



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Funcionalidad de la macrofauna superficial y edáfica
en subsistemas de la finca agroecológica La
Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, 2021

Autores

Br. Silke Yulixa Herrera Casanova

Br. María de los Ángeles Álvarez Medina

Asesores

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González

Dr. Dennis José Salazar Centeno

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2021



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Funcionalidad de la macrofauna superficial y
edáfica en subsistemas de la finca agroecológica
La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua,
2021

Autores

Br. Silke Yulixa Herrera Casanova

Br. María de los Ángeles Álvarez Medina

Asesores

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González

Dr. Dennis José Salazar Centeno

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador
como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2021

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Tribunal Examinador

MSc. Rosario García
Presidente

MSc. Isidro Salinas
Secretario

MSc. Jorge Gómez
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna, Facultad de Agronomía, 28 de octubre de 2021.

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, fortaleza, sabiduría y paciencia para poder culminar mis estudios superiores.

Dedico esta tesis a mis padres Marlen del Socorro Casanova Flores y Paul Darwin Herrera por su apoyo emocional e incondicional durante toda mi vida, mi carrera y sobre todo en este proceso.

A mi hermano Yorman Darwin Herrera Casanova, por su ayuda y apoyo durante el proceso de elaboración de mi tesis.

Br. Silke Yulixa Herrera Casanova

DEDICATORIA

A Dios por darme fortaleza y sabiduría necesaria para lograr culminar mis estudios superiores, por guiarme por el sendero del conocimiento y permitirme continuar siempre hacia adelante a pesar de todos los problemas, desavenencias y adversidades que se suscitaron en todos estos años.

A mis padres Tomas Rafael Álvarez y Luisa Miriam Medina García por confiar en mí y mis capacidades, por estar en cada etapa de mi caminar por el conocimiento incondicionalmente, motivándome a continuar siempre adelante insistiéndome que el futuro se forja día a día, con pasos pequeños pero seguros que harán de mí una persona de bien para mi familia, para mi comunidad y para mi país.

A toda mi familia, hermanos y tías que han estado de cerca apoyándome para lograr conseguir mis anhelos, sueños y aspiraciones.

Br. María de los Ángeles Álvarez Medina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Padre Todo Poderoso, nuestra Virgen Santísima María por brindarme salud y sabiduría para culminar con éxito este trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria, por las oportunidades que brindó para poder desarrollarme dentro de esta alma mater.

A mis padres Marlen del Socorro Casanova Flores, Paul Darwin Herrera Herrera, y mi hermano Yorman Darwin Herrera Casanova, por su apoyo económico y emocional durante este proceso.

A mi compañera de tesis Br. María de los Ángeles Álvarez Medina por aceptar culminar conmigo este trabajo.

A Kenneth Joseph Romero por brindarme su apoyo en todo momento y estar conmigo durante este proceso, a mis amigos Brittany Paulina Soto Medrano, Addy Ramos, Oscar Pineda, Mario Cabrales por brindarme apoyo emocional y económico y a mis compañeros del Grupo Literario Karebarro por brindarme su apoyo emocional.

A nuestros asesores Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González y Dr. Dennis Salazar por ser nuestros guías durante este estudio, de igual manera agradezco al Ing. Miguel Jerónimo Ríos por brindarme su apoyo.

Br. Silke Yulixa Herrera Casanova

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria por introducirme al mundo de las ciencias agrarias y las oportunidades que brindó para poder desarrollarme dentro de esta alma mater, algo que no pensé que un día fuera posible, se logró el objetivo.

Agradezco al Ing. MSc. Alberto Sediles Jaén, quien desde el principio me apoyo en todo lo necesario en la búsqueda de los conocimientos y herramientas necesarias para culminar mis estudios superiores, así mismo agradezco a mis tutores Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González y Dr. Dennis Salazar, quienes colaboraron con sus experiencias en la realización de esta tesis, agradezco a mi compañera tesista Br. Silke Yulixa Herrera Casanova por colaborar en este trabajo.

En general agradezco por su ayuda a quienes fueron mis maestros, mis compañeros y resto del personal que laboran en esta casa de estudio.

Al Dr. Mario Mayorga Blandón mi pareja, amigo y colaborador quien me apoyó incondicionalmente en los momentos más difíciles en los que se doblegaban mis fuerzas y me convenció de que el futuro se forja con la dedicación al estudio.

Br. María de los Ángeles Álvarez Medina

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN		PÁGINA
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTO	iii
	ÍNDICE DE CUADROS	v
	ÍNDICE DE FIGURAS	vi
	ÍNDICE DE ANEXOS	vii
	RESUMEN	viii
	ABSTRACT	ix
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo general	3
	2.2 Objetivos específicos	3
III	MARCO DE REFERENCIA	4
	3.1 Aspectos generales del café (<i>Coffea arabica</i> L.)	4
	3.1.1 Requerimientos edafoclimáticos	4
	3.1.2 Zonas de producción	4
	3.1.3 Macrofauna	4
	3.2 Grupos funcionales de la macrofauna edáfica	4
	3.2.1. Detritívoros	4
	3.2.2 Estudios realizados	5
IV	MATERIALES Y MÉTODOS	6
	4.1 Localización y fecha del estudio	6
	4.1.1 Clima del municipio de San Ramón	6
	4.1.2 Vegetación del municipio de San Ramón	7
	4.1.3 Suelos del municipio de San Ramón	8
	4.2. Diseño de la investigación	8
	4.2.1 Manejo del ensayo	8
	4.2.2 Datos evaluados	9
	4.3 Recolección de datos	10
	4.4 Análisis de datos	11

