

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Tesina**

**“Evaluación de Macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad y salud del suelo de los productores del municipio de Atiquizaya, Ahuachapán, El Salvador”**

**POR:**

**Gerson Daniel Roque Paredes**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE**



**“Evaluación de Macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad y salud del suelo de los productores del municipio de Atiquizaya, Ahuachapán, El Salvador”**

**POR:**

**Gerson Daniel Roque Paredes.**

**Como requisito para obtener el Título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2023**

Esta investigación fue realizada bajo la dirección del Comité de Investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de

## **Ingeniero Agroindustrial**

### **Comité de Tesina**

---

Tutor de Tesina.

Ing. M. Sé. José Mauricio Tejada Ascencio.

---

Ing. M. Sc. José Mauricio Tejada Ascencio.  
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

---

Ing. Agr. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado.  
Coordinador de Procesos de Graduación.  
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

## **1. Dedicatoria**

A Dios por darme la oportunidad de existir, la capacidad, salud, y sostenibilidad en todos los momentos de escases, por cuidarme y bendecirme durante toda mi vida.

A mis padres; Mario Francisco Roque Romero y Transito Janet Paredes de Roque, por darme su amor incondicional, sacrificio, paciencia, sus consejos, por su ejemplo de vida, por enseñarme a conocer el amor de Dios y por todo el apoyo que me brindan para lograr mis proyectos. Son mi ejemplo de vida y guías espirituales.

A mi esposa Rosa Esmeralda Trigueros de Roque y mis hermanos, Stefanny Valeria Roque de Vasconcelos y Marlon Edilberto Roque Paredes, por ser parte de mi vida, formación personal, por sus conocimientos, consejos, amor y buenos ejemplos transmitidos.

A mis abuelos/as, tíos/as, primos/as por su apoyo incondicional en los momentos difíciles que pasamos en familia y toda su ayuda brindada en momentos de angustia y necesidad.

## **2. Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad de El Salvador, especialmente a la Facultad de Ciencias Agronómicas por haberme abierto las puertas de este prestigioso templo del conocimiento, cuna de excelentes profesionales.

Al Ing. M. Sc. José Mauricio Tejada Ascencio por todo su esfuerzo, conocimiento, dedicación, motivación, orientación, su persistencia, y consejos. Su asesoría ha sido fundamental para mi formación como profesional.

Al Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, Lic. Daniel de Jesús Palacios y a la Br. Tania Margarita Guillen por sus valiosos aportes profesionales, asesoría y sus conocimientos para poder finalizar dicha investigación.

Al Movimiento de Agricultura Orgánica de El Salvador (MAOES) en especial a Ing. Agr. Miguel Francisco Ramírez e Ing. Agr. Álvaro Alberto Garcíaguirre, por brindar la oportunidad, ayuda, implementos y soporte técnico en campo.

A los productores de granos básicos: Salvador Antonio Solís, Miriam Leonor Calderón, Sonia Elizabeth Murgas, y María Josefina Rodríguez, todos residentes del municipio de Atiquizaya, quienes, con mucha humildad, cariño, respeto y en pro del enriquecimiento de su saber, prestaron las parcelas en las que se desarrolló esta investigación y suministraron utensilios, mano de obra, entre otras cosas.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas, en especial a los miembros del Departamento de Recursos Naturales, quienes compartieron sus conocimientos en mi formación como profesional.

A los catedráticos encargados de impartir el “Curso de Especialización de Gestión Integral de Sistemas Productivos Agroecológicos” quienes con cariño han aportado, sus conocimientos, por lo cual agradezco por su colaboración en esta investigación.

A mis amigos, familia, compañeros de clase que durante estos años en la universidad me han

enseñado una gran serie de valores y conocimientos, todos han sido de apoyo en alto porcentaje para lograr el éxito profesional

### **3. Índice General**

I.	Introducción	12
II.	Planteamiento del Problema	13
III.	Objetivos	14
3.1	Objetivo general	14
3.2	Objetivos específicos	14
IV.	Estado del arte	15
V.	Revisión Bibliográfica	16
5.1	Ecosistema	16
5.2	Sistemas agrícolas	16
5.2.1	Sistemas agrícolas convencional	16
5.2.3	Sistemas de producción agrícola sostenible	17
5.2.4	Los sistemas agrícola agroforestales	17
5.3	Agricultura en transición	17
5.4	Agroecología	18
5.4.1	Principio agroecológico	18
5.4.2	Agroecología y biodiversidad	18
5.5	Suelo	19
5.5.1	Calidad del suelo	19
5.5.2	Fertilidad del suelo	20
5.6	Biodiversidad en el suelo	20
5.6.1	Métodos para medir la biodiversidad	20
5.6.2	Clasificación de métodos por nivel de especie	20
5.7	Indicadores de la calidad del suelo	21
5.7.1	Tipos de indicadores de la calidad del suelo	22
5.7.1.1	Indicadores Químicos	22
5.7.1.2	Indicadores Físicos	22
5.7.1.3	Indicadores Biológicos	23
5.8	Clasificación de la fauna edáfica del suelo	23
5.8.1	Los macroinvertebrados en el suelo	24
5.9	Clasificación funcional de los macroinvertebrados en el suelo	24
5.9.1	Ingenieros del suelo o del ecosistema	24
5.9.2	Otras formas de clasificación	25

5.9.2.1	Impacto ecológico	25
5.9.2.1.1	Organismos epigeos	25
5.9.2.1.2	Organismos anécicos	25
5.9.2.1.3	Organismos endógenos	26
5.9.2.2	Habito alimenticio	26
5.9.2.2.1	Detritívoros	26
5.9.2.2.2	Herbívoros	26
5.9.2.2.3	Omnívoros	26
5.9.2.2.4	Depredadores	26
5.10	Los macroinvertebrados y las prácticas de manejo del suelo	27
5.10.1	Efecto del cambio y la intensidad del uso de la tierra sobre los macroinvertebrados	27
5.10.2	Efecto sobre la riqueza, diversidad y abundancia	27
5.10.3	Efecto de la labranza en las poblaciones de macro invertebrados del suelo	28
5.10.4	Efecto de la quema en las poblaciones de macro invertebrados del suelo	28
VI.	Metodología	30
6.1	Localización	30
6.2	Materiales y equipos	32
6.2.1	Materiales utilizados en fase de campo.	32
6.2.2	Materiales utilizados en fase de laboratorio.	32
6.3	Fase preliminar	33
6.3.1	Reunión con representante de MAOES.	33
6.4	Fase de campo	33
6.4.1	Delimitación de las parcelas en transición	33
6.4.2	Delimitación de área de muestreo y puntos de excavación	34
6.4.3	Recolección de macroinvertebrados	35
6.4.4	Georreferenciación de las parcelas	36
6.5	Fase de laboratorio	36
6.5.1	Reconocimiento taxonómico de organismos	36
6.6	Fase estadística	37
VII.	Resultados y discusión	38
7.1	Especialización del estudio y del suelo	38
7.1.1	Análisis Visual de Suelos	38
7.2	Inventario de macroinvertebrados	39
7.3	Determinación de la abundancia relativa	40
7.4	Determinación de la abundancia por parcela	41
7.5	Índice de Simpson (dominancia)	45
7.6	Índice de Shannon	47

7.7	Similitud por órdenes	48
7.8	Índice de similitud de Jaccard	48
8	Conclusiones	52
IX.	Bibliografía	53
X.	Anexos	60

## 2. Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Materiales utilizados en fase de campo.	32
Cuadro 2.	Materiales utilizados en fase de laboratorio.	32
Cuadro 3.	Codificación de parcelas.	34
Cuadro 4.	Georreferenciación de cada parcela.	36
Cuadro 5.	Resumen de datos obtenidos según órdenes taxonómicos.	39
Cuadro 6.	Órdenes encontrados en UM.	44
Cuadro 7.	Valores calculados con Índice de Simpson.	45
Cuadro 8.	Valores obtenidos con el Índice de Shannon.	47
Cuadro 9.	Especies reconocidas en UM.	49
Cuadro 10.	Resultados obtenidos mediante el software PAST para Índice de similitud de Jaccard.	49
Cuadro 11.	Porcentaje y grado de similitud para UM en evaluación.	50

## 3. Índice de Figuras

Figura 1.	Tipos de indicadores de la calidad del suelo. (INTAGRI 2018)	22
Figura 2.	Mapa con cantones del municipio de Atiquizaya. (EcuRed s.f)	30
Figura 3.	Origen del suelo del cantón El Iscaquillo y parcelas en evaluación. (MARN 2014).	31
Figura 4.	Delimitación de áreas de estudio en parcela 4.	34
Figura 5.	Distribución de puntos muestreados.	34
Figura 6.	Punto de excavación.	35
Figura 7.	Búsqueda de macroinvertabrado. ....	34
Figura 8.	Almacenamiento en medio líquido de muestras.	35
Figura 9.	Ubicación geográfica de las unidades de muestreo.	36
Figura 10.	Reconocimiento taxonómico de macroinvertebrados en laboratorio.	37
Figura 11.	Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 1.	41
Figura 12.	Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 2.	42
Figura 13.	Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 3.	43
Figura 14.	Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 4.	44

## 4. Índice de Gráficas

Gráfica 1.	Determinación de macroinvertebrados por fecha de muestreo.	40
Gráfica 2.	Valores del Índice de Simpson para UM.	46
Gráfica 3.	Abundancia de especies en UM.	46
Gráfica 4.	Valores de las UM en evaluación.	48
Gráfica 5.	Relación de similitud entre UM. .	50

## 5. Índice de Anexos

- Anexo 1 Resultado del análisis visual del suelo.60
- Anexo 2. Distribución de parcela 1.61
- Anexo 3. Georreferenciación de parcelas y puntos muestreados.61
- Anexo 4. Macroinvertebrados recolectados en parcelas evaluadas.64
- Anexo 5. Recolección de macroinvertebrados.65
- Anexo 6. Reconocimiento de macroinvertebrados en Facultad de Ciencias Agronómicas.65
- Anexo 7. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 1.66
- Anexo 8. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 2. 67
- Anexo 9. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 3.68

## Resumen

La presente evaluación pretende brindar una base teórica relacionada al uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos para la calidad y salud del suelo, así como también procura ser de ayuda para los productores del municipio de Atiquizaya y el punto de partida para otros estudios de esta índole en dicha zona por parte de MAOES. Para evaluar la macroinvertebrados, se utilizó como base la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Posterior a ello se procedió a realizar la identificación taxonómica de los ejemplares, para conocer su clasificación, funciones ambientales, roles, servicios eco sistémicos, hábitos alimenticios e impacto ecológico que estos tienen en el suelo donde habitan. La identificación taxonómica se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador ubicada en Final 25 Avenida Norte, Ciudad Universitaria, Municipio de San Salvador.

Los macroinvertebrados encontrados en los suelos de Atiquizaya, fueron identificados conforme a su orden y familia. Se reconocieron un total de 12 órdenes, en los cuales se distribuyen 15 familias y 1 sub familia. Los órdenes que fueron encontrados con mayor frecuencia en las parcelas son: *Coleóptera*, *Crassiclitellata*, *Blattodea* e *Hymenoptera*, los dos primeros órdenes, fueron encontrados en todas las parcelas muestreadas, siendo los especímenes del orden *Coleóptera* los más abundantes.

Palabras clave: Biodiversidad, macroinvertebrados, indicador biológico, clasificación, conservación, transición.

## Abstract

This evaluation aims to provide a theoretical basis related to the use of macroinvertebrates as biological indicators for the quality and health of the soil, as well as to be of help to the producers of the municipality of Atiquizaya and the starting point for other studies of this nature in said area by MAOES. To evaluate the macroinvertebrates, the methodology of the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program was used as a basis. After that, the taxonomic identification of the specimens was carried out, to know their classification, environmental functions, roles, ecosystem services, eating habits and ecological impact that they have on the soil where they live.

The taxonomic identification was carried out at the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador located at Final 25 Avenida Norte, Ciudad Universitaria, Municipality of San Salvador.

The macroinvertebrates found in the soils of Atiquizaya were identified according to their order and family. A total of 12 orders were recognized, in which 15 families and 1 subfamily are distributed. The orders that were most frequently found in the plots are: *Coleóptera*, *Crassiclitellata*, *Blattodea* and *Hymenoptera*, the first two orders, were found in all the sampled plots, being the specimens of the order *Coleóptera* the most abundant.

Keywords: Biodiversity, macroinvertebrates, biological indicator, classification, conservation, transition.

## I. Introducción

El recurso suelo es fundamental para la sostenibilidad de los agroecosistemas, este cumple funciones esenciales: actúa como medio para el crecimiento de plantas y desarrollo de la actividad biológica, regula la reserva y flujo de agua, a su vez degrada compuestos contaminantes para el ambiente. Para que estas funciones se desarrollen con normalidad, es necesarios que intercedan una gran serie de organismo que residen en el suelo, los cuales no suelen ser tomados en consideración cuando se cultiva de forma convencional.

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante, puede ser afectada por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos. (Rendón *et al.* 2011).

Los macroinvertebrados en el suelo están compuesto por gran cantidad de especies, las cuales cumplen con funciones establecidas por la naturaleza, su riqueza se encuentra en mantener la sostenibilidad del mismo. Un suelo rico en macroinvertebrados, permite conocer la esencia del mismo, y nos permite conocer sus posibles cualidades. Muchos agricultores al desconocer de su importancia, deciden erradicar todo tipo de vida que no sea la del cultivo destinado, impidiendo el adecuado ciclaje de nutrientes e interfiriendo en la salud y sostenibilidad del suelo. El presente trabajo pretende desarrollar y sintetizar parte de la información recabada en las últimas décadas a nivel mundial con la finalidad de conocer como sirven de indicadores biológicos los macroinvertebrados encontrados en los suelos de los productores del Municipio de Atiquizaya.

## II. Planteamiento del Problema

En los sistemas productivos de las diferentes zonas de El Salvador, el cambio del uso de la tierra provoca la pérdida de la biota y la degradación del hábitat, afectando a los servicios ecosistémicos. Este tipo de afectaciones han sido poco estudiadas en el territorio nacional, por ende, existe un vacío de conocimiento sobre el estudio de la macrofauna, en específico de los macroinvertebrados, estos son pocos o nada considerados al momento de establecer los diferentes cultivos agrícolas.

Las prácticas convencionales como: labranza con uso de maquinaria industrial, uso de insumos químicos, riegos inapropiados, entre otros, generan reducción o eliminación de especies, también disminución de la biomasa de la que se alimentan muchas de las poblaciones de macroinvertebrados que existen en estos suelos; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, los macroinvertebrados se ha establecido como un indicador biológico de la calidad de los suelos.

Los organismos macroinvertebrados tienen alto impacto en los cultivos y en la calidad del suelo a trabajar, pues nos sirven como punto de referencia, para conocer las condiciones actuales en la que estos se encuentran. A su vez nos ayudan a planificar de forma apropiada su uso, al ser responsables de la acumulación y descomposición de la materia orgánica de los suelos, beneficiando o afectando a las transformaciones de dicha materia orgánica, los nutrientes, y de algunas de las fracciones minerales de los mismos como sales y arcillas, es por ello que esta investigación es de gran interés para el sector productivo de granos básicos pertenecientes al municipio de Atiquizaya, pues brinda un cúmulo de conocimientos que ayudarán al desarrollo de sus actividades productivas.

¿Será que se puede conocer las condiciones biológicas del suelo con respecto a la diversidad, abundancia y riqueza de los macroinvertebrados?

### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- ✓ Evaluar como los macroinvertebrados asociados al sistema suelo ejercen distintas acciones en los cultivos, sirviendo de bioindicadores en la calidad, condición y salud del mismo, en las propiedades de los productores del municipio de Atiquizaya, mediante el uso de la metodología Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Identificar las prácticas agrícolas actuales que los productores utilizan al momento de establecer sus cultivos y su incidencia en la biodiversidad, abundancia y dominancia de los macroinvertebrados que se encuentran en el suelo.
- ✓ Determinar la riqueza, diversidad, y similitud entre las parcelas en evaluación al clasificar taxonómicamente los macroinvertebrados encontrados en las diferentes unidades a producir con enfoque agroecológico.

#### IV. Estado del arte

##### **Estudio realizado en Nicaragua**

Salgado (2017) en su trabajo da a conocer algunas prácticas adecuadas de conservación del suelo con el fin de mejorar el ecosistema para sus componentes vivos, comparándole con el ecosistema bosque y parcela convencional. A su vez evalúa parámetros físicos-químicos en obras de conservación y convencional.

##### **Estudio realizado en Perú**

La investigación realizada en Perú, evaluó la forma en cómo interactúan los macroinvertebrados en cuatro sistemas productivos de cacao. Los resultados obtenidos por Torres (2015) arrojan que en el periodo lluvioso hay mayor concentración de macroinvertebrados del suelo de los órdenes: *Hymenoptera*, *Haplotaxiada*, *Isoptera*, *Diplopoda* y *Quilopoda*, debido a las condiciones ambientales (precipitaciones), más la disponibilidad de materia orgánica diversa y abundante, la cobertura de suelo y la humedad.

##### **Estudio realizado en Colombia**

Según Rendón *et al* (2011) el objetivo de su investigación fue determinar las poblaciones de macroinvertebrados presentes en el suelo bajo cultivos de mora, pasto y aguacate. Se evaluó las condiciones físicas y químicas de estos suelos y se identificaron las familias de macroinvertebrados con su respectivo número de individuos. La mayor cantidad de macroinvertebrados se encontró en los primeros 10 cm, siendo el cultivo de mora el que registró la mayor diversidad.

##### **Estudio realizado en Cuba**

En el estudio realizado por Cabrera (2009) se caracterizó la macrofauna edáfica mediante su riqueza taxonómica, diversidad, abundancia y composición funcional en siete sistemas de uso de la tierra del occidente de Cuba (bosques primarios siempre verdes, bosques secundarios semidecíduos, sistemas silvopastoriles, pastizales, cañaverales, cultivos varios y agroecosistemas urbanos), para evaluar el estado de conservación/perturbación de estos sistemas sobre la macrofauna, y proponer indicadores de la calidad del suelo.

##### **Estudio realizado en El Salvador**

En la investigación realizada por Santos (2016) se puede encontrar la descripción de las fincas evaluadas, en donde se determinó el coeficiente de biodiversidad y se estudió la composición de las comunidades de macroinvertebrados edáficos en sistemas de producción agroecológico y convencional, además de utilizar un bosque de pino como referencia para la comparación de las comunidades de macroinvertebrados edáficos.

## V. Revisión Bibliográfica

### 5.1 Ecosistema

Un sistema ecológico o ecosistema es un sistema funcional de relaciones complementarias entre los organismos vivientes y su ambiente, delimitado por fronteras definidas arbitrariamente, en un tiempo y espacio que parece mantener un estado estable de equilibrio, pero a la vez dinámico (Gliessman *et al* 2007).

Según Esterheld, (2008) en la gran variedad de ecosistemas existentes, se puede encontrar una gran serie de factores bióticos (animales vertebrados e invertebrados, plantas, hongos, protistas, bacterias, etc.), a cuya agrupación denominaremos biocenosis y, por otro lado, tenemos los factores abióticos (factores físicos y químicos del lugar donde habitan, como el clima o el tipo de suelo) que constituye el llamado biotopo.

### 5.2 Sistemas agrícolas

Los sistemas de producción agrícola se definen como el conjunto de técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas. Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas. Las puntuaciones de los sistemas de producción agrícola se obtienen a partir de los siguientes indicadores (Vargas 2017).

#### 5.2.1 Sistemas agrícolas convencional

Con la llegada de la revolución verde, surgió lo que actualmente se conoce como la agricultura convencional, este tipo de agricultura se basa en dos principios, uno de ellos es maximizar la producción y el otro maximizar las ganancias económicas (Gliessman 1998).

El modelo agrícola convencional tiene como base seis prácticas fundamentales, conforme a lo descrito por Gliessman (1998) estas son:

- Labranza intensiva
- Monocultivos
- Irrigación
- Aplicación de fertilizantes inorgánicos
- Control químico de plagas
- Manipulación genética de los cultivos

Martínez (2004) indica que la labranza y los monocultivos son los mayores causantes de procesos erosivos en los suelos, esto debido a la exposición del suelo a factores ambientales por la falta de cobertura vegetal, los monocultivos también tienen un efecto negativo en la biodiversidad del ecosistema ya que manejan una sola especie en grandes espacios del predio que a la vez afecta la fertilidad del suelo.

En la actualidad la agricultura convencional es apoyada estatalmente y se está incentivando el uso de paquetes que incluyen maquinaria agrícola, fertilizantes y plaguicidas sintéticos entre otras prácticas (Caldas 2013).

### **5.2.3 Sistemas de producción agrícola sostenible**

La sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola se refiere a la capacidad del sistema para mantener su productividad a pesar de las perturbaciones económicas y naturales, externas o internas. La sostenibilidad es función de las características naturales del sistema y las presiones e intervenciones que sufre, así como aquellas intervenciones sociales, económicas y técnicas que se hacen para contrarrestar presiones negativas; destacándose la resiliencia del sistema (Martínez 2009).

### **5.2.4 Los sistemas agrícola agroforestales**

Estos sistemas retienen una parte sustancial de especies de la vegetación original dentro del paisaje manejado por la actividad humana. Este sistema de uso de la tierra aplica simultáneamente varios principios agroecológicos, como la conversión de energía solar en biomasa a través de una vegetación estratificada, la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, la rehabilitación de suelos degradados, el reciclaje de nutrientes y la conservación de la biodiversidad (López-Vigoa *et al.*, 2017).

Este sistema de uso agrícola se caracteriza, por lo general, por una intensa actividad biológica del suelo que se vincula con la presencia de los árboles, los cuales proporcionan un incremento en la deposición de hojarasca, una cobertura edáfica permanente, una mejor estructura del suelo, la adición de una importante cantidad de materia orgánica, y una mayor protección y disponibilidad de agua gracias a su profundo y perenne sistema radical (Lavelle *et al.*, 2003).

## **5.3 Agricultura en transición**

Para dar el salto de una agricultura con enfoque de revolución verde, a una agroecológica se requiere pasar por una serie de etapas, conocidas como Agricultura Transicional. La cual busca cambiar progresivamente las prácticas agrícolas convencionales por prácticas alternativas o agroecológicas, para lograr esta transición existen unos lineamientos ya planteados, en primer lugar

la reducción de insumos dentro de los sistemas productivos, en segundo lugar reemplazar estos insumos por nuevas prácticas alternativas menos dañinas para el ecosistema, y en tercer lugar lograr un rediseño del agro ecosistema para que funcione en equilibrio con el entorno natural (Gliessman *et al.* 2007).

#### **5.4 Agroecología**

La agroecología surge como un nuevo campo de conocimiento científico con diferentes implicaciones epistemológicas, metodológicas y prácticas; que delinean una disciplina, y ayuda social, política y éticamente a resolver dicha problemática en el agro nacional (Altieri y Toledo 2011).

La agroecología es la ciencia que aplica diferentes conceptos y principios ecológicos para desarrollar y manejar adecuadamente un agro ecosistema, sin perder de vista los demás componentes del sistema. (Gliessman *et al.* 2007).

Según Martínez (2004) esta ciencia no solo abarca la producción de alimentos; sino, que toma en cuenta los aspectos culturales, sociales y económicos, que se relacionan e influyen en sus procesos.

##### **5.4.1 Principio agroecológico**

El principio agroecológico es la diversidad ecológica, la rotación e intercalado de cultivos y el reciclaje de nutrientes con la integración de animales. El desarrollo de la agroecología es un principio ambiental simple, que regenera los recursos agrícolas y rescata el conocimiento local sobre el ambiente (Martínez 2004).

Según Altieri (2004) la agroecología aplica los principios básicos de la ecología al diseño manejo de agroecosistemas sostenibles. Los principios de la agroecología incluyen la conservación de recursos naturales y agrícolas (agua, capital, energía, suelo, y variedades genéticas); el uso de recursos renovables; la minimización del uso de productos tóxicos.

La agroecología implica un enfoque holístico, centrado no sólo en la producción, sino también en la sostenibilidad del sistema productivo, el respeto al medio ambiente, aspectos socioeconómicos, etc. (Altieri y Nicholls 2004).

##### **5.4.2 Agroecología y biodiversidad**

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable. La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos

se pierden, los costos pueden ser significativos. En esencia, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus varios componentes (Altieri y Nicholls 2007).

## **5.5 Suelo**

El suelo se define como un componente de la tierra, con una formación vegetal y manejo determinado (definida desde 1976 en el Esquema de Evaluación de tierras de la FAO), este concepto tiene un mayor alcance porque comprende además la vegetación, otros integrantes de la biota, procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro de un sistema, y el ambiente biofísico y socioeconómico que lo rodea (Bautista *et al.*, 2004).

El suelo es un recurso natural esencial que proporciona servicios ecosistémicos en los cuales algunos invertebrados están involucrados. En el perfil del suelo se alojan comunidades diversas de animales que están organizadas en niveles de acuerdo al tamaño y cada componente tiene un rol determinado en su nicho específico, que difícilmente puede ser reemplazado por otros presentes en el sistema. Incluye una variedad de organismos con tamaños y estrategias adaptativas muy diferentes, especialmente en cuanto a la movilidad y modo de alimentación, lo que determina como influyen en los procesos del suelo (Zerbino 2010).

### **5.5.1 Calidad del suelo**

La calidad y salud del suelo son conceptos globales y equivalentes, que implican su capacidad continua de funcionamiento dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, para sostener la productividad biológica, mantener o mejorar la calidad del aire y el agua y favorecer la salud de las plantas, los animales y los humanos (Bautista *et al.*, 2004).

Con respecto a la calidad del suelo se realizan diversas afirmaciones, basadas en la posibilidad de este recurso, ya que puede funcionar adecuadamente con relación a un uso específico y las más actuales reflejan la multifuncionalidad del suelo. En síntesis, el concepto de calidad incluye atributos tales como la fertilidad, la productividad potencial, la sostenibilidad, la calidad medio ambiental y la salud.

Según Bautista *et al.* (2004) a pesar de su importancia, la ciencia del suelo no ha avanzado lo suficiente para definir claramente lo que se entiende por calidad. El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo:

1. Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible).
2. Atenuar contaminantes ambientales y patógenos calidad ambiental.
3. Favorecer la salud de plantas, animales y humanos.

### **5.5.2 Fertilidad del suelo**

Por su parte, la concepción de suelo fértil encierra solo el potencial para abastecer de suficientes nutrientes al cultivo, asegurando su crecimiento y desarrollo, y es más usado en el contexto agropecuario y forestal (Calderón *et al.* 2002). En el pasado, el concepto de calidad fue equiparado con el de productividad agrícola por la poca diferenciación que se hacía entre tierra y suelo.

### **5.6 Biodiversidad en el suelo**

El concepto de biodiversidad se refiere en general a la variabilidad de la vida y a los ecosistemas, constituye el capital social natural de las naciones.

La biodiversidad proporciona varios servicios benéficos para la preservación del medio ambiente, entre ellos están la degradación de desechos orgánicos, la formación de suelos y el control de la erosión, la fijación del nitrógeno, el incremento de los recursos alimenticios, el control biológico de plagas, la polinización de las plantas, la elaboración de medicinas farmacéuticas y naturistas, entre muchos otros. Entre las causas que contribuyen a que en un país o región se cuente con diversidad biológica están la topografía, la variedad de climas y la historia geológica, biológica y cultural (Morales *et. al* 2011).

#### **5.6.1 Métodos para medir la biodiversidad**

Según Escalante y Morrone (2001). existen muchos métodos para medir la biodiversidad de especies en el suelo. La forma más simple de medir la biodiversidad es por medio de parámetros como riqueza o número de especies en un área dada. Al considerar que las especies interactúan dentro y entre comunidades, también puede ser opcional cuantificar estas propiedades, a través de las mediciones de las diversidades alfa, beta y gamma

#### **5.6.2 Clasificación de métodos por nivel de especie**

Escalante y Morrone (2001) clasifican distintos métodos para medir los diferentes tipos de diversidad. Los métodos para medir la diversidad alfa son clasificados en:

##### **1- Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes:**

En estos se describen índices (riqueza específica, Margalef, Menhinick y Williams), rarefacción, funciones de acumulación (logarítmica, exponencial y de Clench) y modelos no paramétricos (Chao 2, Jackknife de primer y segundo orden, y Bootstrap) (Escalante y Morrone 2001).

## **2- Métodos basados en la estructura de la comunidad.**

Estos son clasificados en modelos paramétricos (series geométrica, logarítmica, distribución log-normal y modelo de vara quebrada), no paramétricos (Chao 1 y estadístico Q) e índices de abundancia proporcional (índices de dominancia como el de Simpson e índices de equidad como el de Shannon-Wiener) (Escalante y Morrone 2001).

## **3- Métodos para medir diversidad beta**

En cuanto a los métodos para medir la diversidad beta, se presentan inicialmente en tres grandes grupos: índices de similitud/disimilitud o distancia, índices de remplazo de especies (v. gr. Whittaker, Cody y Routledge) y complementariedad. (Escalante y Morrone 2001).

No existe un método mejor a otro. Sin embargo, se hacen tres consideraciones muy importantes para ser tomadas en cuenta:

- 1- Nivel de biodiversidad que se quiere analizar;
- 2- El grupo biológico del que se trata, la disponibilidad de datos y los trabajos previos.
- 3- Las restricciones matemáticas de algunos índices y los supuestos biológicos en los que se basan (Escalante y Morrone 2001).

Los métodos de medición del nivel de comunidades, pueden analizarse, al igual que la diversidad alfa de especies, como la riqueza (número de comunidades distintas en un paisaje) o la estructura (proporción de cada comunidad dentro de un paisaje o heterogeneidad). Así, es posible aplicar el índice de Shannon-Wiener.

## **5.7 Indicadores de la calidad del suelo**

Los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier *et al.* 2002).

Los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos, y son usados en muchas esferas del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc.) (López- Vigoa *et al* 2017).

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

### 5.7.1 Tipos de indicadores de la calidad del suelo

La identificación de los indicadores de la calidad del suelo es actualmente un problema universal, debido a la importancia de este recurso para la producción vegetal y para la alimentación animal y humana. Por lo general, se han utilizado un grupo de variables para predecir la salud del suelo, a partir del estado de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. (Escalante y Morrone 2001).



Figura 1. Tipos de indicadores de la calidad del suelo. (INTAGRI 2018)

#### 5.7.1.1 Indicadores Químicos

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos. Entre ellos se encuentran la disponibilidad de nutrientes, el carbono orgánico total, el carbono orgánico lábil, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, los cambios en la materia orgánica, el nitrógeno total y el nitrógeno mineralizable (García *et al* 2012).

#### 5.7.1.2 Indicadores Físicos

Según Navarro *et al.* (2008), las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, ya que no se pueden mejorar fácilmente. La calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero, y conlleva un incremento de la producción agrícola.

