Agropecuaria en Transición Hacia la Sostenibilidad y la Resiliencia (en línea). Consultado el 23 de agosto de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2sLqHPA>
- Vela J. 2013. Caracterización de una familia de ADN repetitivo en el genoma de *Heliotaurus ruficollis* (Coleóptera, Tenebrionidae) (en línea). Consultado el 20 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29OqQav>
- Vieira J. Ochoa B. Sauer E. Fischler M. y Marín X. 1998. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en zonas de ladera (en línea). Consultado 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Nuyjz>
- Wood S. y Lezama H. 1992. Los Scolytidae (Coleóptera) de Costa Rica: Clave de la subfamilia Scolytinae, Tribu Corthylini (en Línea). Consultado el 10 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/29Foix5>
- Zerbino M. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macro fauna del suelo en diferentes sistemas de producción (en line). Consultado el 20 de octubre de 2015. Disponible en: <http://bit.ly/2iFi9li>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Diagnóstico de productor agro ecológico

1. Datos generales de la finca	
Nombre de la parcela/finca:	CIETTA
Área de la finca o parcela/Mz:	8.3 manzanas
Ubicación, país:	El Salvador
Comunidad/caserío:	Los Novillos
Cantón/Municipio:	Las Isletas
Departamento:	La Paz
Datos/Edafoclimático:	
Clima:	
Tipo de suelo:	Franco areno limoso
Altitud (msnm):	21
Época de lluvias:	Mayo- Octubre
No. meses con lluvia:	6 meses
2. Datos generales del propietario (Coordinadora)	
Nombre y Apellidos:	Julia María Pérez Chávez
Estado Civil:	Casada
No. De hijos:	3
Escolaridad:	Ing. Agrónomo
3. Croquis o mapa de la parcela/finca:	
Mapa Histórico (Es igual a un croquis de cómo estaba la finca al adquirirla) Adjuntar imagen	
Mapa Actual (Es un croquis que refleja estado actual de la finca) Adjuntar imagen	

4-1 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
	1		Cocotero
	2		Permacultura
	3		Granos básicos
	4		Bianuales
2. ¿Cuántas manzanas tiene usted por cada tipo de cultivos?	No. Lotes	No. Manzanas	Rubro/uso actual
	1	5	Coco y apicultura
	2	0.5	Frutales y maderables
	3	1.0	Maíz y frijoles abonos
	4	0.5	Plátano, Jamaica y loroco.
3. ¿Qué cultivos rota cada año?	Jamaica, maíz, pipián y plátano.		
4. ¿Qué implementos y herramientas agrícolas utiliza?	Manuales	Tracción Animal	Mecanizada
	Cuma, corvo, pala dúplex, azadón.	----	-----
5. ¿Qué labores culturales principales realiza en sus cultivos?	Asocio	----	-----
	Diversificación		
	Labranza mínima	-----	-----
	Abonos verdes e incorporación de rastrojos.	-----	-----
5. ¿Qué semillas utiliza: puede mencionar sus técnicas de selección y mejoramiento de semillas?	Criolla	Registrada	Certificada
	X		
6. Produce algunas variedades de semillas que considera de su propiedad?	Ninguna		
7. ¿Comparte sus semillas o intercambia técnicas con sus vecinos productores/as ?	Siempre		
8. ¿Qué rendimientos obtiene por cultivo por manzana?	1.Cultivos	Rendimiento por manzana	
	MAIZ	No lo tiene registrado	
	Frijol	No lo tiene registrado	
	Loroco	No lo tiene registrado	
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? 25 % de pérdidas, mayor vigilancia, buscar semillas más resistentes a la sequía, mejorar el plan de manejo para enfermedades e insectos.			
10. Que métodos de prevención o control aplica en su sistema ante plagas, enfermedades y malas hierbas o arvenses.	Problemas	Acciones preventivas	Acciones de Control
	Plagas		
	Zompopos y hormigas	Aplicar afrecho de Zompopos	<i>Bauveria bassiana</i>
	Hongos	Microrganismos de montaña	Sulfocalcio
	Gallina ciega y cogollero.		Repelente
11. ¿Qué tipos de registros técnicos lleva de su producción?	De producción, de costos, de ventas y de aplicación de insumos.		