	4.5 Materiales y equipos	11
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
	5.1 Estructura poblacional de la macrofauna asociada a los subsistemas de la finca	12
	5.1.1 Subsistema café-cacao	12
	5.1.2 Subsistema bosque	15
	5.1.3 Subsistema granos básicos	17
	5.1.4 Subsistema café en desarrollo	17
	5.1.5 Subsistema pasto	20
	5.1.6 Análisis de Orden Pulmonata en los cinco subsistemas	22
	5.2 Funcionalidad de la macrofauna en la finca agroecológica	23
	5.3 Disimilitud temporal entre la diversidad de la macrofauna que existió en el 2015 y la observada en el 2021 presente en la finca	27
VI	CONCLUSIONES	30
VII	RECOMENDACIONES	31
VII	LITERATURA CITADA	32
IX	ANEXOS	37

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Materiales y equipos utilizados durante el muestreo y el procesamiento de datos	11
2	Grupos funcionales de las familias encontradas en los cinco subsistemas evaluados en la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2015	24
3	Grupos funcionales de las familias encontradas en los cinco subsistemas evaluados en la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021	26
4	Comparación de los grupos funcionales en los cinco subsistemas de la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua del año 2015 y 2021	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación geográfica de Finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, 2021.	6
2	Climograma del municipio de San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, año 2015 y año 2021.	7
3	Comparación de la macrofauna en subsistema café - cacao de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	14
4	Comparación de la macrofauna en subsistema bosque de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	16
5	Comparación de la macrofauna en subsistema de granos básicos de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	18
6	Comparación de la macrofauna en subsistema café en desarrollo de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	19
7	Comparación de la macrofauna en subsistema pasto de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	21
8	Número de individuos del orden Pulmonata encontrados en los cinco subsistemas de la Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.	22
9	Índice de disimilitud de Bray-Curtis para las familias los diferentes subsistemas de la Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2015 y 2021.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Representación del número de organismos según las familias taxonómicas y rol funcional, Fuente Jim Vargas y Melvin Laguna (2017, p. 20)	37
2	Mapa de finca Agroecológica La Espadilla	37
3	Hoja de muestreo de macrofauna	37
4	Muestro de macrofauna en subsistema café-cacao	38
5	Sub sistema café-cacao	38
6	Identificación de las familias en laboratorio de fisiología vegetal	38

RESUMEN

El estudio se realizó en finca La Espadilla, ubicada en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, Nicaragua, la finca queda en el km 143.5 carretera La Dalia, comunidad La Grecia, con latitud 12° 58' 23.05'' norte y longitud 85° 49' 48.08 '' oeste. El propósito de esta investigación es caracterizar la funcionalidad de la macrofauna observada en la finca para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y la producción vegetal, debido a que cada organismo que compone la macrofauna puede tener diferentes influencias sobre los procesos edáficos. La toma de datos se realizó el 21 de octubre de 2015 y 23 de marzo de 2021 en cinco subsistemas, para completar los cinco puntos de muestreo por subsistema para un total de 25 muestras. Los ejemplares o especímenes se extrajeron en el punto de muestreo revisando hojarasca, troncos y suelo. Una vez realizado dicho procedimiento se llevaron las muestras al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria para su respectiva identificación, los ejemplares se extrajeron con sumo cuidado colocándolos en un papel toalla, seguidamente se ubicaron sobre un vidrio bajo el lente de un estereoscopio, detallando sus características para ser identificados. Se observó diferencia entre la abundancia de individuos que predominaron en el área de bosque en el año 2015 y 2021, se logra observar que algunas familias no tuvieron presencia en el año 2021. Los grupos funcionales más sobresalientes de las colectas en el agroecosistema en el 2015 y 2021 fueron los detritívoros, seguido por omnívoros y depredadores. Las familias de la macrofauna que obtuvieron una disimilitud alta entre años 2015 y 2020 fueron, Chrysomelidae, Styloniscidae y Gryllidae.

Palabras clave: macroinvertebrados, agroecológica, edáfico.