La calidad física del suelo no se puede medir directamente, pero se infiere a través de los indicadores de la calidad (estáticos o dinámicos) y de la medición de los atributos que están influenciados por el uso y las prácticas de manejo. La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad (García *et al* 2012).

### 5.7.1.3 Indicadores Biológicos

La importancia de la evaluación de las propiedades biológicas del suelo, se relaciona estrechamente con la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma, ya que los subproductos de su acción influyen de forma directa en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Astier *et al.* 2002).

Los indicadores biológicos integran una gran cantidad de factores que intervienen en la calidad del suelo, como la abundancia, densidad y los subproductos de macroinvertebrados. Estos rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, turrículos o compartimientos; afectan los procesos de manera directa (incorporación y redistribución de varios materiales) o indirecta (formación de comunidades microbiales, transporte de propágulos, antibiosis o reducción selectiva de la viabilidad) (García *et al.* 2012).

Se consideran como indicadores biológicos a la población de lombrices y el rendimiento de los cultivos. Las propiedades biológicas y bioquímicas (respiración del suelo, biomasa microbiana, microorganismos y otros) son más sensibles y son parámetros valiosos en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y los procesos de transformación de los residuos orgánicos. Además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fáciles de medir. (Navarrete *et al.* 2011)

Los diversos grupos de la fauna edáfica del suelo son muy sensibles a los cambios que ocurren en el medio edáfico por causas naturales o antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad; por esta causa son considerados como certeros indicadores del estado ecológico del suelo.

### 5.8 Clasificación de la fauna edáfica del suelo

La fauna del suelo constituye el 10 % de esta biota, y comprende aquellos organismos que pasan toda o una parte de su vida en el interior del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca superficial, en los troncos caídos en descomposición y en otros ambientes anexos llamados suelos suspendidos (Brown *et al.*, 2001).

Según Fragoso *et al.* (2018), de acuerdo a la talla del animal adulto y su forma de vida, existe una clasificación primaria de la fauna del suelo que la divide en microfauna, mesofauna y macrofauna.

**La microfauna:** contempla organismos acuáticos menores de 0,2 mm de longitud y 0,1 mm de diámetro, que pueden ser hallados en el agua contenida entre las partículas del suelo, e incluye a los

nematodos, protozoos y rotíferos. (Fragoso *et al.* 2018).

**La mesofauna:** agrupa a individuos microscópicos, de 4 mm de longitud y entre 0,2 a 2 mm de diámetro. Vive en la hojarasca y/o en el interior del suelo y entre sus integrantes se pueden señalar a los ácaros del suelo, colémbolos, proturos, dipluros, psocópteros, tisanópteros o trips, paurópodos, sínfilos y enquitreidos. (Fragoso *et al.* 2018).

**La macrofauna:** está compuesta por invertebrados que poseen una longitud igual o mayor de 10 mm y un ancho de cuerpo mayor de 2 mm, por lo que se pueden detectar a simple vista. Vive también dentro del suelo o inmediatamente sobre él y reúne esencialmente a las lombrices de tierra, moluscos, cochinillas, milpiés, ciempiés, arácnidos y diversos insectos. (Fragoso *et al.* 2018)

### **5.8.1 Los macroinvertebrados en el suelo**

Los macroinvertebrados son animales visibles (diámetro > 2 mm o longitud > 10 mm) de gran importancia en el ciclo de la vida, también cumplen un rol de gran relevancia en el desarrollo y subsistencia de otras comunidades de diversos animales, en el mantenimiento, fertilidad y estructura de los suelos (Cabrera 2012).

De acuerdo con lo planteado por Zerbino *et al.* (2008), las interacciones entre todos los grupos funcionales están determinadas por los recursos disponibles en los distintos usos de la tierra.

Según Brown (1997) El estudio de los macroinvertebrados considera la división de aquellos que se encuentran en hojarasca y el suelo; en ambos casos, los macroinvertebrados pueden incluir a más de un millar de especies en un solo ecosistema, alcanzar densidades y biomasas de más de un millón de individuos y más de una tonelada por hectárea respectivamente.

Las comunidades de los macroinvertebrados 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 bioindicadores de calidad o alteración ambiental (Cabrera 2012).

## **5.9 Clasificación funcional de los macroinvertebrados en el suelo**

Para la macroinvertebrados existe una categorización funcional muy puntual, que distingue algunos de sus integrantes como:

### **5.9.1 Ingenieros del suelo o del ecosistema**

Según Jones *et al.* (1997) algunos de los miembros más notorios son las lombrices (*Crassiclitellata*), las termitas (*Isoptera*), y los organismos omnívoros como las hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*); los cuales tienen importancia en las transformaciones de la materia orgánica y

agregados, además de las propiedades físicas del suelo, al establecer canales y poros que favorecen la aireación, el drenaje, la estabilidad de agregados y la capacidad de retención de agua, así como el intercambio gaseoso. Además, generan estructuras biogénicas que son reservorios de nutrientes (e.g. heces fecales de lombrices de tierra y nidos de termitas y hormigas), controlan la disponibilidad de recursos para otros organismos y activan la microflora edáfica a través de interacciones mutualistas.

### **5.9.2 Otras formas de clasificación**

Según Lavelle (1996) existen otras clasificaciones funcionales, entre ellas dos de las más útiles, que dividen a los macroinvertebrados teniendo en cuenta su impacto ecológico en el suelo y su hábito alimentario.

#### **5.9.2.1 Impacto ecológico**

La primera separa a esta fauna en organismos epigeos, anécicos y endógeos, los cuales desempeñan un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico y reflejan estrategias adaptativas ante variadas limitaciones del ambiente. (Cabrera *et al* 2011).

##### **5.9.2.1.1 Organismos epigeos**

La macrofauna epigea incluye aquellos artrópodos, moluscos y anélidos que se desarrollan debajo la hojarasca muerta del suelo. Su diámetro promedio es de 2 a 20 mm. Los representantes más comunes incluyen algunos grupos de Coleóptera (escarabajos), Blattodea (cucarachas), Hymenoptera (hormigas), Mollusca (caracoles), Hemiptera (chinchas), Arachnida (arañas, ácaros, esquizómidos y pseudoescorpiones), Isopoda (cochinillas) y Miriapoda (cien y mil pies) (Cabrera *et al* 2011).

Una de sus funciones ecológicas es la reducción del tamaño de las partículas como primer paso en la desintegración de la materia orgánica, previo a la descomposición y reincorporación de nutrientes al suelo. Debido a que se encuentran en un estrato vertical inicial y poseen escasa vitalidad, las comunidades de fauna epigea responden ante los efectos de la fragmentación de hábitat, pérdida de cobertura vegetal y alteración del horizonte orgánico del suelo, ocasionadas por la transformación de ecosistemas por causas naturales o por el hombre (Lavelle *et al.* 1999).

##### **5.9.2.1.2 Organismos anécicos**

Lavelle (1996) menciona que los individuos anécicos se alimentan de la hojarasca de la superficie, que trasladan a sus galerías en el interior del suelo. De este modo, modifican la estructura del suelo al establecer redes semipermanentes de túneles, lo que promueve la oxigenación y la infiltración de agua. También con la translocación de la hojarasca a estratos más profundos, logran cambiar la dinámica de descomposición de la materia orgánica e influir en el ciclo del carbono y otros

nutrientes.

#### **5.9.2.1.3 Organismos endógenos**

La fauna endógena vive dentro del suelo y se alimenta de la materia orgánica -1- contenida en éste (geófaga) o de raíces vivas o muertas (rizófaga). Las especies que integran esta categoría regulan la estructura del suelo con su actividad mecánica y la formación de macroagregados formados por sus deyecciones (Lavelle, 1996).

#### **5.9.2.2 Habito alimenticio**

Según Zerbino *et al* (2008) esta clasificación refleja la contribución de la macrofauna al funcionamiento multitrófico del ecosistema (flujos de energía y mejoramiento de la calidad del suelo). A partir de su hábito trófico, se pueden reconocer los grupos funcionales de detritívoros, herbívoros, depredadores y omnívoros.

##### **5.9.2.2.1 Detritívoros**

El grupo funcional de los detritívoros, abarca gran parte de los invertebrados que habitan en el interior del suelo (endógeos) y en su superficie (epígeos). Estos últimos, son los principales encargados de triturar los restos vegetales y animales que forman la hojarasca, lo cual reduce el tamaño de las partículas de detrito e incrementa la superficie expuesta a la actividad descomponedora de bacterias y hongos.

Según Cabrera (2009) Sin la acción de los organismos detritívoros (e.g. lombrices de tierra, caracoles, cochinillas, milpiés, termitas), se hacen más lentos los procesos de descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes en el suelo.

##### **5.9.2.2.2 Herbívoros**

Por su parte, los herbívoros (Chinches, salta hojas, orugas, grillos, entre otros) se alimentan de las partes vivas de las plantas (raíces y/o partes aéreas), lo que influye sobre la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo.

##### **5.9.2.2.3 Omnívoros**

Según Zerbino *et al* (2008) los omnívoros juegan un papel parecido a los herbívoros en la regulación de los recursos (cucarachas, hormigas), al emplear todo tipo de material vivo o muerto de origen vegetal o animal en su alimentación.

##### **5.9.2.2.4 Depredadores**

Según Lavelle (1996) en esta categoría se encuentran primordialmente a los arácnidos (*Araneae*,

*Opiliones, Pseudoscorpionida*) y ciempiés (*Geophilomorpha, Scolopendromorpha*), los cuales intervienen a otros niveles de la cadena trófica al consumir material vegetal y animal vivo, respectivamente, lo que origina la riqueza y calidad de estos materiales en el suelo. Suelen consumir invertebrados y pequeños vertebrados vivos, de forma que modifican el equilibrio de sus poblaciones, el balance entre estas y los recursos disponibles en el ecosistema.

Un papel parecido en la regulación de los recursos juega por último el grupo de los omnívoros (e.g. cucarachas, hormigas), al emplear todo tipo de material vivo o muerto de origen vegetal o animal en su alimentación (Zerbino *et al.* 2008).

### **5.10 Los macroinvertebrados y las prácticas de manejo del suelo**

Las practicas realizadas en el suelo cambian según: su secuencia de cultivos, método de preparación del suelo, ingreso de materia orgánica fresca, etc. También pueden diferenciarse en escalas de tiempo de meses o años, como resultado de las perturbaciones físicas que se producen, de la distribución de los residuos y de las comunidades de plantas presentes (Lavelle *et al.* 2001). En los países más industrializados, se opta por mecanizar el manejo del suelo, lo cual puede provocar daños en su estructura, vida en el suelo y disponibilidad de nutrientes, aunque esto dependerá en gran manera los procedimientos que se realicen durante su manejo.

#### **5.10.1 Efecto del cambio y la intensidad del uso de la tierra sobre los macroinvertebrados**

El cambio del uso de la tierra y el grado de perturbación o intensidad en el manejo del suelo, provocan un impacto directo sobre la estructura de la vegetación y las propiedades fisicoquímicas del suelo, e indirecto sobre la composición taxonómica y funcional, la abundancia, riqueza y diversidad de la fauna edáfica (Lavelle *et al.* 2001).

Otros factores además de los relacionados a la vegetación y al manejo antrópico (e.g. rotación de cultivos, preparación mecanizada del suelo y aplicación de agroquímicos), que inciden sobre las comunidades edáficas, resultan ser los de origen edáfico condicionados por la pérdida de la cobertura vegetal (e.g. tipo de suelo, contenido de nutrientes y materia orgánica, pH, textura, estructura, temperatura y humedad), y los de origen climático (e.g. precipitaciones, viento, temperatura y humedad relativa del aire) (Lavelle *et al.* 2001).

#### **5.10.2 Efecto sobre la riqueza, diversidad y abundancia**

Cualquier intervención antrópica o natural genera un efecto positivo o negativo en la dinámica de la fauna del suelo, especialmente en la macrofauna. Esto debido a que son los organismos edáficos de mayor talla, con distintas estrategias de movilidad y alimentación, más expuestos en la superficie e interior del suelo, y por tanto más susceptibles a los cambios ambientales (Kamau *et al.* 2017).

### **5.10.3 Efecto de la labranza en las poblaciones de macro invertebrados del suelo**

Según Cassagne *et al.* (2003) los organismos del suelo están compuestos por numerosas especies e individuos que ocupan un amplio rango de nichos ecológicos y son buenos representantes del sistema suelo. El uso de arados, rastrillos o discos en la preparación de los campos de cultivo deteriora las propiedades físicas, químicas y biológicas. Aunque se ha reconocido que la introducción de la labranza mecanizada es uno de los factores perturbadores de la vida del suelo persisten interrogantes acerca de la respuesta de los organismos del suelo de la forma de ocurrencia de la recuperación al estrés).

Según Marín *et al.* (2007) plantea que la labranza reducida permite regenerar y mantener la estructura del suelo, aportar a la planta cantidades suficientes de alimento en el tiempo y ayudar a prevenir o suprimir plagas y enfermedades.

La diversidad, abundancia y biomasa son valiosos indicadores de los procesos de degradación que tienen lugar en los suelos agrícolas, debido a que las prácticas de manejo son la principal fuente de estrés y perturbación que provoca cambios en la estructura y función de las comunidades.

### **5.10.4 Efecto de la quema en las poblaciones de macro invertebrados del suelo**

Las quemas tienen como víctima principal el suelo, la degradación de los suelos entraña una regresión desde un estado más elevado a uno inferior, lo que supone una disminución en su capacidad productiva. El proceso de disminución en la productividad del suelo no es continuo, es decir puede darse en diferentes períodos de estabilidad o equilibrio ecológico, esto puede llevar a disminuciones en la producción vegetal, pérdida de recursos. (González 2009).

La quema es una práctica que se utiliza para facilitar la visibilidad en cultivos como la caña de azúcar, ya que con la quema, se eliminan hojas secas, evitando el deshoje manual, lo que reduce la mano de obra y ayuda a que ésta sea más eficiente; pero este tipo de prácticas están teniendo graves problemas tanto ambientales, de salud, así como a la economía de las personas, por el lado ambiental, se provoca pérdida de nitrógeno en la tierra, lo que disminuye poblaciones de microorganismos y macro invertebrados (Pérez 2016).

Con la quema los suelos pierden muchos macro invertebrados y microorganismos como hongos, algas, bacterias, protozoarios y también invertebrados del suelo como ácaros, caracoles, centrípetos, arañas, nematodos, gusanos y hormigas, los cuales llevan a cabo procesos importantes para mantener un ecosistema saludable, como el reciclaje de nutrientes, remoción de desperdicios, estructura del suelo y retención de humedad. Los fuegos en pastos y bosques causan daños severos,

además del desbalance en el ecosistema, el cual, puede tomarse muchos años para recuperarse cuando no hay intervención humana (González 2009).

## VI. Metodología

### 6.1 Localización

La evaluación se realizó en cuatro parcelas, las cuales se dedican al cultivo de granos básicos (maíz y frijol). Dichas parcelas son manejadas de forma convencional y se encuentran ubicadas geográficamente en el Cantón El Iscaquillo, Atiquizaya, Ahuachapán, El Salvador.