12. ¿Ha recibido asistencia técnica? Si recibe, de quién recibe asistencia técnica? ¿En qué necesita asistencia técnica?	Si, de la Asociación de Agro ecología de Costa Rica (AECO), MAOES, UES. En policultivos, cosecha de agua y diseño de fincas.				
13. ¿Cómo usa los desechos de sus cultivos?	Se incorporan al suelo.				
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?	De pozo artesanal, no se hace cosecha de agua. No se tratan las aguas residuales				
15. ¿Cuenta con mano de obra calificada?	Mano de obra familiar: 3				
	Mano de obra local: 5				
16. ¿Qué técnicas de nutrición y métodos utiliza para manejo del ganado mayor y menor? No hay.	Tipo de Ganado	Pasto natural	Pasto mejorado	Estabulado/ Semi estabulado	
17. ¿Ha realizado estudios de suelo en campo y laboratorio?, Si los hizo qué resultados obtuvo?	Materia orgánica	Micro y macro nutrientes	Textura	pH	Micro-organismos
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?	No				
19. ¿Implementa prácticas de conservación de suelos y agua?	Incorporación de rastrojos, abonos verdes.				
20. ¿Qué otras tecnologías o prácticas agro ecológicas aplica?	Apicultura, lombricultura.				
21. ¿Sabe algo acerca de la importancia de los minerales en la producción	Se utiliza en el abono orgánico y se tiene planificado aplicar directamente a los cultivos, me gustaría saber qué tipo de rocas existen porque hay muchas en la finca Si				
22. ¿Qué tipos de insumos agrícolas y pecuarios está utilizando y cuál es su origen?	Insumo		Origen		
	Abono orgánico		Propio		
	Estiércol de ganado		Local		
	Harina de rocas		Local		
	Repelente		Propio		
	Microorganismos		Propio		
	<i>Bauveria bassiana</i>		Propio		
23. ¿Sabe qué impactos ambientales y económico-productivos generan el uso de agroquímicos? ¿Sabe a qué llaman Buenas Practicas Agrícolas (BPA)?	Si, Son prácticas que disminuyen el uso de productos tóxicos en la agricultura				
24. ¿Conoce de las buenas prácticas agro ecológicas y orgánicas (BPAE) para la producción de alimentos sanos?	Sí.				
25. ¿Si aplica alguna o varias de este tipo de prácticas de producción sin químicos en agricultura y ganadería, qué ventajas ha obtenido?	Aparición de lombrices en los cultivos, especies nativas como medicinales y comestibles, diferentes tipos de aves, variedad de cosechas y semillas criollas				
26. ¿Si sabe algo sobre energía renovable, y si aplica alguna de ellas?	Se tienen algunos paneles solares y se piensa en establecer más, además se encuentra en construcción un molino de viento artesanal.				
27. Tiene algún otro dato sobre aspectos técnicos que pudiera compartirnos?	No				

4.2: Guía para Criterio Económico				
1. ¿Qué rubros cultiva sólo para autoconsumo?		No. Manzanas- Producción- Precio Estima.		
		Maíz	0.25	No estima precio
2. ¿Qué rubros cultiva tanto para autoconsumo y para comercializar?	Rubro		Cantidad y % de autoconsumo	Cantidad y % comercializada
	Jamaica		10 %	90 %
	Plátano		10 %	90 %
	Frijol abono		10 %	90 %
	Coco		5 %	95 %
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?			Si de ingresos, pero los de costos por rubro no están detallados, si me gustaría conocer y llevar algunos tipos de registros.	
4. ¿Sabe usted si los rubros que maneja en su finca o en parte de ella, son rentables?			Sí.	
5. ¿Conoce su costo de producción de cada rubro que cultiva y cosecha?			Sí.	
6. ¿En qué precios vende cada quintal de sus cosechas de granos?			El caso de maíz solo es para consumo.	
7. ¿Cuál es el costo y los ingresos por venta de aves y huevos?			-----	
8. ¿Cuál es el costo e ingresos por venta de leche?			-----	
9. ¿Produce y donde vende vacas y novillos, terneros, cuál es su costo y ganancia?			-----	
10. ¿Produce y donde comercializa cerdos, otras especies menores, sabe sus costos y ganancia?			-----	
11. ¿Si tiene producción forestal y donde la comercializa, sabe sus costos y ganancia?				
12. ¿Ha hecho mejoras en infraestructuras en su finca en los últimos cinco años; por esfuerzo propio, créditos, proyectos de ONG o de gobierno?	Descripción de la mejora		Apoyado por	
	Planta de procesamiento de abono orgánico.		Centro Cooperativo Sueco.	
	Laboratorio de control biológico.		Junta Castilla de la Mancha y Entre pueblos.	
	Módulo para lombri-cultura		Centro Cooperativo Sueco.	
	Galera para insumos líquidos		Fondos propios.	
13. ¿Si utiliza mano de obra contratada o familiar, cuál es su costo?		Contratada	Familiar	
	Costo	5 dólares por día		
14. ¿Cuánto paga de cuota de membresía gremial?			Ninguna.	
15. ¿Cuánto paga en cuota de gastos y aportes al capital de la cooperativa?			No pago	
16. ¿Aporta cuotas o donativos a otras actividades?			Si, se dona plantas e insumos.	
17. ¿A la pareja: Cuánto es el gasto por mes en su casa (alimentación, energía eléctrica, agua, educación, salud, vestuario, diversión)?			300.00	
18. ¿Qué otros gastos tiene en su casa por mes?				
19. ¿Cuánto gasta en combustible?				