ABSTRACT

The study was carried out in La Espadilla farm, located in the municipality of San Ramón, Matagalpa department, Nicaragua, the farm is at km 143.5 La Dalia road, La Grecia community, with latitude 12° 58' 23.05'' north and longitude 85° 49' 48.08 '' west. The purpose of this research is to characterize the functionality of the macrofauna observed on the farm to understand its potential effects on the edaphic environment and plant production, since each organism that makes up the macrofauna can have different influences on edaphic processes. The taking of data collections was carried out in October 21 2015 and March 23 2021 in five subsystems, to complete the five sampling points per subsystem for a total of 25 samples, the specimens or specimens were extracted at the sampling point, checking litter, trunks and soil. Once this procedure had been carried out, the samples were taken to the Laboratory of Plant Physiology of the National Agrarian University for their respective identification, the specimens were extracted with great care by placing them on a paper towel, then they were placed on a glass under the lens of a stereoscope, detailing their characteristics to be identified. A difference was observed between the abundance of individuals that predominated in the forest area in 2015 and 2021, it can be observed that some families were not present in 2021. The most outstanding functional groups of the collections in the agroecosystem in 2015 and 2021 were detritivores, followed by omnivores and predators. The macrofauna families that obtained high dissimilarity between 2015 and 2020 were Chrysomelidae, Styloniscidae and Gryllidae.

Keywords: Macroinvertebrates, agroecological, edaphic.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación, donde existe un balance entre residuos orgánicos de plantas y organismos del suelo (Huarauya, 2014, p. 12).

Los indicadores de identificación de la calidad del suelo es actualmente un problema universal, debido a la gran importancia de dicho recurso para la producción vegetal y la alimentación animal y humana. Se han utilizado un grupo de variables para predecir la salud del suelo, a partir del estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, desde el punto biológica, en la evaluación del estado de conservación, perturbación del suelo y del ecosistema se toma en cuenta la macrofauna edáfica, agrupando a los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro (Cabrera et al., 2011, p. 350).

Por su función e impacto en el suelo, su forma de vida y su fuente de alimentación, la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos se mencionan los detritívoros, fitófagos, y depredadores, dicho esto, los suelos requieren de organismos vivos que ayuden a impulsar sus actividades para el sostenimiento del ecosistema, los organismos vivos encargados de dicha activación son llamados macrofauna, está conformada por organismos encargados de la descomposición de la materia orgánica (Aguilera y Pilarte, 2017, p. 2).

La gran mayoría de los agricultores poseen baja fertilidad en sus suelos, lo que conlleva a un bajo rendimiento en los cultivos, los bajos niveles de fertilidad son resultado de practica inadecuadas de manejo realizadas en el suelo entre ellas están: sobre pastoreo, exceso de labranza, riego excesivo, quemas, siembras a favor de la pendiente que facilitan la erosión, estas actividades producen pérdidas de nutrientes en el suelo y la biodiversidad (Gómez, 2015, p. 2).

La macrofauna es el grupo de organismos de mayor tamaño, entre 2 y 20 mm, y una variedad de organismos que viven en la superficie del suelo, en los espacios del suelo como poros y cerca de las raíces (Ospina et al., 2016, párr. 1).

La macrofauna o invertebrados realizan funciones que facilitan el ingreso de materia orgánica procesada a la tierra para nutrir los cultivos, hojas, madera y ramas; equilibrar la ecología del entorno para evitar la invasión de plagas y aportar fertilidad (Pizarro, 2017, párr. 3).

La medición de la biodiversidad se ha centrado en la búsqueda de parámetros para identificarla como una propiedad procedente de las comunidades ecológicas, es de gran utilidad medir y monitorear los efectos de las actividades de los individuos, la aplicación de los índices se basa en la información biológica colectada en una serie de localidades (Herradora y Galeano, 2017, p. 2).

El propósito de esta investigación es caracterizar el análisis funcional de la macrofauna edáfica del agroecosistema para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y la producción vegetal, debido a que cada organismo que compone la macrofauna puede tener diferentes influencias sobre los procesos edáficos al igual que la conservación, a partir de documentación sobre la funcionalidad de la macrofauna para la salud del suelo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar la funcionalidad de la macrofauna superficial, edáfica y su disimilitud temporal asociada a la finca agroecológica La Espadilla

2.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la estructura poblacional de la macrofauna edáfica diferenciada por cinco subsistemas establecidos en la finca agroecológica La Espadilla: café-cacao, bosque, granos básicos, café en desarrollo y pasto.
2. Categorizar la funcionalidad de la macrofauna edáfica en la finca agroecológica La Espadilla.
3. Estimar la disimilitud temporal entre la diversidad de la macrofauna edáfica que existió en el año 2015 y la establecida en el año 2021 de la finca agroecológica La Espadilla.

III. MARCO DE REFERENCIA

En el año 2015, en la finca agroecológica La Espadilla se llevó a cabo un estudio (Vargas y Laguna, 2017, p. 3) de macrofauna (anexo 1), consistió en la evaluación del agroecosistema, implementando principios y estrategias para el diseño y manejo de la biodiversidad de sistemas agrarios sostenibles, así como la evaluación de la macrofauna edáfica y su rol funcional.

3.1. Aspectos generales del café (*Coffea arabica* L.)

3.1.1 Requerimientos edafoclimáticos

Los parámetros que requiere este cultivo se toman en cuenta para garantizar rendimientos satisfactorios. Entre ellos está la temperatura que oscila de 20 ° C –24 ° C, con una altitud de 500-1000 msnm, con precipitaciones de 1200 – 3000 mm/ año, las lluvias van de 6-7 meses, sin canícula a benigna, requiere suelos profundos a medianamente profundos, con una pendiente de 0-50%, requiere de un buen drenaje, los suelos requieren una textura franco, arcilloso, arcilla (MAGFOR, 2010, p. 95).