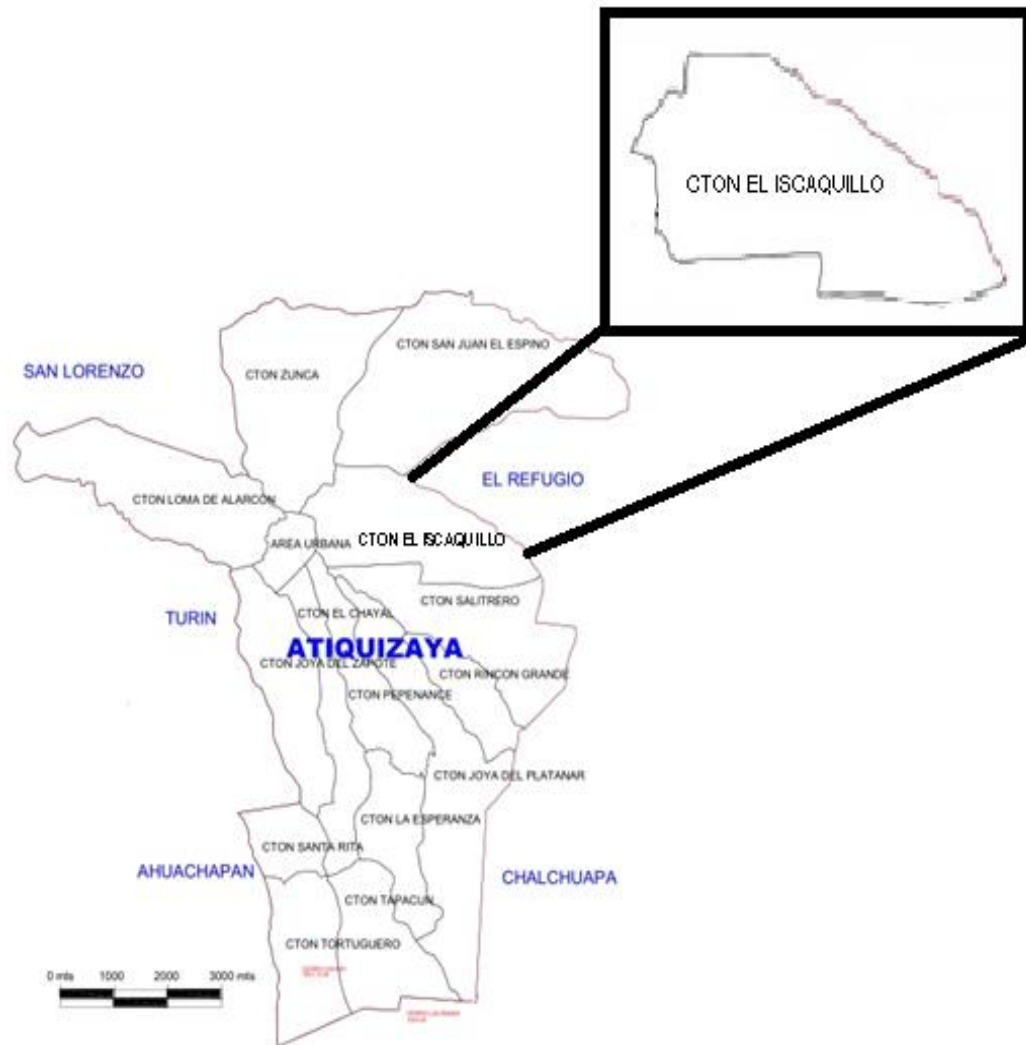


Figura 2. Mapa con cantones del municipio de Atiquizaya. (EcuRed s.f)

#### a) Condiciones climáticas:

El municipio de Atiquizaya se encuentra a 600 m.s.n.m, durante el año promedia temperaturas que oscilan entre los 28° C a 32°C y su humedad relativa promedio es del 62%. A su vez, cuenta con precipitaciones acumuladas de 1,500 mm anuales.

Las áreas evaluadas se encuentran dentro de la micro cuenca Agua Caliente, cuenca Paz. (MARN 2014).

### b) Clasificación del suelo

Los suelos en las cuatro parcelas en evaluación son clasificados como clase III y requieren de un manejo cuidadoso para contrarrestar la erosión, mantener la humedad del suelo y drenar adecuadamente la recarga hídrica que es absorbida durante el invierno.

La clasificación del suelo de las cuatro parcelas evaluadas por su origen es: **Latosoles arcillo rojizos**.

Estos suelos se encuentran bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo, aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos.

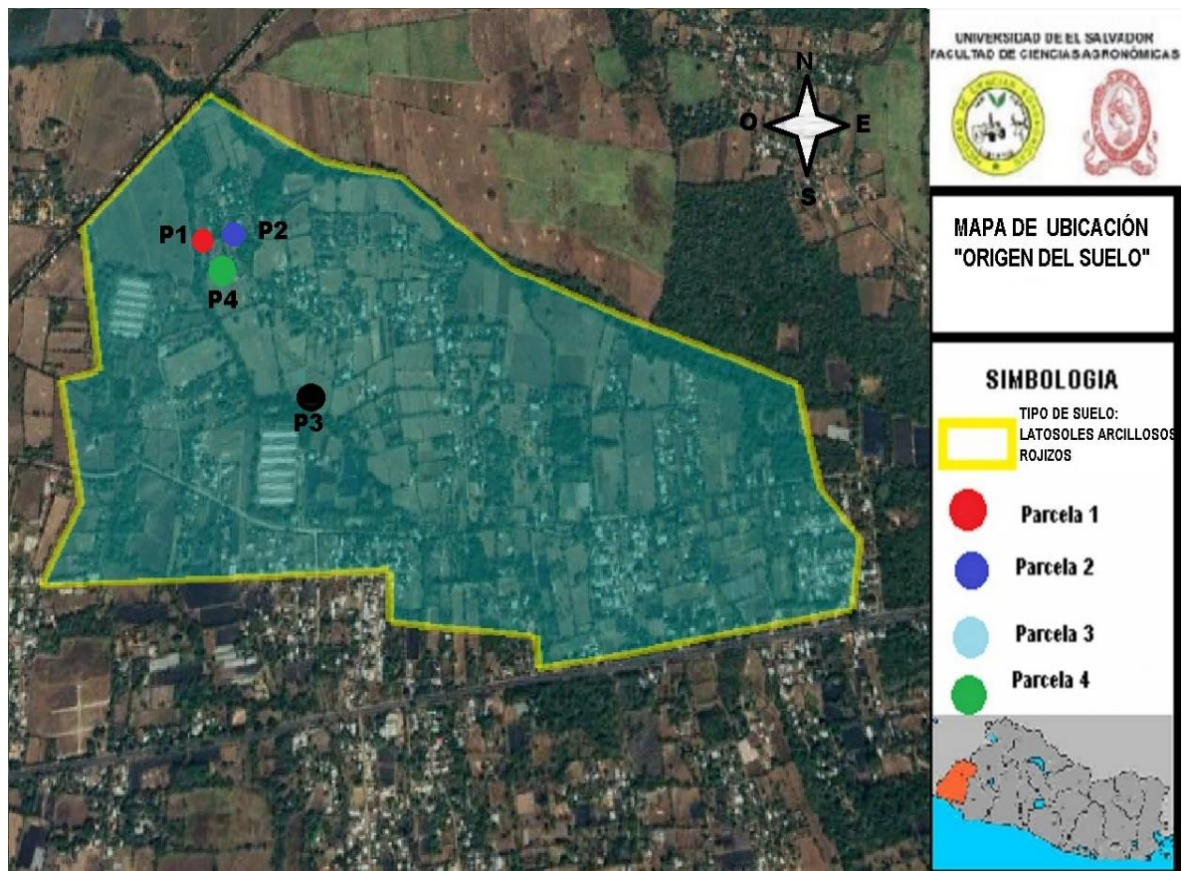


Figura 3. Origen del suelo del cantón El Iscaquillo y parcelas en evaluación. (MARN 2014).

El proceso de investigación se desarrolló en las siguientes fases:

## 6.2 Materiales y equipos

### 6.2.1 Materiales utilizados en fase de campo.

*Cuadro 1. Materiales utilizados en fase de campo.*

<b>Materiales</b>	<b>Instrumentos</b>
Bandejas plásticas.	Pala jardinera o Muestreador.
Cinta métrica.	Almaciga o martillo.
Estacas	
Libreta de apuntes.	
Marcadores permanentes	
Papel toalla.	
Pinceles o brochas.	
Pinzas entomológicas.	
Saco de nylon	
Solución preparada con alcohol etílico 70° y agua (2:1)	
Tirro	
Viales.	

### 6.2.2 Materiales utilizados en fase de laboratorio.

*Cuadro 2. Materiales utilizados en fase de laboratorio.*

<b>Materiales</b>	<b>Equipo</b>
Aguja punta fina 12 mm	Estereoscopio.
Caja Petri 60x15	
Libreta de apuntes	
Papel milimetrado	
Papel toalla	
Pinzas entomológicas de punta fina.	
Porta objetos	

### 6.3 Fase preliminar

#### 6.3.1 Reunión con representante de MAOES.

La reunión se llevó a cabo en la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en conjunto con personal docente y el Ing. Agr. Miguel Ramírez representante de MAOES. En la conversación se estableció el fin de la investigación a realizar, la problemática de interés, el tiempo de ejecución del proyecto y se determinó la metodología a utilizar para la obtención de los resultados en campo, a su vez se establecieron los recursos y herramientas necesarias para el desarrollo de la evaluación.

### 6.4 Fase de campo

Para esta fase se realizaron 4 visitas técnicas a las parcelas durante las fechas estipuladas en el gráfico 1. Los recorridos se realizaron con el fin de conocer las parcelas, su delimitación y poder realizar la extracción de los macroinvertebrados.

En las parcelas en estudio se cultiva de manera convencional los siguientes cultivos: Maíz (*Zea mays*) Frijol (*Phaseolus vulgaris*).

#### 6.4.1 Delimitación de las parcelas en transición

Se delimitó un área de 1750 m<sup>2</sup> en los espacios seleccionados por los agricultores en sus propiedades, en donde CENTA desarrolla el programa **Rescate del sistema milpa ancestral**. El programa tiene como finalidad transformar la agricultura convencional, llevándola a un enfoque agroecológico, que sea amigable, sostenible y rentable para el agricultor.



Figura 4. Delimitación de áreas de estudio en parcela 4.

Las parcelas se identificaron con el nombre del productor, codificación y fecha de muestreo. En el siguiente cuadro 3 se puede observar su distribución.

Cuadro 3. Codificación de parcelas.

Nombre	Código de Parcela	Fecha de muestreo
Salvador Antonio Solís	P1	1 de junio 2021
Miriam Leonor Calderón	P2	19 de junio 2021
Sonia Elizabeth Murgas	P3	22 de junio 2021
María Josefina Rodríguez,	P4	8 de junio 2021

#### 6.4.2 Delimitación de área de muestreo y puntos de excavación

En cada parcela en transición ( $P_{1,2,3,4}$ ) se delimitaron 3 áreas de muestreo ( $P_X P_X$ ) cada una con una dimensión de 10 m x 10 m ( $100 \text{ m}^2$ ), las cuales se tomaron como referencia para obtener 3 puntos de excavación (s1, s2, s3), haciendo un total de 9 puntos por parcela en transición.



Figura 5. Distribución de puntos muestreados.

Es de gran importancia que las condiciones de los sitios elegidos sean similares tanto en pendiente,

cobertura vegetal, tipo de suelo, entre otros. La extracción de los puntos se distribuyó formando una “V”.

#### 6.4.3 Recolección de macroinvertebrados

Con el fin de recolectar la mayor cantidad posible de macroinvertebrados en las parcelas evaluadas, se utilizó como base el método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), realizando agujeros de 25 cm de ancho X 25 cm de largo x 15 cm de profundidad, lo que genera un volumen total de 0.009375 m<sup>3</sup> de suelo extraído en cada uno de los puntos de excavación.



*Figura 6. Punto de excavación.*

Posterior a esto, se colocó el suelo extraído en bandejas plásticas, para la separación de todos los macroinvertebrados presentes en las muestras (esto se hizo IN SITU). Cada macroinvertebrados, fue sumergido y almacenado en un frasco de vidrio con la solución de alcohol etílico 70° y agua, en una proporción 2:1, esto con el fin de disminuir las pérdidas o fugas de macroinvertebrados. Posteriormente, fueron identificados en la Universidad de El Salvador.



*Figura 7. Búsqueda de macroinvertebrados.*



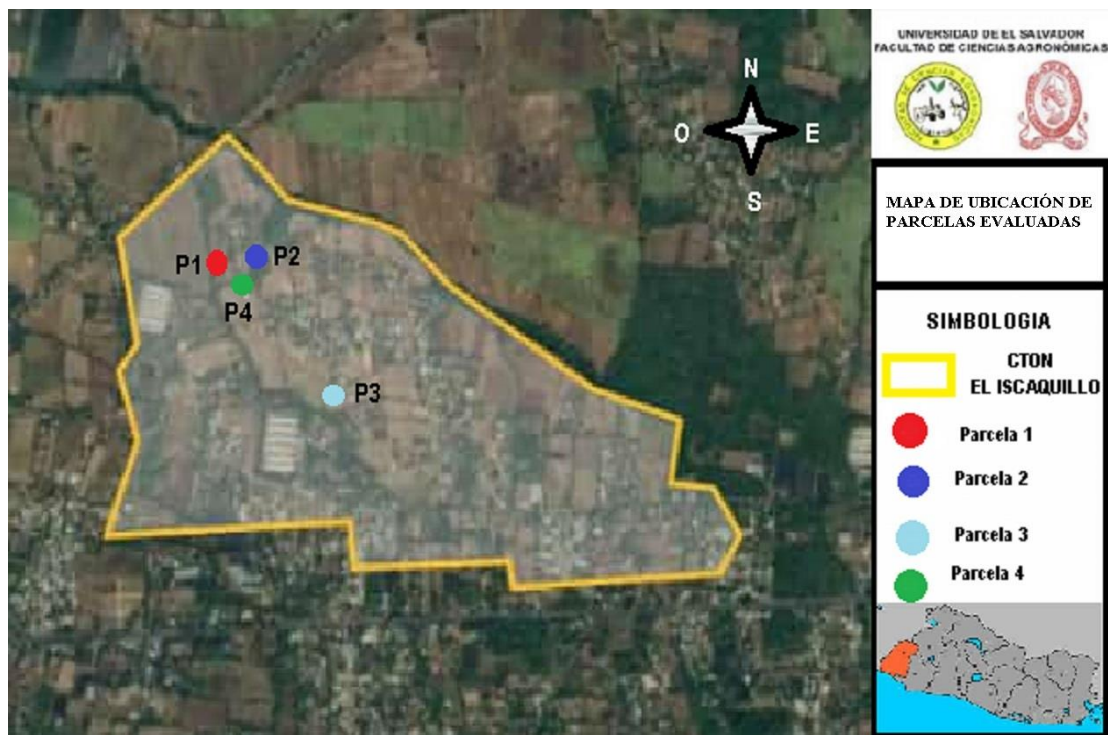
*Figura 8. Almacenamiento en medio líquido de muestras.*

### 6.4.4 Georreferenciación de las parcelas

Cada parcela fue georreferenciada utilizando la aplicación MAPinr como se presenta en el cuadro 4. Esto se realizó, con el fin de elaborar el mapa de ubicación de las parcelas en evaluación.