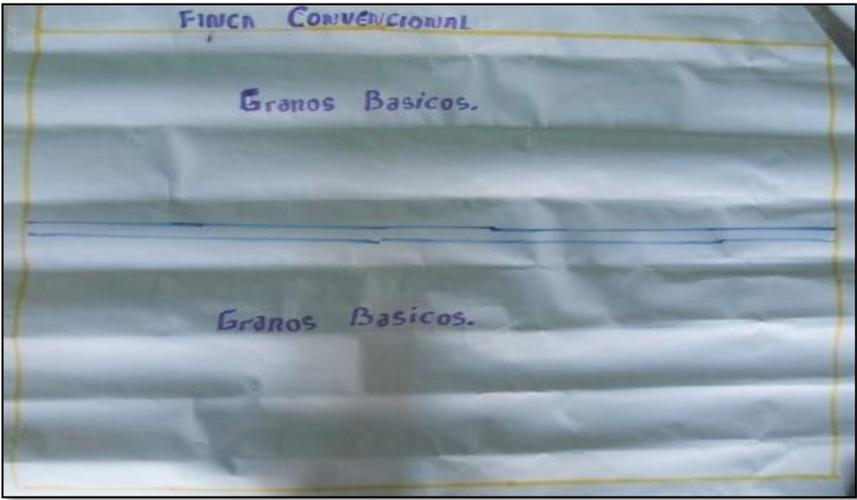
20. ¿Cuánto gasta en transporte?	
21. ¿Cuál es el ingreso familiar por mes?	680.00
22. ¿Cuenta con medio de transporte para sacar su producción?	Sí.
23. Recibe financiamiento para sus actividades?	Sí.
24. Sabe cuánto paga anualmente en impuestos? Si aplica.	No.
25. ¿Recibe remesas familiares?	No.
26. ¿Cuenta con un plan de inversión?	No.
27. ¿En algún rubro trabaja con plan de negocios?	No.

4-3: Guía para Criterio Socio-político y Cultural		
1. ¿Qué tan importante es planificar las actividades de su finca?	Muy importante	
2. ¿Planifica todas o parte de las actividades de su finca?	Parte de las actividades	
3. ¿Cuál es la situación legal de su tierra? Comparte con su esposa, compañera o algún familiar la propiedad de la finca o parcela?	Propia	
4. ¿Qué porcentaje de participación tiene su familia en las actividades de la finca (hombres, mujeres, jóvenes, ancianos)?	25%	
5. ¿Participa en organizaciones :	Cooperativa	
6. ¿A qué distancia de la carretera municipal y departamental está su finca?	La orilla	
7. ¿Se encuentra solvente con la municipalidad?	Si	
8. ¿A qué servicio de salud tiene acceso?	Las Isletas	
9. ¿Qué nivel de educación tienen los miembros de su familia?	Miembros de la Familia	Escolaridad
	Esposa o acompañante	Bachiller
10. ¿Ha realizado intercambio de experiencias entre productores? ¿Cada cuánto y dónde?	Cada mes en la misma finca	
11. ¿Ha recibido capacitaciones sobre Agricultura agro ecológica u orgánica? ¿En qué temas?	Introducción a la Agro ecología, Agricultura biodinámica y formación de promotores.	
12. Tiene alguna experiencia propia en elaboración y aplicación de insumos agro ecológicos y orgánicos para abonos y control de plagas y enfermedades?	Si	
13. ¿En qué temas le gustaría capacitarse en el futuro?	Producción de semillas.	
14. ¿Qué programa de gobierno conoce y en cuáles participa?	Agricultura familiar y Ciudad Mujer. En ninguno.	
15. ¿Qué proyecto ha hecho la alcaldía en su comunidad y en qué le ha servido? Desde su experiencia agro ecológica ha incidido en los programas de la Alcaldía?	Ninguno. Si, se apoya a programas de reforestación para comunidades y centros escolares	
16. ¿Es asociado a una cooperativa y que beneficio obtiene de ella?	No	
17. ¿Participa en algún comité o mecanismo de desarrollo comunal o municipal?	No	
28. ¿Qué ONG conoce en la zona y si recibe beneficio de ella?	Save the Children, ninguno.	
19. ¿Qué servicios públicos existen en su comunidad?	Alumbrado público.	
21. ¿Sus caminos de acceso a su finca son transitables en todo tiempo?	Si	
22. ¿Cuenta con energía eléctrica, agua potable, letrina u otros en su finca?	Con energía eléctrica y letrinas, pero no con agua potable	
23. ¿Existen establecimientos religiosos en su comunidad? Participa en alguna de ellas?	Si hay, pero no participo.	

24. ¿Existen centros de recreación y si participa en ellos?	Si hay, pero no participo.
25. Si el productor/a o miembros de su familia participan en actividades comunitarias, ¿qué tiempo le dedican y qué responsabilidades asumen?	No se participa.