3.1.2 Zonas de producción

Los departamentos del país donde más se produce café están: Jinotega y Matagalpa debido a las condiciones agroclimáticas que poseen estos departamentos (Arguello y Olivero, 2015, p. 1).

3.1.3 Macrofauna

La macrofauna edáfica es la que se observa en las profundidades del suelo de 0-10 cm, 20-20 cm y 20-30 cm y la superficial es la que se encuentra donde hay hojarasca, ramas, etc. Esta macrofauna es considerada un indicador de biodiversidad y determina la calidad del suelo, sensible a los impactos del uso del suelo, las comunidades compuestas por la macrofauna, al igual que su abundancia, son indicadores de biodiversidad (Ramírez et al., 2014, p. 159).

3.2. Grupos funcionales de la macrofauna edáfica

3.2.1. Detritívoros

Lombrices de tierra: son considerados los más importantes de un ecosistema, por su acción fundamental que es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulación de la compactación, porosidad y condiciones hídricas) (Ospina et al., 2016).

Milpiés: son importantes debido a la descomposición del material vegetal, con esta función aceleran el proceso del ciclo de nutrientes y adicionalmente son importantes en la formación de suelo, al tener la capacidad de excavar, los modifican química y físicamente (Bueno, 2012, p. 3).

3.2.2. Estudios realizados

Un estudio realizado en La Habana, Cuba, demostró que los grupos funcionales de mayor representatividad en densidad a los usos de la tierra fueron los detritívoros; posteriormente se ubicaron los herbívoros y los depredadores, excepto en pastizales (Cabrera et al., 2011, p. 5).

Se hizo un estudio en la estación biológica “Francisco Guzmán Pasos” ubicada aproximadamente a unos 11 km al oeste de la ciudad de Juigalpa, en la meseta de Hato Grande, en la comarca San Miguelito del municipio de Juigalpa, cuyo resultado fue mayor abundancia en la zona del bosque en todos los objetivos planteados, seguido por la zona pecuaria, teniendo la menor cantidad de macrofauna la zona agrícola (Sandoval, 2019, p. 45).

Un estudio llevado a cabo entre junio de 2013 y marzo de 2014, en la unidad experimental Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria, se analizó el número de unidades taxonómicas, densidad y diversidad de la macrofauna edáfica, para hacer el estudio constituyeron indicadores que permitieron distinguir entre el manejo agroecológico y la agricultura convencional de Moringa (*M. oleífera*) (Noguera et al., 2017, p. 266).

En el 2017 se realizó un estudio comparativo de macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en la microcuenca Tomabú, en la Trinidad municipio del departamento de Estelí, dando como resultado que en el sistema de bosque existe una mayor diversidad de macrofauna comparada con los sistemas de producción pecuaria (sistema silvopastoril y potrero tradicional), estas diferencias son no significativas de acuerdo a los análisis estadísticos realizados en este estudio, se relaciona con las características del suelo de pH y materia orgánica. (Escobar, Bartolomé y González et al., 2017, p. 47)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización y fecha del estudio

La toma de datos se realizó el día 23 de marzo del 2021, en finca agroecológica La Espadilla, llamada así porque su propietario se llama Martín Vicente Padilla García, está ubicada en el municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, Nicaragua, la finca queda en el km 143.5 carretera La Dalia, comunidad La Grecia, las coordenadas latitud $12^{\circ} 58' 23.05''$ norte y longitud $85^{\circ} 49' 48.08''$ oeste (figura 1).