*Cuadro 4. Georreferenciación de cada parcela.*

Parcela	X	Y	m.s.n.m
P1	13.981887	-89.734555	653 m
P2	13.982308	-89.733925	659 m
P3	13.978798	-89.731738	670 m
P4	13.981967	-89.734256	657 m



*Figura 9. Ubicación geográfica de las unidades de muestreo.*

## 6.5 Fase de laboratorio

### 6.5.1 Reconocimiento taxonómico de organismos

La identificación taxonómica se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, en el laboratorio

Nº 3 de protección vegetal, haciendo uso del microscopio estereoscópico, con el cual, se pudo identificar de forma más detallada, los distintos niveles de órdenes y familias por comparación de características morfológicas, según las particularidades de los macroinvertebrados recolectados. Esto se realizó mediante el uso de claves, descripciones taxonómicas, material ilustrativo, en conjunto con la asesoría de profesionales destacados en esta área. Para la manipulación de los especímenes se emplearon pinzas entomológicas de punta fina, pinceles, jeringas, y para su correcta observación, se utilizó Caja Petri con un fondo de papel milimetrado. En el cuadro 2 se puede observar todos los materiales utilizados en la identificación de macroinvertebrados.



*Figura 10. Reconocimiento taxonómico de macroinvertebrados en laboratorio.*

## **6.6 Fase estadística**

En esta fase se hizo uso de dos softwares con el fin de obtener la abundancia, riqueza y similitud de los macroinvertebrados obtenidos en los puntos de muestreo. Los programas estadísticos utilizados fueron “R” para obtener el índice de Simpson (diversidad y dominancia) y de Shannon (medición de biodiversidad) y “Past” para confirmar los índices antes mencionados y a su vez obtener el índice de similitud de Jaccard (semejanza).

## VII. Resultados y discusión

### 7.1 Especialización del estudio y del suelo

El muestreo se realizó en el canton El Iscaquilio, municipio de Atiquizaya, departamento de Ahuachapan. Los suelos que predominan se ubican en el gran grupo de los Latosoles Arcillo Rojizos, estos son suelos bien desarrollados y con buena estructura, poseen un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésos.

Las parcelas evaluadas se clasifican según su capacidad de uso como clase III, estas son aptas para ser usadas para usar cultivos con aradura continuos utilizando metodos intensivos de conservacion de suelos. Requieren de un manejo cuidadoso para contrarrestar la erosión o la susceptibilidad.

#### 7.1.1 Análisis Visual de Suelos

En el Anexo 1 se presentan los resultados del análisis visual del suelo y la ponderación que se le asigna según los criterios de evaluación como pobre, moderado o bueno, para calcular el Índice de calidad del suelo y su interpretación.

Los indicadores del suelo son indicadores dinámicos, capaces de cambiar bajo los regímenes de manejos diferentes y presiones de uso del suelo, siendo sensibles al cambio, ellos advierten de forma rápida los cambios en las condiciones del suelo y constituyen una herramienta de supervisión eficaz. Según el puntaje obtenido, la finca cuenta actualmente con un suelo moderado, es por ello que se debe seguir trabajar con técnicas de conservación de suelo y agua.

#### 7.1.2 Criterio agro tecnológico

**Cultivos principales:** Los principales cultivos que se desarrollan en las parcelas evaluadas son: Maíz (*Zea mays*) Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), Ayote (*Cucurbita argyrosoerma*) y Frijol de machete (*Cannavalia*). A excepción de la parcela 1 que posee mayor extensión de terreno y diversificación de cultivos. Su mapa de ubicación y distribución puede ser visualizado en el anexo 2.

**Desarrollo de actividades agronómicas:** Los productores para la realización de las actividades

agronómicas utilizan implementos agrícolas mecanizados como tractor y aperos, y también implementos manuales como azadón, pala y cuma, con las cuales realizan sus labores en la preparación de suelo y en el manejo de los cultivos.

**Cambio de técnicas agrícolas:** Se ha iniciado el uso de *Cannavalia* como abonos verdes. Estos tienen como finalidad potencializar el uso del suelo, mejorar su estructura, e incorporar elementos que brinden sustento para el desarrollo óptimo de los cultivos principales.

**Conocimiento técnico:** Los productores poseen conocimiento empírico, el cual les permite producir alimentos para su consumo y venta, pero carecen del conocimiento científico que permite optimizar los resultados obtenidos, es por ello que la asistencia técnica brindada por CENTA y MAOES a través de capacitación y seguimiento en el manejo de sus cultivos es de mucho valor, pues permite diversificar sus producciones, y genera un cumulo de nuevas oportunidades y mercados, a la vez, que mejora la conservación del suelo y del ambiente.

**Aplicación de técnicas agroecológicas:** Se aplican técnicas agroecológicas como: uso de abonos verdes, repelentes naturales, entre otro.

## 7.2 Inventario de macroinvertebrados

Los órdenes con mayor presencia de especímenes en las parcelas muestreadas son: el orden *Coleóptera* con 95 ejemplares, *Blattodea* con 63 e *himenóptera* con 47 respectivamente. Sumados representan el 62.7% de todos los macro invertebrados recolectados en las 4 parcelas en estudio. A continuación, se detalla en el cuadro 5 la cantidad de especímenes y porcentaje específico, por cada uno de los órdenes encontrados.

*Cuadro 5. Resumen de datos obtenidos según órdenes taxonómicos.*

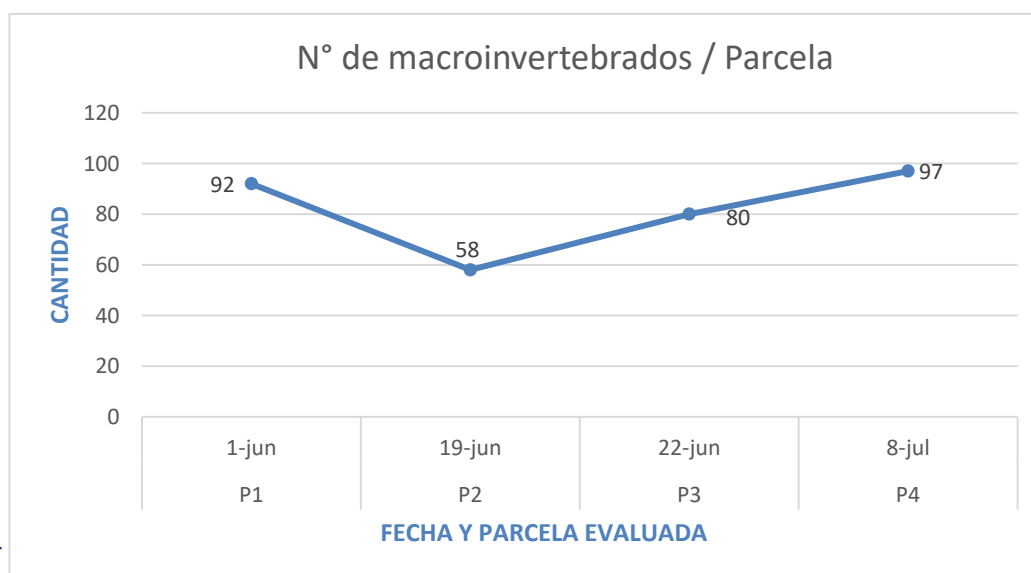
Nº	ORDEN Y NOMBRE COMÚN	Cantidad	Porcentaje
1	<i>Coleóptera: escarabajo, gallina ciega, gorgojo y gusano de alambre</i>	95	29.05%
2	<i>Blattodea: Cucarachas y termitas</i>	63	19.27%
3	<i>Himenóptera: hormigas, abejas y avispas</i>	47	14.38%
4	<i>Crassicitellata: Lombriz</i>	39	11.93%
5	<i>Chilópoda: ciempiés</i>	37	11.31%
6	<i>Araenae: araña</i>	15	4.58%
7	<i>Díptera: moscas y mosquitos</i>	10	3.05%
8	<i>Acarina: acaro</i>	9	2.75%

9	<i>Pulmonata: caracoles y babosas</i>	8	2.45%
10	<i>Lepidóptera: mariposas, polías</i>	2	0.61%
11	<i>Isópoda: cochinitas</i>	1	0.30%
12	<i>Hemíptera: chinches</i>	1	0.30%

En el anexo 4 se puede encontrar un cuadro resumen, en donde se detallan la cantidad de macroinvertebrados encontrados por parcela muestreada, área de muestreo y punto de excavación, y a su vez, se pueden encontrar con base a su nombre común, orden y familia a la que pertenecen.

### 7.3 Determinación de la abundancia relativa

En el total de parcelas evaluadas se colectaron un total de 327 especímenes, de los cuales se logró identificar el 98.17%, solamente el 1.83% no se logró determinar dentro de ningún tipo de taxón. En el total de macroinvertebrados colectados, se identificó un total de 12 órdenes, 15 familias y 1 sub familia.



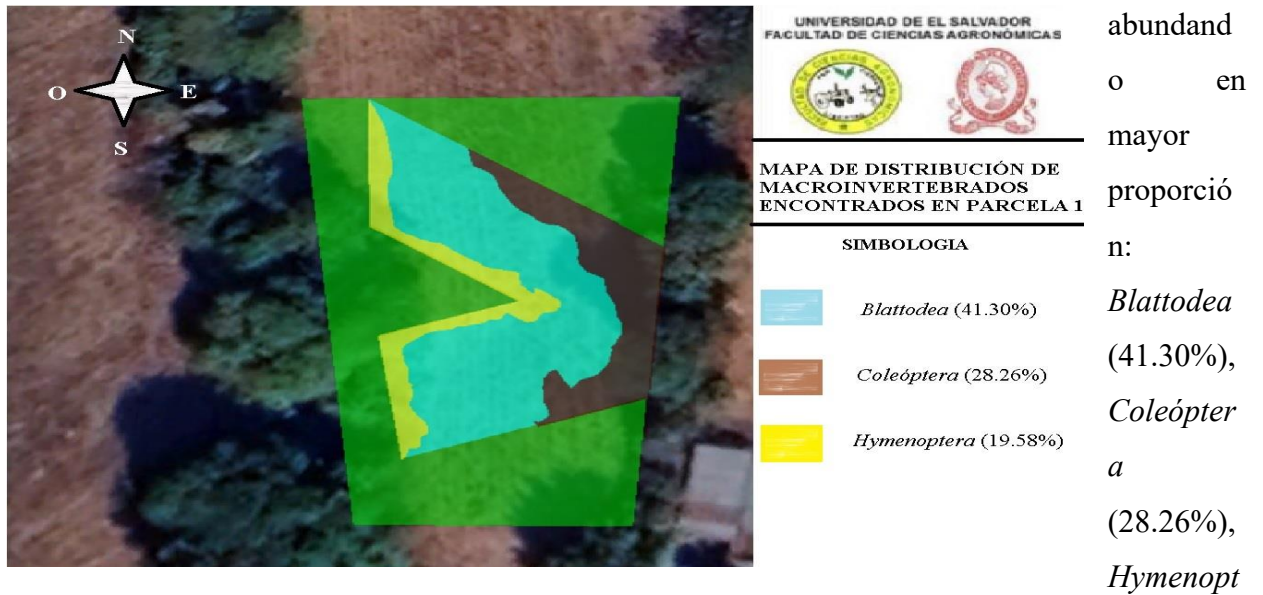
Gráfica 1.

*Determinación de macroinvertebrados por fecha de muestreo.*

La mayor densidad de especímenes fue encontrada en la parcela 4 con 97 macroinvertebrados (29.68%). El comportamiento fue similar en la parcela 1, donde se colectaron un total de 92 organismos (28.13%) en hojarasca y en suelo. Por otro lado, en la parcela 3 se recolectaron un total de 80 ejemplares (24.46%), y la menor cantidad de individuos se determinó en la parcela 2, donde solo se lograron colectar 58 macroinvertebrados (17.73%). Las muestras fueron recolectadas en época de lluvia, en los meses de junio y julio como se observa en la gráfica 1.

## 7.4 Determinación de la abundancia por parcela

En la parcela 1 se colectaron 92 organismos en hojarasca y en suelo, representados por 6 órdenes



Se pudo apreciar la presencia del orden *Crassiditellata* en dos estadios (huevo y adulto). En la figura 11 se puede apreciar la distribución de los 3 órdenes con mayor abundancia.

Figura 11. Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 1.

La parcela 2 fue el punto de muestreo con menor abundancia de macroinvertebrados, pues solo se lograron colectar un total de 58 ejemplares, pertenecientes a 7 órdenes, también se encontraron 2 organismos no identificados, los cuales sufrieron daño mecánico al ser removidos del suelo. Los órdenes que presentaron mayor dominancia son: *Crassiditellata* e *Hymenoptera* con (22.41% c/u),

*Chilopoda* (13.74%), *Acarina* y *Blattodea* con (12.07% c/u) respectivamente. En la figura 12 se muestran los 3 órdenes con mayor abundancia y su distribución.

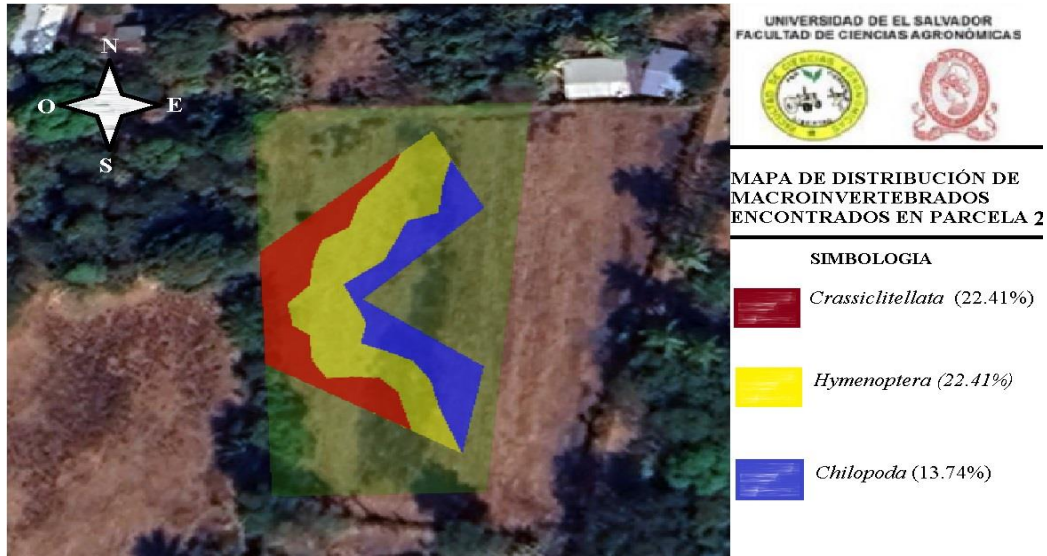


Figura 12. Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 2.

En la parcela 3 se colectaron un total de 80 macroinvertebrados, pertenecientes a 11 órdenes, a su vez se encontraron 11 organismos que no pudieron ser identificados en ninguno orden o familia, debido a que sufrieron daños mecánicos al momento de ser extraídos. Los 3 órdenes encontrados en mayor porcentaje son: *Coleóptera* (25%), *Chilopoda* (21%), *Crassiditellata* (15%) y *Díptera* (8.75%) como lo muestra la figura 13.