4-4: Guía para Criterio de Medio Ambiente/Recursos Naturales	
1. ¿Cómo entiende usted el concepto de medio ambiente?	Son todos aquellos recursos que se encuentran en la naturaleza como por ejemplo, ríos, plantas y animales
2. ¿Sabe algo sobre biodiversidad?	Sí. Es toda variedad de seres vivos de un lugar.
3. ¿Qué prácticas utiliza para proteger el medio ambiente?	No quema, no aplica químicos, incorpora abono orgánico, incorpora mulch, aplica Lombri-compost, y rota cultivos
4. ¿Si tiene bosques, qué uso les da?	Madera aserrada (), postes (x), leña (x), carbón (), otro ((x)
5. ¿Qué especies de árboles existen en su bosque? (cuales son los más importantes)	Nin, tigüilote, cedros, zorra entre otros
6. ¿Existe fauna en su finca, indique las especies principales?	Garrobos, cusucos, aves y mariposas.
7. ¿Practica la quema? Si es sí, cada cuánto tiempo la aplica? Tiene noticias de porqué nuestros antepasados indígenas no quemaban cada año sus tierras de siembra?	No
8. ¿Sabe qué tipo de efectos tiene en el medio ambiente y la salud el uso de agroquímicos?	si
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?	Enfermedades renales, abortos en los humanos, malformación de niños al nacer y Contaminan el medio ambiente
10. Qué actividades realiza para manejar los desechos vegetales y no vegetales?	Quema y algunas veces lo incorpora al suelo
11. Conoce algunas ventajas del uso de abonos ecológicos u orgánicos en la producción de alimentos?	Si , se obtienen alimentos más sanos
12. ¿Recicla desechos para elaborar algunos abonos para sus cultivos? (Cuáles)	Si se recicla pero no se elaboran abonos.
13. ¿Conoce sobre existencia de Leyes o iniciativas de Leyes sobre: 1. Agua, 2. Seguridad Alimentaria y Nutricional, y 3. Producción Agro ecológica?	No
14. Conoce algunos puntos específicos sobre la Ley general del medio ambiente?	No

ANEXO 2. Diagnóstico de productor de la finca convencional

1. Datos generales de la finca	
Nombre de la parcela/finca:	La lima
Área de la finca o parcela/Mz:	1 manzana
Ubicación, país: Comunidad/caserío: Cantón/Municipio: Departamento:	El Salvador La lotificación la Lima La Paz
Datos/Edafoclimático: Clima: Tipo de suelo:	Suelo franco areno limoso
Altitud (msnm):	33 m.s.n.m
Época de lluvias:	Mayo- Octubre
No. meses con lluvia:	6 meses
2. Datos generales del propietario	
Nombre y Apellidos:	Vidal Antonio Alfaro
Estado Civil:	Acompañado
Número de hijos:	3 hijos
Escolaridad:	4°Grado
3. Croquis de los mapas de la parcela/finca:	
Mapa Histórico (Es igual a un croquis de cómo estaba la finca al adquirirla) Adjuntar imagen	El mapa histórico es el mismo con el actual.
Mapa Actual (Es un croquis que refleja estado actual de la finca) Adjuntar imagen	

4-1 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
	1		Maíz
2. ¿Cuántas manzanas tiene usted por cada tipo de cultivos?	No. Lotes	No. Manzanas	Rubro/uso actual
	1	1	Maíz y pipián
3. ¿Qué cultivos rota cada año?	Maíz y pipián.		
4. ¿Qué implementos y herramientas agrícolas utiliza?	Manuales		Tracción Animal
	Cuma, corvo, Bomba de mochila	Surqueado para siembra	Mecanizada Rastreado
	Rastrojos de cosecha	-----	.
5. ¿Qué semillas utiliza: Puede mencionar sus técnicas de selección y mejoramiento de semillas? ¿Produce algunas variedades de semillas que considera de su propiedad?	Criolla	Registrada	Certificada
			X
	Ninguna		
6. ¿Comparte sus semillas o intercambia técnicas con sus vecinos productores/as?	En algunas ocasiones		
7. ¿Qué rendimientos obtiene por cultivo por manzana?	1.Cultivos	Rendimiento por manzana	
	MAIZ	No lo tiene registrado	
	Frijol	No lo tiene registrado	
	Loroco	No lo tiene registrado	
8. ¿Qué rendimientos obtiene por cultivo por manzana?	1.Cultivos	Rendimiento por manzana	
	MAIZ	Hasta 50 qq por manzana	
	Pipián	No lo tiene registrado	
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?	Hay años en que se dan pérdidas de 100% pero normalmente un 15%, no se puede hacer nada contra los fenómenos de la naturaleza.		
10. ¿Qué métodos de prevención o control aplica en su sistema ante plagas, enfermedades y malas hierbas o arvenses?	Problemas	Acciones preventivas	Acciones de Control
	Plagas	Producto comercial Larvin
	Arvenses	Herbicidas
	Enfermedades	Fungicidas
11. ¿Qué tipos de registros técnicos lleva de su producción?	Apuntes generales de costos y de producción		
12. ¿Ha recibido asistencia técnica? Si recibe, de quién recibe asistencia técnica? ¿En qué necesita asistencia técnica/AT?	No.		
13. ¿Cómo usa los desechos de sus cultivos?	Se incorporan al suelo		
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 residual?	Solo de la época lluviosa, no hace cosecha de agua.		
	No se tratan las aguas residuales		
15. ¿Cuenta con mano de obra calificada?	Mano de obra familiar: 3		
16. ¿Qué técnicas de nutrición y métodos utiliza para manejo del ganado mayor y menor? No hay.	No tiene ganado		
17. ¿Ha realizado estudios de suelo en campo y laboratorio?, Si los hizo qué resultados obtuvo?	No.		