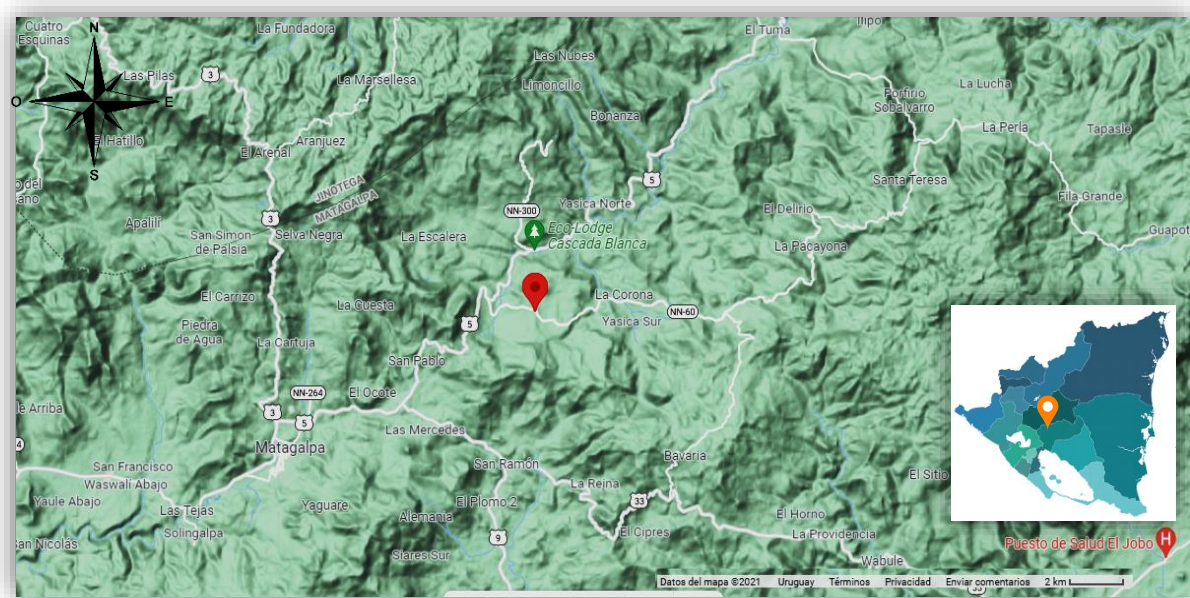


Figura 1. Ubicación geográfica de Finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, 2021.

4.1.1. Clima del municipio de San Ramón

El Municipio de San Ramón tiene un clima tropical, la temporada de lluvia es (duradera y constante) y nublado, la temporada seca es caliente durante esa época y la temperatura generalmente varía de 16°C a 31°C y rara vez baja menos de 14°C o sube a más de 33°C . La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Aw (sabana: cálido todo el año con estación seca). La temperatura media anual en San Ramón se encuentra a 23.05°C (Weather Spark, 2021, parr.1).

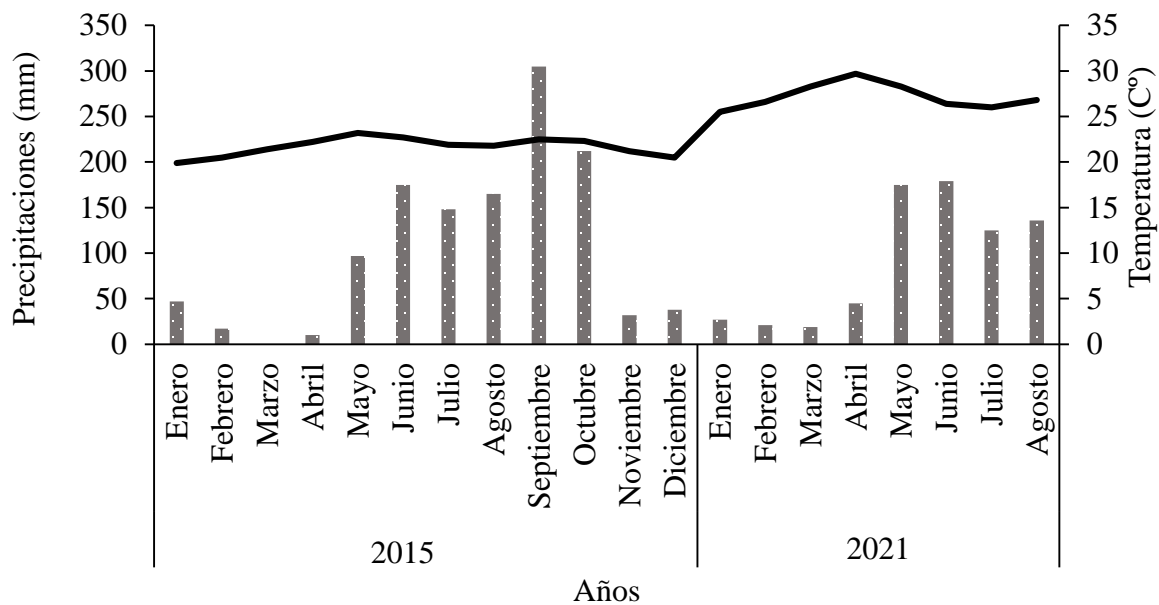


Figura 2. Climograma del municipio de San Ramón, Matagalpa, Nicaragua, año 2015 y año 2021.

De enero a diciembre, en el mes de septiembre se presentó mayor precipitación en el año 2015 con 300 mm, de enero a agosto en el año 2021 los meses con más precipitación fueron mayo y junio con 165 mm en promedio, la línea que representa la temperatura muestra fluctuaciones en diferentes épocas del año. En el año 2015 el mes que presentó mayor temperatura fue mayo y en el año 2021 el mes que aumentó su temperatura fue abril (figura 2).

4.1.2. Vegetación del municipio de San Ramón

La vegetación del área se caracteriza por la dominancia de bosques latifoliados cerrados, bosque latifoliado abierto, bosque de pino, café con sombra, café sin sombra, también hay presencia de cultivos anuales y pastizales (Hernández, 2015, p. 6).

4.1.3. Suelos del municipio de San Ramón

El área total del municipio de San Ramón presenta suelos del orden molisol que son suelos de pastizales se caracterizan por tener un horizonte superficial oscuro, seguido por suelos del orden alfisoles son suelos forestales desarrollados con una capa de arcilla baja y con un nivel de fertilidad media (saturación de bases mayor de 35%), mantienen reservas considerables de minerales primarios (contando con un horizonte argílico (Bt) o rico en arcillas de carácter (iluvial). Se encuentran en una buena proporción los suelos del orden últisol suelos rojos arcillosos, se producen en regiones húmedas templadas o tropicales, los suelos se clasifican en franco, franco arcilloso y arcilla (Hernández, 2015, p. 6).