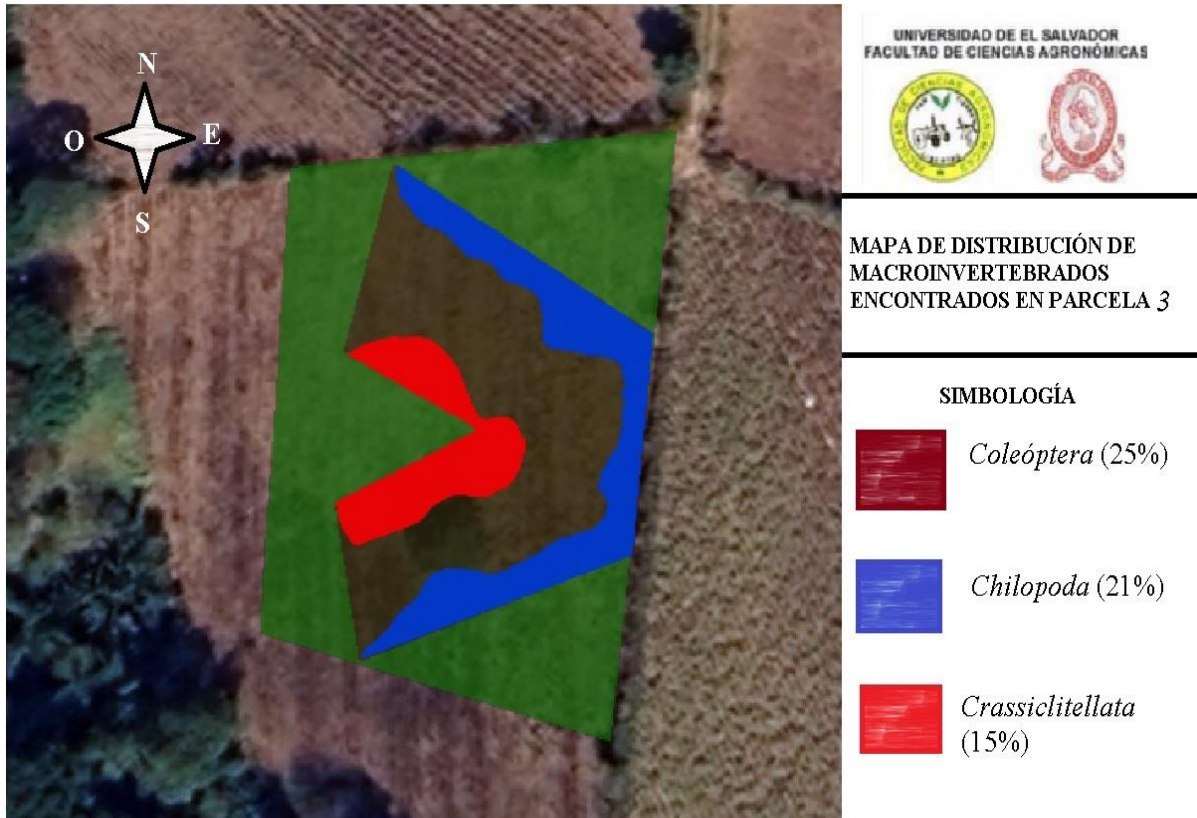


Figura 13. Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 3.

En esta parcela se pudo encontrar la mayor cantidad de órdenes, aunque no es la que tiene la mayor cantidad de macroinvertebrados colectados. En el anexo 4 se puede encontrar todos los órdenes encontrados y la cantidad de especímenes por cada orden.

De los 97 macroinvertebrados colectados en hojarasca y suelo de la parcela 4, se pudo identificar 10 órdenes. Los 3 órdenes con mayor abundancia son presentados a continuación: *Coleóptera* (44.32%), *Hymenoptera* (19.59%), *Blattodea* (12.37%). *Crassicitellata* (7.22%) como se puede apreciar en la figura 14



Figura 14. Mapa de macroinvertebrados con mayor índice de abundancia en parcela 4.

Según Barreto *et al* (2018) la menor intervención del ser humano o movimiento en ecosistemas o nula alteración del suelo favorece el establecimiento del mayor número de unidades taxonómicas, ya que provee protección, humedad constante y fuentes de alimentos en diferentes grados de descomposición para los macroinvertebrados. En el cuadro 4 se muestran todos los órdenes localizados por cada parcela evaluada.

Cuadro 6. Órdenes encontrados en UM.

P1	P2	P3	P4
<i>Araneae</i>	<i>Acarina</i>	<i>Acarina</i>	<i>Araneae</i>
<i>Blattodea</i>	<i>Araneae</i>	<i>Araneae</i>	<i>Blattodea</i>
<i>Chilopoda</i>	<i>Blattodea</i>	<i>Blattodea</i>	<i>Chilopoda</i>
<i>Coleóptero</i>	<i>Chilopoda</i>	<i>Chilopoda</i>	<i>Coleóptero</i>
<i>Crassicitellata</i>	<i>Coleóptero</i>	<i>Coleóptero</i>	<i>Crassicitellata</i>
<i>Hymenoptera</i>	<i>Crassicitellata</i>	<i>Crassicitellata</i>	<i>Díptera</i>
	<i>Hymenoptera</i>	<i>Díptera</i>	<i>Hemíptero</i>
		<i>Hymenoptera</i>	<i>Hymenoptera</i>
		<i>Isópoda</i>	<i>Lepidóptera</i>
		<i>Lepidóptera</i>	<i>Pulmonata</i>
		<i>Pulmonata</i>	

## 7.5 Índice de Simpson (dominancia)

El índice de diversidad de Simpson es una forma de medir la diversidad y dominancia de especies en una comunidad.

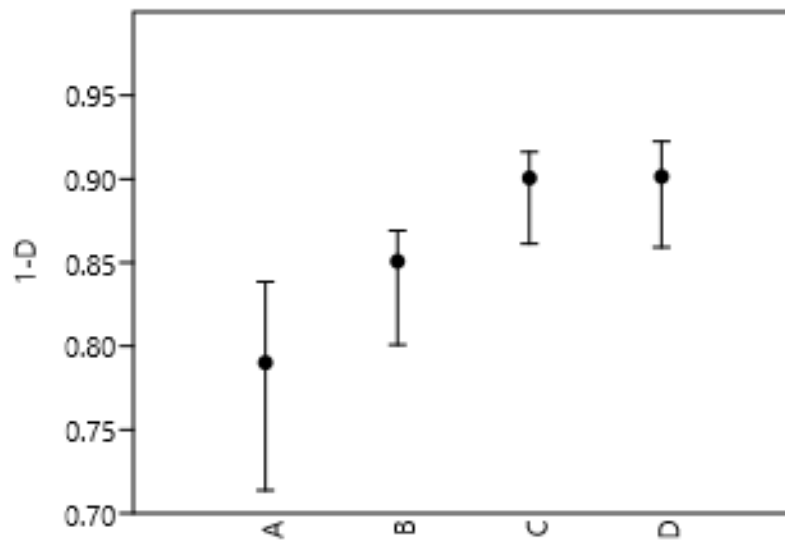
El valor del índice de diversidad de Simpson varía entre 0 y 1. Cuanto mayor sea el valor, menor será la diversidad. Dado que esta interpretación es un poco contradictoria, a menudo calculamos el índice de diversidad de Simpson como  $1 - D$  (A la inversa). Cuanto mayor sea el valor de este índice, mayor será la diversidad de especies.

Para esta evaluación se utilizaron los softwares “R” y Past cuyo cálculo se realizó bajo esta última metodología (A la inversa). Los resultados obtenidos se muestran el cuadro 7.

*Cuadro 7. Valores calculados con Índice de Simpson.*

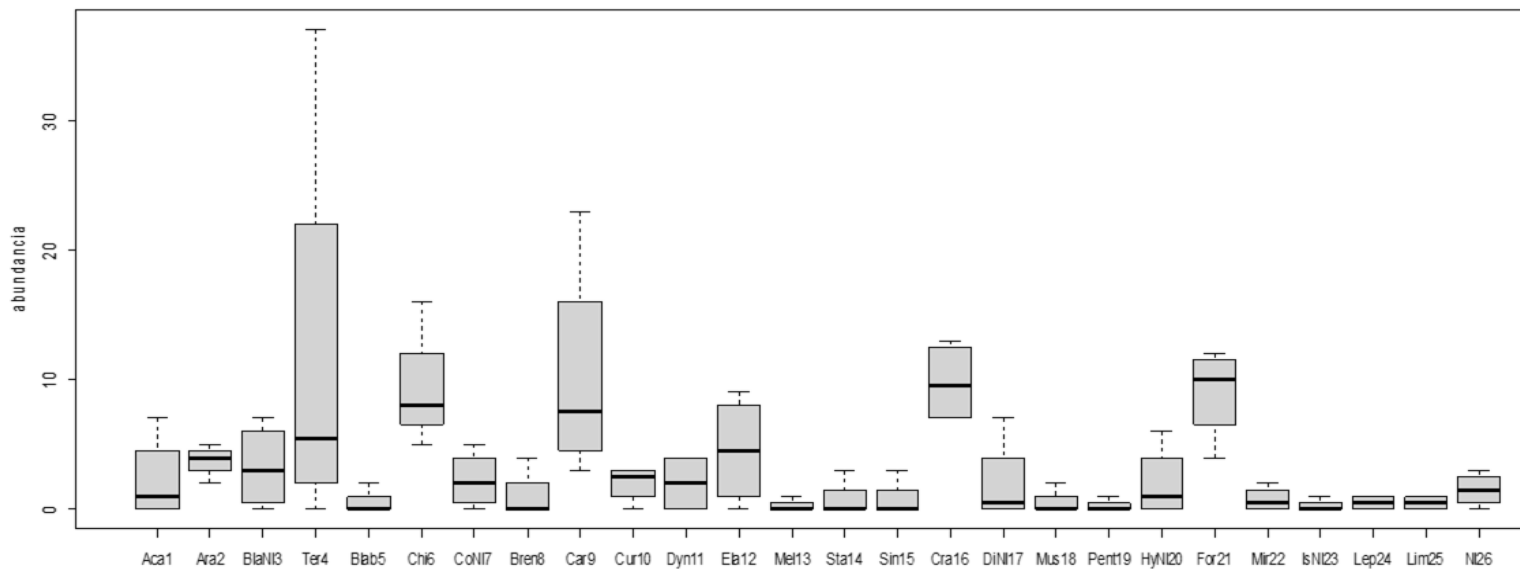
<b>Parcela</b>	<b>Índice de Simpson</b>	<b>Probabilidad (%)</b>
<b>P1</b>	0.7901701	79.01%
<b>P2</b>	0.8507729	85.07%
<b>P3</b>	0.9006250	90.06%
<b>P4</b>	0.9014773	90.14%

El índice de diversidad de Simpson (a la inversa) que mide la dominancia tuvo un valor más alejado de 1 en las parcelas 1 y 2 (ver gráfica 2) lo que nos indica que existe mayor dominancia de especies en estos puntos, por ello es más probable que en estas parcelas se puedan encontrar dos especímenes de la misma especie al realizar un muestreo aleatorio. Por su parte las parcelas 3 y 4 poseen valores más próximos a 1, lo que nos indica que la probabilidad de extraer o encontrar dos individuos pertenecientes a dos especies diferentes, es más alta, existiendo menor dominancia de especies en estos sitios de muestreo. Sus valores expresados en porcentaje son del 90.14% para la parcela 4 y del 90.06% para la parcela 3. Siendo las practicas realizadas en campo al momento de establecer sus cultivos, el factor más fundamental y determinante.



Gráfica 2. Valores del Índice de Simpson para UM.

En el gráfico 3 se puede observar las posibilidades de encontrarse con las 26 especies previamente identificadas y la abundancia con la que fueron encontradas en UM en evaluación. Las 26 especies que figuran en este grafico pueden ser observadas en el cuadro 6.



Gráfica 3. Abundancia de especies en UM.

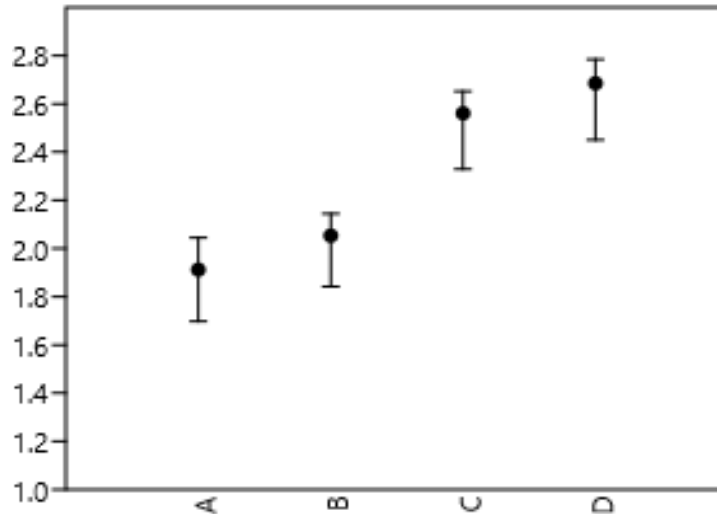
## 7.6 Índice de Shannon

Se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. Los valores obtenidos se muestran en el cuadro 8 y su distribución puede ser visualizada en la gráfica 4.

*Cuadro 8. Valores obtenidos con el Índice de Shannon.*

<b>Parcela</b>	<b>Índice de Shannon</b>	<b>Valor de diversidad</b>
<b>P1</b>	1.912287	0.5
<b>P2</b>	2.053447	
<b>P3</b>	2.560810	
<b>P4</b>	2.685404	5

El índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) mostró distintos valores para las UM. A medida que el índice de Shannon aumenta la diversidad también aumenta, por tanto, se pudo determinar que la parcela 4 y 3 son la UM con mayor diversidad, pues sus valores registrados son (2.68 y 2.56) los cuales se ubican por encima de 2.5. Esta diversidad se categoriza como normal, ya que no existe una amplia cantidad de especies, pero tampoco posee dominancia de un grupo reducido. Entre los factores a considerar para obtener este resultado, se debe de tomar en cuenta las labores realizadas en campo al momento de preparar la tierra, y la incorporación de plantas que ayuden en la mejora de la estructura del suelo, como también disponibilidad efectiva de nutrientes. Por otra parte, la parcela 1 representa el valor más reducido con 1.91 y su diversidad se categoriza como baja, esto se debe en gran manera a la mecanización que este terreno sufre al momento de ser preparado para la siembra, pues dicho productor anualmente prepara el suelo utilizando diferente tipo de aperos.



Gráfica 4. Valores de las UM en evaluación.

### 7.7 Similitud por órdenes

La similitud en las UM fue de 6 órdenes de macroinvertebrados encontrados en la hojarasca y en suelo, estos órdenes son: (*Araneae*, *Blattodea*, *Chilopoda*, *Coleóptero*, *Crassiclitellata* e *Hymenoptera*) algunos de estos ordenes no son dominantes en riqueza, no obstante, son representativos dentro de las UM; otros en cambio, representan el mayor porcentaje de ejemplares encontrados como en el caso de: *Coleóptero* (29%), *Blattodea* (19.27%), *Chilopoda* y *Crassiclitellata* (11.93% c/u). La sumatoria de estos, representan el 72.13% de la densidad de individuos encontrados en las 4 parcelas en estudio.

### 7.8 Índice de similitud de Jaccard

Las relaciones de semejanza son expresadas numéricamente, por ello, se establecen límites arbitrarios sobre una base matemática, lo que reduce la subjetividad considerablemente. Una expresión matemática muy simple para expresar la semejanza entre comunidades es el coeficiente propuesto por Jaccard (índice de Jaccard). Este índice se basa en la relación de presencia- ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas (parcelas) y en el número total de especies.

En esta evaluación se identificaron un total de 26 especies (ver cuadro 6) las cuales están compuestas por órdenes, familias, subfamilia y ejemplares no identificados. Se determinó este tipo de clasificación, debido a que algunos macroinvertebrados, no pudieron ser reconocidos en taxones de mayor grado de exactitud (familia, clase, etc.) por ello, se decidió identificarlos de manera más general con base a su orden acompañado de las siglas N/I (No identificados).

Cuadro 9. Especies reconocidas en UM.