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	No.	
19. ¿Implementa prácticas de conservación de suelos y agua?	No porque es alquilado el terreno	
20. ¿Qué otras tecnologías o prácticas agro ecológicas aplica?	-----	
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?	-----	
22. ¿Ha oído hablar de la harina de rocas y su importancia para reconstruir los suelos? Le gustaría conocer y aprender a aplicar harina de rocas en su huerta?	-----	
23. ¿Qué tipos de insumos agrícolas y pecuarios está utilizando y cuál es su origen?	Insumo	Origen
	Abono ferti maiz	Comercial
	Semilla maíz	Comercial
	Herbicidas Insecticidas	Comercial Comercial
	Fungicidas	Comercial
24. ¿Sabe qué impactos ambientales y económico-productivos generan el uso de agroquímicos? ¿Si sabe a qué llaman BPA?	No	
25. Conoce de la aplicación de buenas prácticas agro ecológicas y orgánicas (BPAE) para la producción de alimentos sanos?	No	
26. Si aplica alguna o varias de este tipo de prácticas de producción sin químicos en agricultura y ganadería, qué ventajas ha obtenido?	No	
27. ¿Si sabe algo sobre energía renovable, y si aplica alguna de ellas?	No	
28. Tiene algún otro dato sobre aspectos técnicos que pudiera compartirnos?	No	

4.2: Guía para Criterio Económico			
1. ¿Qué rubros cultiva sólo para autoconsumo?	Ninguno		
2. ¿Qué rubros cultiva tanto para autoconsumo y para comercializar?	Rubro	Cantidad % de autoconsumo	Cantidad % comercializada
	Pipián	10 %	90 %
	Maíz	25% %	75 %
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?	Si es bueno llevar un buen sistema de registros		
4. ¿Sabe usted si los rubros que maneja en su finca o en parte de ella, son rentables?	Sí.		
5. ¿Conoce su costo de producción de cada rubro que cultiva y cosecha?	Sí.		
6. ¿En qué precios vende cada qq de sus cosechas de granos?	Depende del mercado informal.		
7. ¿Cuál es el costo y los ingresos por venta de aves y huevos?	-----		
8. ¿Cuál es el costo e ingresos por venta de leche?	-----		
9. ¿Produce y donde vende vacas y novillos, terneros, cuál es su costo y ganancia?	-----		

10. ¿Produce y donde comercializa cerdos, otras especies menores, sabe sus costos y ganancia?	-----		
11. ¿Si tiene producción forestal y donde la comercializa, sabe sus costos y ganancia?	-----		
12. ¿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?			Ninguno
13. ¿Si utiliza mano de obra contratada o familiar, cuál es su costo?		Contratada	Familiar
	Costo	5 dólares por día	
14. ¿Cuánto paga de cuota de membresía gremial?	No pertenece a ninguna asociación		
15. ¿Cuánto paga en cuota de gastos y aportes al capital de la cooperativa?	No pago		
16. ¿Aporta cuotas o donativos a otras actividades?	No.		
17. ¿A la pareja: Cuánto es el gasto por mes en su casa (alimentación, energía eléctrica, agua, educación, salud, vestuario, diversión)?	\$ 250.00		
18. ¿Qué otros gastos tiene en su casa por mes?	\$ 50.00		
19. ¿Cuánto gasta en combustible?	-----		
20. ¿Cuánto gasta en transporte?	\$ 10.00		
21. ¿Cuál es el ingreso familiar por mes?	\$ 400.00		
22. ¿Cuenta con medio de transporte para sacar su producción?	No		
23. ¿Recibe financiamiento para sus actividades?	Sí.		
24. ¿Sabe cuánto paga anualmente en impuestos? Si aplica.	No.		
25. ¿Recibe remesas familiares?	No.		
26. ¿Cuenta con un plan de inversión?	No.		
27. ¿En algún rubro trabaja con plan de negocios?	No.		