4.2. Diseño de la investigación

El análisis de funcionalidad de la macrofauna se llevó a cabo en finca agroecológica La Espadilla. El tipo de suelo presente en el sitio de estudio es franco arcilloso (Mejía y Urbina, 2017, p. 10). El uso de la tierra corresponde a cinco subsistemas: café-cacao (0.53 ha), bosque (0.43 ha), granos básicos (frijoles, maíz y sorgo) (1.76 ha), café en desarrollo (0.33 ha) y pasto (0.45 ha), para un total de 3.5 ha correspondiente al área de estudio (anexo 2).

4.2.1. Manejo del ensayo

La metodología empleada para determinar la macrofauna edáfica y su rol funcional fue la metodología de macrofauna diseñada por Rodríguez, Salazar, García y Fernández (2021, p. 141). Consiste seleccionar cinco puntos de muestreo superficiales de 3.1416 m² cada uno y sustracción posterior de cinco monolitos de suelo al centro de la circunferencia, por subsistema en cada agroecosistema, esta metodología sirve como un indicador de calidad y salud en los suelos.

El procedimiento para recolectar, conservar y clasificar la macrofauna edáfica del área de estudio fue el siguiente; en un sitio al azar se tomaron cinco subsistemas y se recolectaron cinco muestras de suelo por cada subsistema, dando un total de 25 muestras, extrayendo con un palín (pala con forma plana y rectangular) 25 cm de largo, 25 cm de ancho y profundidades de suelo fueron de 0-10 cm, luego de 10-20 cm y finalmente de 20-30 cm.

Se realizaron muestreos extrayendo suelo, el volumen de las muestras de suelo fue de 6,250 cm³ por cada 10 cm de profundidad, cada espécimen de macrofauna recolectado se depositó en frascos de plástico de 7cm de alto x 9.5 cm de ancho con su respectiva información (finca, parcela, # muestra y profundidad), de esta manera se diagnosticó la estructura poblacional de la macrofauna, categorización de su funcionalidad y estimación de la disimilitud temporal entre la diversidad de la macrofauna que existió en el pasado (2015) y la establecida en el presente del agroecosistema (2021).

El tipo de investigación desarrollada es descriptivo-correlacional según Hernández (2003, p. 26). Los estudios descriptivos miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

En 2015 se llevó a cabo un estudio sobre Macrofauna en la Finca La Espadilla ubicada en la comunidad La Grecia, San Ramón, Matagalpa. Con el fin de observar si existe variación en el comportamiento de la macrofauna en esta misma finca en el año 2021 se realizó nuevamente un estudio comparativo.

La finca agroecológica La Espadilla realiza prácticas de conservación de suelo mediante la incorporación de abonos orgánicos entre ellos: compost, biomasa fresca, residuos de cosechas y ramas, utiliza aguas mieles como biofertilizantes, captura de agua a través de pilas utilizadas para el riego de los cultivos y usos domésticos, manejo de plagas con ayuda de productos orgánicos a base de ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), apasote (*Dysphania ambrosioides* L.), ruda (*Ruta graveolens* L.) y chile (*Capsicum annum* L.) (Vargas y Laguna, 2017, p. 6).

4.2.2. Datos evaluados

Abundancia: Para medir la abundancia se contabilizó el número de individuos de la misma familia taxonómica por grupos de especies u organismos en el sitio de estudio. Se contabilizó la cantidad de organismos en estratos de 10 cm, 20 cm, y 30 cm (anexo 3), en un frasco de plástico conteniendo alcohol etílico al 70 % para conservar los organismos recolectados. Cada frasco contenía la siguiente información: finca (La Espadilla), parcela (1/2/3/4/5/) No de muestra, profundidad superficial y edáfica (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) (anexo 4).

Riqueza: Es número de familias taxonómicas de la macrofauna superficial y edáfica encontradas en los años 2015 y 2021. Se utilizó hoja de Microsoft Excel para organizar los datos y procesar su análisis con gráficas de barra.

Número de organismos por rol funcional: Los grupos funcionales por rol de la macrofauna edáfica que se evaluaron fueron los detritívoros, omnívoros, depredadores y fitófagos, para comparar los resultados entre ambos años.

Disimilitud: Se tomó en cuenta el número de familias de macrofauna de una comunidad en particular que se evaluaron durante el estudio de campo, para conocer la cantidad y diferencia de especies presentes en el agroecosistema. Se utilizó el índice de disimilitud de Bray-Curtis para comparar los datos del año 2015 y 2021.

Índice de disimilitud de Bray-Curtis

El índice de Bray-Curtis tiene el objetivo de determinar la diferencia total en la abundancia de especies entre dos sitios o subsistemas dentro de una misma finca dividido por la abundancia total en cada sitio. La disimilitud Bray-Curtis resulta más intuitiva debido a que las especies comunes y raras tienen pesos relativamente similares (Espinosa, 2018, p. 4).