<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<i>Araneae</i>	<i>Acarina</i>	<i>Acarina</i>	<i>Araneae</i>
<i>Blattodea NI</i>	<i>Araneae</i>	<i>Araneae</i>	<i>Blattodea NI</i>
<i>Termitidae</i>	<i>Blattodea NI</i>	<i>Termitidae</i>	<i>Termitidae</i>
<i>Chilopoda</i>	<i>Chilopoda</i>	<i>Blaberidae</i>	<i>Chilopoda</i>
<i>Coleóptero N/i</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Chilopoda</i>	<i>Coleóptero NI</i>
<i>Carabidae</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Coleóptero NI</i>	<i>Brentidae</i>
<i>Curculionidae</i>	<i>Crassiclitellata</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Carabidae</i>
<i>Elateridae</i>	<i>Formicidae</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Dynastinae</i>
<i>Crassiclitellata</i>	<i>*Mirmicidae</i>	<i>Dynastinae</i>	<i>Elateridae</i>
<i>Formicidae</i>	<i>NI</i>	<i>Elateridae</i>	<i>Melolidae</i>
		<i>Crassiclitellata</i>	<i>Staphylinidae</i>
		<i>Díptera NI</i>	<i>Cincidelinae</i>
		<i>Hymenopteras NI</i>	<i>Crassiclitellata</i>
		<i>Formicidae</i>	<i>Diptera NI</i>
		<i>Isópoda</i>	<i>Muscidae</i>
		<i>Lepidóptera</i>	<i>Pentatomidae</i>
		<i>Limacidae</i>	<i>Formicidae</i>
		<i>NI</i>	<i>Mirmicidae</i>
			<i>Hymenoptera NI</i>
			<i>Lepidóptera NI</i>
			<i>Limacidae</i>
			<i>NI</i>

Los resultados obtenidos mediante el software PAST se presentan a continuación en el cuadro 10:


Cuadro 10. Resultados obtenidos mediante el software PAST para Índice de similitud de Jaccard.

<b>Parcela</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<b>P1</b>	1	0.53846154	0.47368421	0.39130435
<b>P2</b>	0.53846154	1	0.4	0.33333333
<b>P3</b>	0.47368421	0.4	1	0.53846154
<b>P4</b>	0.39130435	0.33333333	0.53846154	1

Con base a los datos obtenidos se pudo determinar que existe baja similitud entre las UM evaluadas, ya que en las relaciones establecidas ninguna comparación se aproximó al 1. Todas las relaciones están por debajo de 0.6, lo que nos indica que existe diferencia significativa entre las parcelas muestreadas.

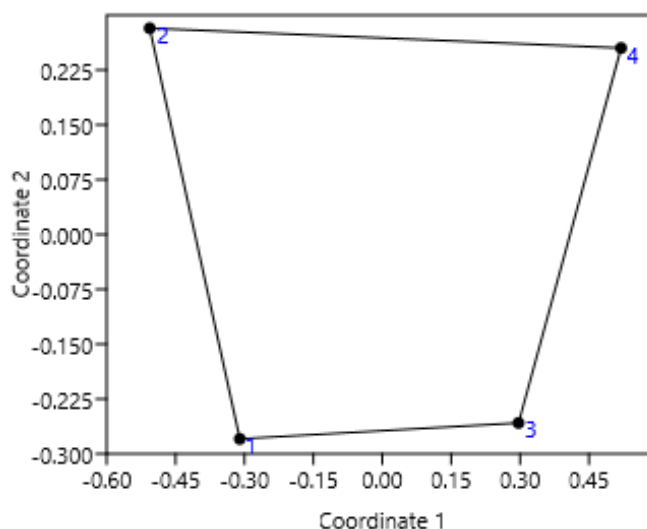
El índice de Jaccard se expresa en porcentaje dado la multiplicación última que es por 100, lo que nos expresa el porcentaje de semejanza entre las UM (parcelas) comparadas como se denota en el cuadro 11.

*Cuadro 11. Porcentaje y grado de similitud para UM en evaluación.*

Relación entre parcelas	Porcentajes de similitud	Grado de similitud en UM
<b>P1-P2</b>	53.84%	UM con mayor similitud
<b>P3-P4</b>	53.84%	
<b>P1-P3</b>	47.36%	
<b>P2-P3</b>	40%	
<b>P1-P4</b>	39.13%	
<b>P2-P4</b>	33.33%	

Se pudo identificar que las relaciones con mayor porcentaje de similitud se dieron en las parcelas P1-P2 Y P3-P4 con un 53.84% c/u respectivamente, siendo estas las que más se acercan al 60%.

La relación con menor grado de similitud se dio entre las parcelas P1-P4 con 39.13% y P2-P4 con 33.33% como se puede apreciar en la gráfica 5.



*Gráfica 5. Relación de similitud entre UM.*

La baja similitud observada entre las UM, puede ser explicada por las diferentes prácticas que utilizan los productores para trabajar sus terrenos, debido a que, aunque se laboran de forma convencional en todas la UM, la P3 y P4 incorporan el rastrojo de la cosecha saliente al suelo, lo que mejora la estructura del mismo, al igual, la reciente implementación de abonos verdes favorece la disponibilidad de nutrientes en el suelo, y aporta biomasa, de la cual se alimentan algunas especies. En cambio, las UM P1 Y P2 suele quemarlo o colocarlo en las orillas del terreno, pues consideran que no se obtiene beneficios al incorporarlo al suelo.

## 8 Conclusiones

Las prácticas agrícolas implementadas durante tiempo atrás, han influido de forma directa sobre la vida en el suelo y su diversidad. El uso que se le ha brindado al suelo, manejo y mantenimiento han generado las condiciones actuales de biodiversidad, similitud y dominancia encontradas en las parcelas en estudio.

Los datos obtenidos mediante el índice de Shannon, permiten conocer la diversidad de macroinvertebrados encontrados en las unidades de muestreo, demostrando la baja diversidad de especímenes en las parcelas 1 y 2 las cuales obtuvieron valores “bajos” y las parcelas 3 y 4 que obtuvieron valores “normales”.

La abundancia de especies se mantiene en buenas condiciones en al menos 3 parcelas de 4 evaluadas., aunque se debe de mejorar las condiciones de la parcela 1, ya que se encontraron algunas especies con alto porcentaje de dominancia, pudiendo provocar un desequilibrio natural en el ecosistema local y aledaño, debido a que la abundancia masiva de una única especie tiene valor potencial para emerger como una posible plaga dependiendo de su hábito alimenticio, ciclo de vida, entre otros.

Se pudo determinar que existe baja similitud entre las parcelas evaluadas, ya que solo existen 6 órdenes que se repiten en todas las zonas de estudio, siendo el orden *Coleóptera*, quien más se encuentra en los terrenos cultivados. En los resultados obtenidos en las relaciones establecidas, ninguna comparación se aproximó a 1. Todas las relaciones están por debajo de 0.6, lo que nos indica que existe poca similitud entre las áreas muestreadas.

## IX. Bibliografía

- Altieri, M; Nicholls, C. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems (en línea). Consultado 10 nov. 2021. Disponible en [https://books.google.hn/books/about/Biodiversity\\_and\\_Pest\\_Management\\_in\\_Agro.html?id=gQI0PCnnbI8C&hl=es-419&output=html\\_text](https://books.google.hn/books/about/Biodiversity_and_Pest_Management_in_Agro.html?id=gQI0PCnnbI8C&hl=es-419&output=html_text)
- Altieri, M; Nicholls, C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1): 3-12.
- Altieri, M; Toledo, V; 2011. La revolución agroecológica en Latinoamérica. 38 (3): 587-612.
- Astier Calderón, M; Maass-Moreno, M; Etchevers Barra, J. 2002. Derivación de Indicadores de Calidad de Suelos en el Contexto de la Agricultura Sustentable y Sostenible. Ciudad de México (en línea). *Revista Agrocencia* 36(5): 605-620. Consultado 12 oct. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236511.pdf>
- Barreto García, OA; Guevara Gutiérrez, RD; Olguín López, JL, Mancilla Villa, OR; Medina Valdovinos, EK; Murillo Hernández, JE. 2018. Macroinvertebrados de hojarasca y suelo en selva baja caducifolia y zonas perturbadas. Chile. *IDESIA*, 36(1):105-113
- Bautista Cruz, A; Etchevers Barra, J; del Castillo, R; Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2): 90-97
- Brown, KS. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*. UK. 1:(25)25.
- Brown, G; Fragoso, C; Barois, I; Rojas, P; Patrón, J; Bueno, J; Moreno, P; Lavelle, P; Ordaz, V ; Rodríguez, C. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*. México. 1: 79-110. Consultado 5 dic. 2021. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2F repositorio.geotech.cu%2Fjspui%2Fbi>

[tstream%2F1234%2F1454%2F16%2F254-283\\_Libro\\_Biodiversidad\\_Cuba\\_Cap%25C3%25ADtulo%252014.pdf&psig=AOvVaw1CTMe84nGkYu01EemN6SzG&ust=1639625019941000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjhxqFwoTCIDDj4z15PQCFQAAAAAdAAAAABAD](http://tstream%2F1234%2F1454%2F16%2F254-283_Libro_Biodiversidad_Cuba_Cap%25C3%25ADtulo%252014.pdf&psig=AOvVaw1CTMe84nGkYu01EemN6SzG&ust=1639625019941000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjhxqFwoTCIDDj4z15PQCFQAAAAAdAAAAABAD)

Cabrera Dávila, GC. 2009. Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba (en línea). Tesis Doc. Alicante, España. Universidad de Alicante, UA. Consultado 7 jun. 2021. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88889>

Cabrera Dávila, GC, Robaina, N., Ponde de León, D. 2011 Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque. Cuba. Pastos y Forrajes. 34(3): 331-346

Cabrera Dávila, GC. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Patos y Forrajes 35(4). 357-363.

Caldas Marías, RF. 2013. Entre la agricultura convencional y la agroecología. El caso de las prácticas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de Silvania (en línea). Tesis Ing. Eco. Bogotá, Colombia, PUJ. Consultado 18 jul. 2021. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12482/CaldasMejiaRobertoFelipe2013.pdf?sequence=3>

Calderón, A; Maass, M; Moreno, M; Etchevers Barra, J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable Agrociencia. Texcoco, México (en línea) Revista Redalyc. 36(5): 605-620 Consultado 23 nov. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236511.pdf>

Cassagne, N; Gers, C; Gauquelin, T. 2003. Relaciones entre colémbolos, química del suelo y tipos de humus en rodales forestales de Francia. Francia (en línea). Consultado 17 nov. 2021. Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/225813968\\_Relationships\\_between\\_Collembola\\_soil\\_chemistry\\_and\\_humus\\_types\\_in\\_forest\\_stands\\_France](https://www.researchgate.net/publication/225813968_Relationships_between_Collembola_soil_chemistry_and_humus_types_in_forest_stands_France)

CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Turrialba, Costa Rica. 260 p. Consultado 2 dic. 2021. Disponible en [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2943/Manejo\\_agroecologico\\_como\\_ruta\\_para\\_lograr\\_la\\_sostenibilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2943/Manejo_agroecologico_como_ruta_para_lograr_la_sostenibilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cruz, BJ; Barra, E; Castillo, R. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. España (en línea). Revista Ecosistema. 13(2):35 Consultado 11 ago. 2021. Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>

EcuRed. S.f. Cantones de los municipios de Ahuachapán. Consultado 13 dic. 2021. Disponible en [https://www.ecured.cu/Anexo:Cantones\\_de\\_los\\_municipios\\_de\\_Ahuachap%C3%A1n?fbclid=IwAR38a7upUp-2kmSouMu5jItp\\_vIcwvC1nbM-g5kQzK9lxiw6sRvgeHEHhwo](https://www.ecured.cu/Anexo:Cantones_de_los_municipios_de_Ahuachap%C3%A1n?fbclid=IwAR38a7upUp-2kmSouMu5jItp_vIcwvC1nbM-g5kQzK9lxiw6sRvgeHEHhwo)

Escalante, T; Morrone, J. 2002. Métodos para medir la biodiversidad. *Acta zoológica mexicana*. Ciudad de México, México. Revista Scielo. Consultado 15 nov. 2021. Disponible en [Métodos para medir la biodiversidad \(scielo.org.mx\)](http://www.scielo.org.mx)

Esterheld, M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. Argentina (en línea). Revista Ecología Austral 18 (3). Consultado 2 sep. 2021. Disponible en [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1380](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1380)

Fragoso, C; Reyes-Castillo, P; Rojas, P. 2018. La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoológica Mexicana*. México. 1: 1-10. Consultado 7 oct. 2021. Disponible en <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/1842>

García, Y; Sánchez, W; Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso (en línea). Cuba. Consultado 13 sept. 2021. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001)

Gliessman, SR. 1998. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible (en línea). Turrialba, Costa Rica. 3 P. Consultado 12 sep. 2021. Disponible en <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>

Gliessman, SR; Rosado, JF; Guadarrama-Zugati, J; Jedlicka, AC; Méndez, VE; Cohen, R; Trujillo, L; Bacon, C; Jaffe, R.2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. España (en línea). Revista Ecosistema. 16 (1): 13-23 Consultado 5 oct. 2021. Disponible en <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/134>

González Toro, C. 2009. El fuego, la quema de pastos y sus consecuencias (en línea). Consultado 13 oct. Disponible en: <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-740/quemapastosguia.pdf>

Huerta Lwanga, E; Rodríguez-Olán, J; Evia-Castillo, I; Montejo-Meneses, E; de la Cruz-Mondragón, M; García-Hernández, R. 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. Tabasco, México (en línea). Revista Terra Latinoamérica. 26(2):171-181. Consultado 29 jun. 2021 Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792008000200010&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792008000200010&script=sci_abstract&tlng=es)

INTAGRI. 2018. La Salud del Suelo. (en línea). Consultado: 22 de enero de 2022. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-salud-del-suelo>

Jones, CG., Lawton, JH.; Shachak, M. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, 78(7): 1946-1957.