4-3: Guía para Criterio Socio-político y Cultural			
1. ¿Qué tan importante es para usted planificar las actividades de su finca?	Importante		
2. Planifica todas o parte de las actividades de su finca?	Parte de las actividades		
3. ¿Cuál es la situación legal de su tierra? Comparte con su esposa, compañera o algún familiar la propiedad de la finca o parcela?	Arrenda		
4. ¿Qué porcentaje de participación tiene su familia en las actividades de la finca (hombres, mujeres, jóvenes, ancianos)?	50 %		
5. ¿Participa en organizaciones :	Ninguna		
6. ¿A qué distancia de la carretera municipal y departamental está su finca?	1 kilometro		
7. ¿Se encuentra solvente con la municipalidad?	Si		
8. ¿A qué servicio de salud tiene acceso?	Las Isletas		
9. ¿Qué nivel de educación tienen los miembros de su familia?	Miembros de la Familia		Escolaridad
	Esposa/esposo/ acompañante		Básica
10. ¿Ha realizado intercambio de experiencias entre productores? ¿Cada cuánto y dónde?	No		
11. ¿Ha recibido capacitaciones sobre Agricultura agro ecológica u orgánica? ¿En qué temas?	No		
12. Tiene alguna experiencia propia en elaboración y aplicación de insumos agro ecológicos y orgánicos para abonos y control de plagas y enfermedades?	No		

13. ¿En qué temas le gustaría capacitarse en el futuro?	No tiene interés
14. ¿Qué programa de gobierno conoce y en cuáles participa?	En ninguno.
15. ¿Qué proyecto ha hecho la alcaldía en su comunidad y en qué le ha servido? ¿Desde su experiencia agro ecológica ha incidido en los programas de la alcaldía?	Ninguno
16. ¿Es asociado a una cooperativa y que beneficio obtiene de ella?	No
17. ¿Participa en algún comité o mecanismo de desarrollo comunal o municipal?	No
18. ¿Qué ONG conoce en la zona y si recibe beneficio de ella?	Ninguno
19. ¿Qué servicios públicos existen en su comunidad?	Electricidad
20. ¿Sus caminos de acceso a su finca son transitables en todo tiempo?	Si
21. ¿Cuenta con energía eléctrica, agua potable, letrina u otros en su finca?	Con energía eléctrica y letrinas, pero no con agua potable.
22. ¿Existen establecimientos religiosos en su comunidad? Participa en alguna de ellas?	Si hay, pero no participo.
23. ¿Existen centros de recreación y si participa en ellos?	Si hay, pero no participo.
24. Si el productor/a o miembros de su familia participan en actividades comunitarias, ¿qué tiempo le dedican y qué responsabilidades asumen?	No participa.

4--4: Guía para Criterio de Medio Ambiente/Recursos Naturales	
1. ¿Cómo entiende usted el concepto de medio ambiente?	Todo lo que nos rodea, plantas y animales
2. ¿Sabe algo sobre biodiversidad?	No
3. ¿Qué prácticas utiliza para proteger el medio ambiente?	Deja mulch a veces en el terreno
4. ¿Si tiene bosques, qué uso les da?	No tiene
5. ¿Qué especies de árboles existen en su bosque? (cuales son los más importantes)	Ninguno
6. ¿Existe fauna en su finca, indique las especies principales?	No
7. ¿Practica la quema? Si es sí, cada cuánto tiempo la aplica? Tiene noticias de porqué nuestros antepasados indígenas no quemaban cada año sus tierras de siembra?	Si
8. ¿Sabe qué tipo de efectos tiene en el medio ambiente y la salud el uso de agroquímicos?	Si
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?	Todo tipo de enfermedades
10. ¿Qué actividades realiza para manejar los desechos vegetales y no vegetales?	Quema y algunas veces lo incorpora al suelo
11. Conoce algunas ventajas del uso de abonos ecológicos u orgánicos en la producción de alimentos?	Si comida sana pero cuesta mucho producirlos
12. ¿Recicla desechos para elaborar algunos abonos para sus cultivos? (Cuáles)	No
13. ¿Conoce sobre existencia de Leyes o iniciativas de Leyes sobre: 1. Agua, 2. Seguridad Alimentaria y Nutricional, y 3. Producción Agro ecológica?	No
14. ¿Conoce algunos puntos específicos sobre la Ley general del medio ambiente?	No

ANEXO 3. Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de la finca agro ecológica

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Unión de productores en cooperativa	Crece como empresa
Capacitación constante	Acceso a un mercado rentable
Asistencia técnica	
Capacitaciones de superación	Equipamiento de materiales y equipo
Experiencia en agricultura orgánica de los productores	Estar en armonía con la naturaleza y un ambiente saludable
Desarrollo de emprendedurismo	
Variedad de producción	Fomentar agroecoturismo
Transporte propio	Compra de más tierra para producción
Locales propios	
Tierra propia	Vender productos al mercado local
Buenas vías de acceso	
Energía eléctrica	Consumir alimentos sanos
Buena ubicación del local para comercio	
Buen precio en la venta de los productos	Aprobación de la leyes para impulsar la agricultura orgánica
DEBILIDADES	AMENAZAS
Poco acceso a agua para riego	Aplicación de agroquímicos por los vecinos
Poco equipamiento	Cambio climático
Delincuencia en las comunidades	Sequias
Poco tierra para producción	Robo de productos
Problemas de plantas arvenses	Inseguridad
Perdidas por robo	Quemas en los alrededores
Bajo rendimiento en las cosechas	
No ofrecen créditos para producción orgánica	

ANEXO 4. Criterios de biodiversidad

Criterio de Biodiversidad: se aplica la metodología de Vázquez (2013)

Se aplica esta metodología con el objetivo verificar el nivel de complejidad de la biodiversidad que se ha desarrollado en la unidad productiva objeto de este diagnóstico.