Bray y Curtis (1957) modificaron el índice de Sorensen para producir uno que incluyera dicha medida de importancia, este es: $IB\&C = 2jN / (aN + bN)$. Donde, aN = número total de individuos en la comunidad A, bN = número total de individuos de la comunidad B, y jN = suma total de las abundancias menores de las especies encontradas en ambas comunidades (Badiis, Landeros y Cerna, 2008, p. 642).

4.3. Recolección de datos

Se utilizaron los datos del muestreo realizado el día 21 de octubre del año 2015 en época lluviosa y la réplica del estudio se llevó a cabo el día 23 de marzo del año 2021 concluyendo el muestreo el mismo día, correspondiente a la época seca. Bajo estas condiciones en el estudio se realizó un climograma (figura 2) para comparar los datos de cada año, señalar como sobresalen los momentos de muestreo y como ambas generan influencia sobre la población de macrofauna presente.

4.4. Análisis de datos

Una vez realizado el procedimiento de extracción de muestras de las colectas, se llevaron las muestras al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria para su respectiva identificación, los ejemplares se extrajeron con sumo cuidado colocándolos en papel toalla, seguidamente se ubicaron sobre un vidrio, bajo el lente de un estereoscopio, detallando sus características para ser identificados, con claves taxonómicas: orden y clase

El análisis de datos fue descriptivo, la determinación de la diversidad de los datos obtenidos de las poblaciones de macrofauna consistió en recoger y ordenar la información de los subsistemas asociados a la finca agroecológica, se usó el programa Microsoft Excel para el ordenamiento de la información de las gráficas para la presentación del análisis.

Este método es preciso para recolectar la información y proceder a describir las relaciones que se dan entre los datos. Se utilizaron tablas para la representación de los grupos funcionales de los organismos muestreados y un análisis descriptivo de graficas con barras para determinar los índices de disimilitud de Bray-Curtis.

4.5. Materiales y equipos

Una vez presentes en el área de estudio y sitio de identificación de los organismos recolectados se usó materiales y equipos proporcionados por la Universidad Nacional Agraria que a continuación se mencionan (cuadro 1).

Cuadro 1. Materiales y equipos utilizados durante el muestreo y el procesamiento de datos

Materiales	Equipos
Palín	Computadora
Frascos de plástico	Estereoscopio
Cinta métrica	Pinzas
Alcohol etílico al 70%	Pinchos
Masking tape	Platos Petri
Lapicero	Manual para identificación de insectos
Marcadores	GPS
Libretas	Hidrómetro
Papel toalla	

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista biológico, la abundancia de la macrofauna edáfica es de suma importancia, agrupa los organismos más importantes para la transformación de las propiedades edáficas e interacciones biológicas (Cabrera, 2012, p. 350).

Se realizaron gráficas para mostrar el comportamiento de las diferentes familias en los años 2015 y 2021. Se determinó su variación según abundancia. Esto permite diferenciar entre aquellas familias que han disminuido o permanecido idénticas en el tiempo.

5.1 Estructura poblacional de la macrofauna asociada a los subsistemas de la finca

La riqueza y diversidad de la macrofauna juegan un papel importante en los agroecosistemas, no solo como vectores de patógenos, sino también como benefactores debido a su capacidad de alterar el ambiente edáfico (González, Hernández y Espinales 2015, pp. 13).

El sistema suelo es el resultado de complejas interacciones entre factores físicos, químicos y biológicos y las comunidades edáficas se consideran las más ricas en especies de todos los ecosistemas terrestres. Los macroinvertebrados edáficos actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico. (Escobar et al., 2017, p. 41)

Estos grupos funcionales juegan un papel importante en la productividad de los ecosistemas gracias a la capacidad de modificar el medio superficial y edáfico, de esta manera, el ciclo de los nutrientes de las plantas que se encuentran en el suelo se promueve (Melo, 2010, p. 16).

5.1.1. Subsistema café-cacao

El uso no sostenible y las constantes perturbaciones tienen un efecto negativo sobre la macrofauna que habita en la superficie, alterando importantes procesos bióticos que mantienen el equilibrio edáfico, 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.

En la figura 3, se observa que el sub sistema café– cacao (anexo 5) es uno de los que cuenta con más presencia poblacional de macrofauna. Las familias Scarabaeidae, Formicidae, Forficulidae y Chrysomelidae en el año 2015 tuvieron mayor población que en el año 2021; la familia Pentatomidae tuvo un aumento del año 2015 al 2021, las familias Reduviidae y Gryllidae tuvieron igualdad de abundancia en ambos años. En el año 2015 se contabilizaron 18 familias y en el año 2021 se observaron 20 familias de macrofauna edáfica.

Se destaca que el mayor grupo de familias que tuvo más población en el año 2015 fue Lumbricidae y los grupos que menos predominancia tuvieron son: Carabidae, Cicadellidae, Nabidae, Noctuidae y Cydnidae.

La familia que tuvo alta población en el año 2021 fue Styloniscidae, y las familias que presentaron bajas poblaciones fueron: Cosmetidae, Agelenidae, Lucanidae, Cicadellidae, Acanthosomatidae y Perlidae.