Kamau, S; Barrios, E; Karanja, K; Ayuke, F; Lehman, J.2017. Biología y química del suelo. La abundancia de macrofauna del suelo bajo las especies de árboles dominantes aumenta a lo largo de un gradiente de degradación del suelo (en línea). Consultado 3 nov. 2021. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/journal/soil-biology-and-biochemistry/vol/112/suppl/C>

- Lavelle, P. 1996. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. *Biology International* 33: 3-16 (en línea). Consultado 25 sept. 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/32971315\\_Diversity\\_of\\_Soil\\_Fauna\\_and\\_Ecosystem\\_Function](https://www.researchgate.net/publication/32971315_Diversity_of_Soil_Fauna_and_Ecosystem_Function)
- Lavelle, P; Fragoso, C; Blanchart, E; Bikram, K; Jimenez, JJ; Martínez, M; Thibaud D; Tondoh, J. 1999. Comunidades de lombrices de tierra de los agroecosistemas tropicales: origen, estructura e influencia de las prácticas de manejo. Wallingford, Reino Unido (en línea). Consultado 22 nov. 2021. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/271130894\\_Earthworm\\_Communities\\_of\\_Tropical\\_Agroecosystems\\_Origin\\_Structure\\_and\\_influence\\_of\\_Management\\_Practices](https://www.researchgate.net/publication/271130894_Earthworm_Communities_of_Tropical_Agroecosystems_Origin_Structure_and_influence_of_Management_Practices)
- Lavelle, P; Spain, A. 2001. Soil Ecology. Functioning of the Soil System (en línea). 305 p. Consultado 2 dic. 2021. Disponible en <https://www.worldcat.org/title/soil-ecology/oclc/54061806#borrow>
- Lavelle, P; Jiménez, J; Escobar, G; Rippstein, G. Schneidmadt, J; Sanz, J; Hoyos, J. 2003. El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sábanas neotropicales de Colombia. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los llanos de orientales de Colombia. Cali, Colombia (en línea). Consultado 17 nov. 2021. Disponible en [https://books.google.com/sv/books?hl=es&lr=&id=y5Pb2xaYtVoC&oi=fnd&pg=PA21&dq=\(Lavelle+et+al.,+2003\).&ots=djzkRPPmaa&sig=iK0kWQr7o7TWzzuvyi\\_Gfs5Ljyk](https://books.google.com/sv/books?hl=es&lr=&id=y5Pb2xaYtVoC&oi=fnd&pg=PA21&dq=(Lavelle+et+al.,+2003).&ots=djzkRPPmaa&sig=iK0kWQr7o7TWzzuvyi_Gfs5Ljyk)
- López-Vigoa, O; Sánchez-Santana, T; Iglesias-Gómez, JM; López, L; Soca-Pérez, M; Arece-García, J; Milera-Rodríguez, M. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Matanzas, Cuba (en línea). Consultado 20 nov. 2021. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n2/pyf01217.pdf>
- Marín, V; Elida, P; Feijoo, M. 2007. Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en Vertisoles de un área de Colombia. Chapingo, México (en línea). *Revista Terra Latinoamérica*. 25(3): 297-310. Consultado 14 nov. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57325309.pdf>
- Martínez Castillo, R. 2004. Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. San

- José, Costa Rica (en línea). Revista de Ciencias Sociales. 2 (103-104): 93-102. Consultado 15 jun. 2021. Disponible en [https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103\\_104/07MARTINEZ.pdf](https://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/images/revistas/RCS103_104/07MARTINEZ.pdf)
- Martínez Castillo, R. 2009. Sistemas de Producción Agrícola Sostenible. Costa Rica (en línea). Revista Tecnología en Marcha 22 (2): 23-39. Consultado 23 ago. 2021. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835851>
- Navarrete Segueda, A; Vela Correa,G; López Blanco, J; Rodríguez Gamiño, M. 2011. Naturaleza y Utilidad de los Indicadores de Calidad del Suelo. México (en línea). Consultado 14 oct. 2021. Disponible en <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n80ne/suelo.pdf>
- Navarro Bravo, A; Figueroa Sandoval, B; Martínez Menes, M; González Cossio, F. 2008. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. Ciudad de México, México (en línea). Revista Scielo 34(2) 3. Consultado 24 sep. 2021. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172008000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172008000200002&script=sci_arttext)
- Pérez Rodríguez, CS. 2016. Efecto de la quema en las poblaciones de macro invertebrados del suelo del cultivo de caña de azúcar en Sonsonate, El Salvador (en línea). Tesis Ing. Agr. Honduras. ZAMORANO. Consultado 31 jul. 2021. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5868/1/CPA-2016-T076.pdf>
- Rendón Pareja, S. Artunduaga Lemus, F. Ramírez Pisco, R. Quiroz Gamboa, JA. Leiva Rojas, EI. 2011. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. Medellín, Colombia (en línea). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 64(1): 5791-5802. Consultado 7 jul. 2021. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26381/26731>
- Santos Ortiz, SS. 2016. Comunidades de macro invertebrados edáficos Indicadores de la calidad del suelo, para Evaluar el modelo agroecológico en un Sistema de hortalizas, los planes, Chalatenango, El Salvador (en línea) Tesis Ing. Agr. El Salvador. Universidad de El Salvador. Consultado 22 abr. 2021. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12706/1/13101623.pdf>

Salgado Pérez, JJ. 2017. “Efecto de obras de conservación de suelos en la diversidad de macroinvertebrados y sus parámetros fisicoquímicos en la Finca El Aguacatal Buena Vista, comunidad Plan Grande, Estelí”. Tesis Ing. Estelí, Nicaragua. UNAN-Managua. Consultado 20 ago. 2021. Disponible en <https://repositorio.unan.edu.ni/9383/>

Soira Reinoso, JF. 2016. “Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación Jatunhuayco (epmaps) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua”. Tesis Ing. Quito, Perú. Escuela politécnica nacional. P.

Torres Pandoro, SC. 2015. “Macroinvertebrados del suelo en cuatro unidades agroecológicas de cacao (*Theobroma cacao* L.) En la región San Martín”. Tesis Ing. Tarapoto, Perú. UNSM-Tarapoto. Consultado 14 oct. 2021. Disponible en <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/1855>

Vargas Cuevas, JU. 2017. “Estudio etnográfico sobre el sistema de producción agrícola del anexo de Mosopuquio del distrito de Characato, en el año 2017”. Tesis Lic. Arequipa, Perú. UNAS. Consultado 15 sep. 2021. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4576/ANvacuja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

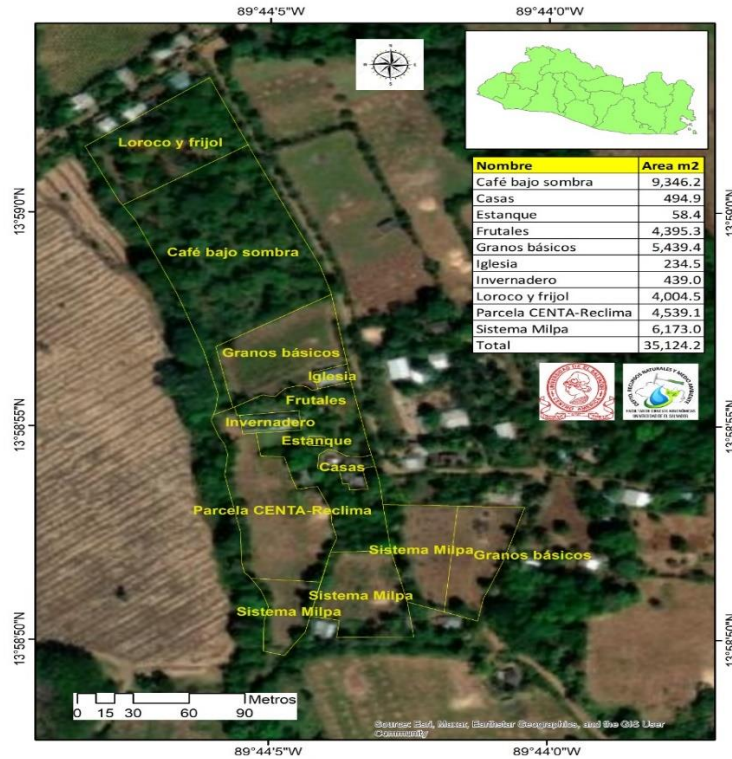
Zerbino, MS. 2010. Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. 2: 189-202.

Zerbino, MS., Altier, N., Morón, A.; Rodríguez, C. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, 12(1): 44-55.

## X. Anexos

Uso del suelo: Cultivo de maíz					
Departamento:		Ahuachapán		Municipio: Atiquizaya	
Finca/lote		Fecha:     /     /			
Coordenadas					
Tipo de suelo	Arcillo Arenoso				
Textura	Arenoso:	<input checked="" type="checkbox"/>	Arcilloso:	<input checked="" type="checkbox"/>	Franco:
Humedad	Seco	<input type="checkbox"/>	Lig. Húmedo	<input type="checkbox"/>	Húmedo:
Clima	Invierno:	<input type="checkbox"/>	Verano:	<input checked="" type="checkbox"/>	Canícula:
Indicadores	Calificación	Factor		Valor/indicador	
	0: pobre				
	1: Moderada				
	2: Bueno				
Textura	1.5	X3		4.5	
Estructura y consistencia	1	X3		3	
Porosidad	1	X2		2	
Color	0.5	X2		1	
moteado	1	X3		3	
Nº lombrices	1	X3		3	
Compactación	1	X1		1	
Cobertura	1	X3		3	
Profundidad	0.5	X3		1.5	
Índice de calidad del suelo (suma de valores)				22	
<b>Interpretación calidad de suelos</b>				<b>Puntos</b>	
Suelo pobre				< 10	
Suelo moderado				10 - 25	
Suelo bueno				>25	

*Anexo 1 Resultado del análisis visual del suelo.*



Anexo 2. Distribución de parcela 1.

Parcela y punto (PP)	X	Y	M.S.N.M
P1 P1	13.981887	-89.734555	653 m
P1 P2	13.981774	-89.734609	654 m
P1 P3	13.981673	-89.734642	655 m
P2 P1	13.982308	-89.733925	659 m
P2 P2	13.982206	-89.734012	659 m
P2 P3	13.982014	-89.733929	660 m
P3 P1	13.978798	-89.731738	670 m
P3 P2	13.978703	-89.731702	671 m
P3 P3	13.978591	-89.731778	670 m
P4 P1	13.981967	-89.734256	657 m
P4 P2	13.981872	-89.734202	657 m
P4 P3	13.981667	-89.734314	658 m

Anexo 3. Georreferenciación de parcelas y puntos muestreados.

-Orden  *Nombre común	Parcela	P1			P2			P3			P4			TOTAL
	Familia *Sub familia	S1	S2	S3	S1	S2	S2	S1	S2	S3	S1	S2	S3	
-Acarina  <u>*Acaro</u>	N/I	0	0	0	0	2	5	2	0	0	0	0	0	9
-Araneae  <u>*Araña</u>	N/I	2	0	1	0	1	1	2	2	1	3	0	1	14
	Huevo de araña N/I	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-Blattodea  <u>*Cucarachas y termitas</u>	N/I	1	0	0	4	0	3	0	0	0	0	5	0	13
	<i>Termitidae</i>	0	0	37	0	0	0	1	1	2	7	0	0	48
	<i>Blaberidae</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
-Chilopoda  <u>*Ciempiés</u>	N/I	0	4	4	6	1	1	6	3	7	3	2	0	37
-Coleóptera  <u>*Escarabajo</u>	N/I	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	9
	<i>Brentidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
	<i>Carabidae</i> (adulto)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	7	2	17

(Gallina ciega)  (Gorgojo)  (Gusano de alambre)	<i>Carabidae</i> larva	4	3	2	1	0	1	3	1	2	1	3	3	24
	<i>Curculionidae</i>	1	1	1	0	2	1	0	1	1	0	0	0	8
	<i>Dynastinae</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	4	8
	<i>Elateridae</i>	4	1	4	0	0	0	2	3	2	0	0	2	18
	<i>Melolidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>Staphylinidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
	<i>cincidelinae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
<i>Crassiclitellata</i> <u>*Lombriz</u>  Huevo de lombriz	N/I	1	1	1	4	3	1	7	2	3	5	1	1	30
	N/I	0	4	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	9
-Diptera  <u>*Mocas y mosquitos</u>	<i>Muscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	N/I	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	0	0	8
-Hemípteros	<i>Pentatomidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

<u>*Chinche</u>														
<u>-Hymenoptera</u>	<i>Formicidae</i>	3	1	5	3	4	5	3	1	0	2	6	3	36
	<i>*Mirmicinae</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3
<u>*Hormigas,</u> <u>abejas y</u> <u>avispas</u>														
	N/I	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	8
<u>-Isópoda</u>	Tylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<u>*Cochinitas</u>														
<u>-Lepidóptera</u>	N/I	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
<u>*Mariposas y</u> <u>polias</u>														
<u>-Pulmonata</u>	<i>Limacidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
<u>*Caracoles o</u> <u>babosas</u>														
<b>N/I</b>	N/I	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6
<b>TOTAL</b>		19	17	56	21	16	21	40	18	22	42	33	22	327

Anexo 4. Macroinvertebrados recolectados en parcelas evaluadas.

## ALBUM DE RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL SUELO



*Extracción de muestra de suelo.*



*Reconocimiento visual de macroinvertebrados*



*Recolección de macroinvertebrados con muestreador.*



*Almacenamiento de muestras in situ.*

### *Anexo 5. Recolección de macroinvertebrados.*



*Anexo 6. Reconocimiento de macroinvertebrados en Facultad de Ciencias Agronómicas.*

## ALBUM DE MACROINVERTEBRADOS PARTE 1



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Tenebrionidae*.



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Cicindelidae*.



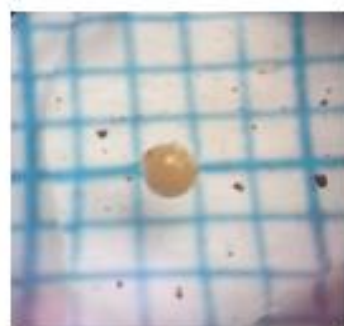
Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Carabidae*.



Orden: *Isópoda*.  
Familia: *Tylidae*.



Orden: *Lepidóptera*.  
Familia: *N/I*.



Orden: *Crassichitellata*.  
Familia: *N/I*.



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Carabidae*.



Orden: *Chilopoda*.  
Familia: *N/I*.



Orden: *Hemáptero*.  
Familia: *Pentatomidae*.

*Anexo 7. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 1.*

ALBUM DE MACROINVERTEBRADOS PARTE 2



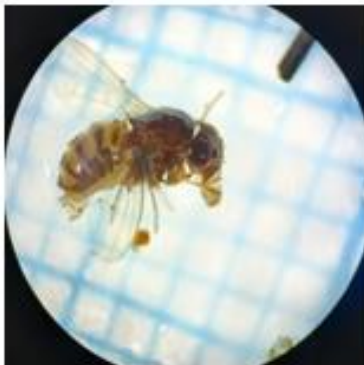
Orden: *Himenóptera*.  
Familia: *Formicidae*.



Orden: *Himenóptera*.  
Familia: *Formicidae*.



Orden: *Himenóptera*.  
Sub Familia: *Mirmicinae*.



Orden: *Diptera*.  
Familia: *Muscidae*.



Orden: *Blattodea*.  
Familia: *Blaberidae*.



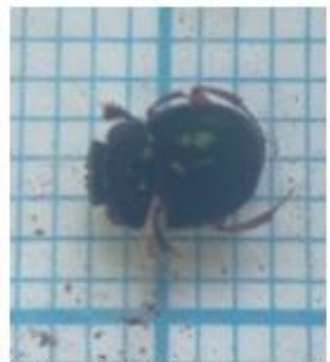
Orden: *-Araneae*.  
Familia: *N/I*



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Elatenidae*.



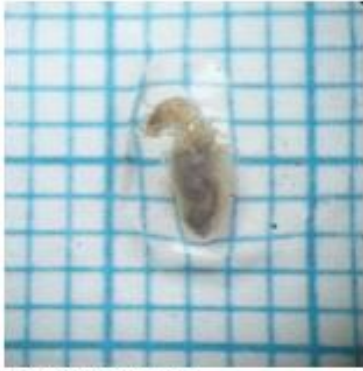
Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Curculionidae*.



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *N/I*

Anexo 8. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 2.

ALBUM DE MACROINVERTEBRADOS PARTE 3



Orden: *Blattodea*.  
Familia: *Termitida*.



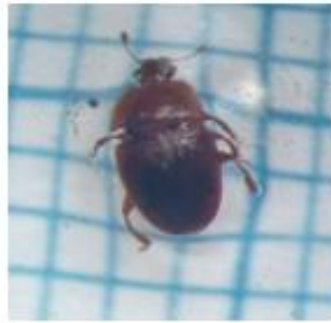
Orden: *Pulmonata*.  
Familia: *Limacidae*.



Orden: *Himenóptera*.  
Familia: *Formicidae*.



Orden: *Crassichitellata*.  
Familia: *N/I*



Orden: *Coleóptera*.  
Familia: *Carabidae*.



Orden: *Diptera*.  
Familia: *N/I*

*Anexo 9. Álbum de macroinvertebrados recolectados e identificados parte 3.*