Cuadro 1. Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Resultado del diagnóstico fincas: FA: Finca Agro ecológica y FC: Finca Convencional. Para obtener resultados globales de la tabla se aplica lo siguiente: $DMBPr = \frac{2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + \dots + Pr17 + 2Pr18}{23}$

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.		3	2
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivo(Pr 2)	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos ;4: más de 10 cultivos		4	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		2	1
Superficies con diseños de policultivos(Pr 4)	1: menos 26%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: más del 75%		3	2
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	4
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos(Pr6)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies		4	1
Superficies con diseños agroforestales (Pr 7)	1:menos 26%; 2:26-50%;3: 51-75%; 4:más del 75%		1	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		4	1
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		3	1

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%	3	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	1
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)	2	1
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		2.52	0,65

Cuadro 2: Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del suelo (MSC).
Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente: $MCS = \frac{\sum (2S1+S2+S3+2S4+S5+S6+S7)}{9}$

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).		3	1
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	1
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.		4	1
Superficie con incorporación de biomasa orgánica (S 4)	1: menos del 25%; 2:entre el 26 y 50%; 3:entre 50-75%; 4:más de 75%		4	1
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%.		4	1
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.		4	1
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, u otros que no invierten el prisma) en más 50%; 4: solamente utiliza implementos de conservación de suelo.		4	3
MCS			3.78	1.22

Cuadro 3: indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del agua (MCA).
 Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente: $MCA = \frac{A1+A2+2A3+2^2A4+A5}{7}$

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.	4	0
Sistema de riego (A 2)	1:gravedad o aniego;2: aspersores; 3:microaspesores; 4:goteo(localizado)	1	0
Sistema de abasto de agua para uso agrícola (A 3).	1: acueducto; 2: pozo; 3: natural; 4: colecta de lluvia.	2	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.	4	3
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).	4	4
MCA		3.00	2.29

Cuadro 4: Indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente: $MISRPr = \frac{I1+2i2+I3+2i4+i5}{7}$

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	1
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 productivos animales (I 4)	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
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%	4	0
MISRPr		2.00	0.43

Cuadro 5: Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente: $DMBAu = \frac{\Sigma(2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15)}{22}$

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	0	0
Diversidad de especies en barreras vivas laterales(Au 2)	1: una especie; 2:dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	0	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	0	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.	3	0
Diversidad de especies en corredores ecológicos internos(Au 6)	1: una especie predominante (mayor 30%); 2: dos especies predominantes; 3: tres especies predominantes; 4: más de tres especies predominantes.	2	1
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	2	0
Manejo de ambientes seminaturales (Au 8)	1: existe, pero sin considerar sus funcione; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias.	1	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.	4	1
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 necesaria.	1	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 1-2especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbusticos 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	3
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.	4	1
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.	4	3

Diversidad de animales para labores (Au 15)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	1	1
DMBAu		1.59	0,68

Cuadro 6: Indicadores para evaluar el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo siguiente:
 $EBAs = \Sigma (As1 + \dots + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14) / 16$

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		FA	FC
Incidencia 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.	2	1
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.	2	2
Incidencias de nematodos de las agallas(As3)	1: más del 75% plantas afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%.	4	4
Incidencia de organismos nocivo en cultivos(As4)	1: más del 75% superficies afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%.	4	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	2
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.	0	0
Incidencias 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	4	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.	3	1
Población de reguladores naturales (As12).	1: se observa de 1-5 individuos; 2: más de 5 individuos; 3: más de 10 individuos; 3: inmediatamente se observan altas poblaciones.	3	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.	3	2
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 inmediatamente.	4	2
EBAs		2.53	1.12

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: $CMB = \frac{\sum (DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs)}{6}$.

ANEXO 5. Determinación del nivel de complejidad de la biodiversidad (Vázquez, 2013)

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)
3.0-3.5	Complejo (c)
3.6 - 4.0	Altamente complejo (ac)

ANEXO 6. Perfil del suelo en finca agro ecológica

Horizonte	Profundidad (cm)	Topografía del horizonte	Estructura	Color	Poros	Consistencia	Textura	Raíces	Rocas	Concreciones
A 1	0 – 9	Plano	Bloques sub-angulares y bloques aterronado	Café amarill o 10 YR 6/4	Abundantes macro-poros	En seco: ligeramente dura. En húmedo: friable, ligeramente plástico, no adherente	Franco limo arenoso	Pocas	No hay	No hay
A 1 2	9- 40	Plano	Aterronado	10 YR 5/3	Sin poros	En seco. duro En húmedo. friable Ligeramente pegajoso Ligeramente plástico	Arcillo limoso con gravillas	Pocas	No hay	No hay
II C	40- 61	Plano	Masiva	10 YR 8/2	Sin poros	Friable No pegajoso No plástico	Limoso	Pocas	No hay	No hay
III C	61- 82	Plano	Masiva	10 YR 8/4	Sin poros	En húmedo friable no pegajoso No plástico No adherente	Limoso	Escasas	No hay	No hay
IV C	82 A mas	Plano	Masiva	10 YR 8/6	Sin poros	Húmedo: friable No adherente no plástico	Arcillo limoso	ninguna	No hay	Manchas

ANEXO 7. Clasificación de la profundidad efectiva del suelo

Profundidad del suelo (cm)	
Muy profundo	>de 150
Profundo	149 – 100
Moderadamente profundo	99- 50
Superficial	49-25
Moderadamente superficial	< de 25

ANEXO 8. Relación textura del suelo y densidad aparente del suelo

Textura del suelo	Densidad aparente (g cm³)
Arenoso	1.65
Franco arenoso	1.50
Franco	1.40
Franco-arcilloso	1.35
Franco-limoso	1.30
Arcilloso	1.25

ANEXO 9. Clasificación de presencia de materia orgánica en el suelo (García 2015)

Clase	Observación	Presencia de MO
1	No se observa efervescencia, ni se escucha al oído.	Nula
2	No se observa efervescencia, pero se escucha al oído.	Baja
3	Se nota efervescencia claramente	Media
4	La efervescencia es rápida y sube lentamente	Alta
5	La efervescencia es rápida y sube rápidamente	Muy alta

ANEXO 10. Densidad aparente finca agro ecológica y convencional

Parcela	Finca agro ecológica	Finca convencional
P1 s1	1.02	0.94
P1 s2	1.02	0.92
P1 s3	1.03	0.87
P2 s1	0.88	0.97
P2 s2	0.99	0.97
P2 s3	0.98	0.87
P3 s1	1.05	0.96
P3 s2	1.25	0.98
P3 s3	1.09	0.94

ANEXO 11. Resultados de los elementos de los análisis químicos de finca agro ecológica y finca convencional

Elementos	F.C. 1		F. C. 2	DG	F.C. 3	DG	F.A. 1	DG	F.A. 2	DG	F.A. 3	DG
Nitrógeno (N)	0.27 %,		0.31%,		0.24 %,		0.39%		0.40%		0.37%,	
Fosforo (P)	130.21 ppm	MA	160.16 ppm	MA	100.80 ppm	MA	200.16 ppm	MA	211.16 ppm	MA	360.25 ppm	MA
Potasio (K)	405 ppm	A	362.5 ppm	A	320 ppm	A	330 ppm	MA	725 ppm	MA	580 ppm	MA
Hierro (Fe)	83.15 ppm	MA	64.33 ppm	MA	67.97 ppm,	MA	37.52 ppm,	MA	19.79 ppm	A	18.31 ppm	A
Cobre (Cu)	<0.2 ppm	MB	< 0.2,	MB	0.35 ppm	MB	< 0.2 ppm	MB	1.5 ppm	MB	2.10 ppm	MB
Magnesio (Mg)	0.46 Meq	MB	0.002 Meq	MB	0.49 Meq	MB	0.008 Meq	MB	0.012 Meq	MB	0.005 Meq	MB
Calcio (Ca)	2 Meq	MB	1.38 Meq	MB	4 Meq	B	10.5 Meq	A	8.62 Meq	A	2.5 Meq	B
pH	4.9,	FA	4.9	FA	4.5	FA	5.4	MA	5.6	MA	8.2 ppm,	MAL
Materia orgánica	3.02%	M	0.36 %.	B	2.99%.	M	3.35%.	M	3.34 %.	M	3.05	A
Relación Ca/ Mg	4.39 Meq	M	661.05 Meq	A	8.14 Meq	A	1272.73 meq	A	713.99 Meq	A	442.47 Meq	A
Relación Mg/ K	0.43 Meq	B	0.002 Meq	B	0.59 Meq	B	0.0097 Meq	B	0.0065 Meq	B	0.0036 Meq	B
Relación Ca+Mg/K	2.36 Meq	B	1.48 Meq	B	5.47 Meq		12.41 Meq	M	8.63 Meq	B	1.35 Meq	B
Relación Ca/K	1.93 Meq	B	1.48 Meq	B	4.88 Meq	B	12.40 Meq	B	4.63 Meq	B	1.68 Meq	B