Las razones de que algunos de estas familias Formicidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae, Forficulidae, Gryllidae, Pentatomidae y Reduviidae, estuvieran presentes en el año 2015 y 2021, es que son organismos que con el pasar de los años han ido evolucionando para resistir a los cambios de temperaturas.

Un aspecto de suma importancia que favorece al incremento de individuos presentes en un agroecosistema es la incorporación de residuos orgánicos, aporte de biomasa y un microambiente favorable para la actividad de la macrofauna a causa de un mayor contenido de humedad en el suelo, la macro fauna se considera como un indicador biológico sensible a los impactos del suelo, al crear nuevos paisajes con habitats totalmente transformados, alteran el microclima y a su vez las probabilidades de la extinción o disminución de muchos de estos organismos, esto significaría la causa de una baja biodiversidad en un agroecosistema (Chavarría y Martínez, 2017, p. 18).

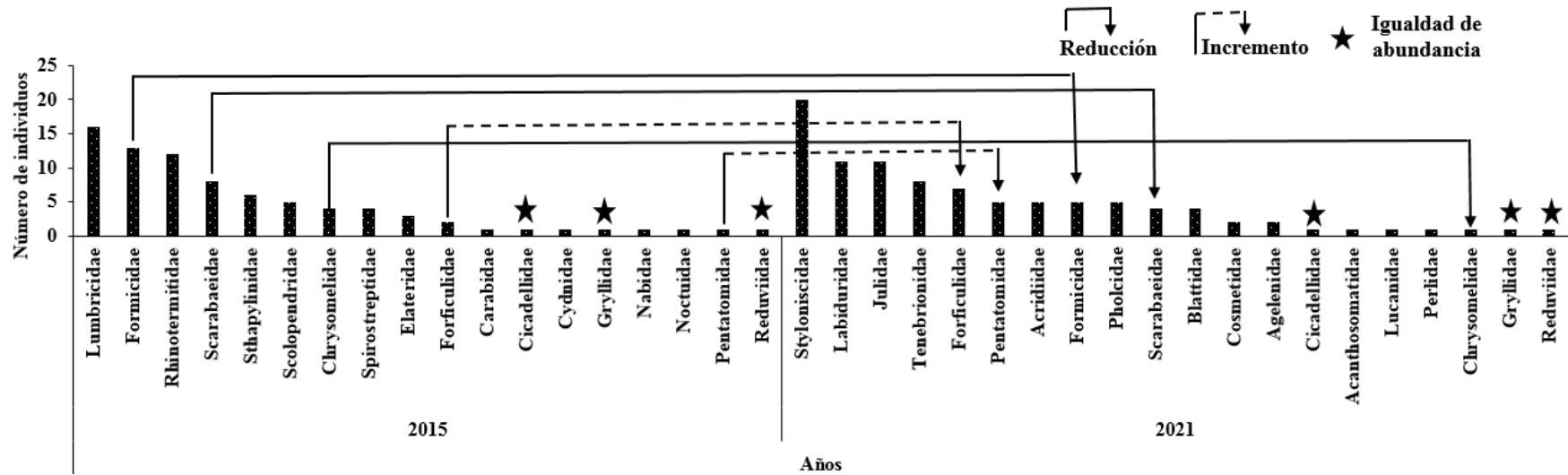


Figura 3. Comparación de la macrofauna en subsistema café - cacao de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

5.1.2. Subsistema bosque

Las comunidades de fauna edáfica 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 (Mancilla, Rangel y Falcón, 2017, p. 465).

En la figura 4 se observa que la familia Scarabaeidae tuvo más población en el año 2015 y disminuyó en el año 2021; la familia Styloniscidae tuvo poca presencia en el año 2015 y aumentó su población en el año 2021 y la familia Gryllidae tuvo igualdad de abundancia en ambos años. Se contabilizaron 9 familias en el año 2015 y 14 en el 2021.

Se muestra diferencia entre la abundancia de las poblaciones que predominaron en el sub sistema bosque entre el año 2015 y 2021, la familia Lumbricidae tuvo mayor población en el año 2015 y las de baja población fueron: Spirostrepidae, Cydnidae, Chrysomelidae, Gryllidae, Pentatomidae y Rhinotermitidae.

En el año 2021 las familias Agelenidae, Formicidae y Polydesmidae tuvieron altas poblaciones.

La fragmentación de los bosques contribuye a la pérdida de hábitats y al aislamiento de pequeñas poblaciones naturales e incrementa las probabilidades de extinción y pérdida de la biodiversidad, el monitoreo de los grupos de organismos en un ecosistema es una estrategia para entender el impacto de las alteraciones ambientales a largo plazo, la predominancia de la macrofauna edáfica representa un grupo funcional que regula importantes procesos ecosistémicos en el suelo, como la descomposición de la materia orgánica, la formación de estructuras biogénicas que son las construcciones realizadas por una especie de la naturaleza y el reciclaje de nutrientes, junto con la agregación del suelo, estos grupos están ligados por un conjunto de factores ambientales, temperatura, y la disponibilidad de recursos vegetales son los principales determinantes para que estén presentes en un agro ecosistema (Tapia et al., 2019, p. 3).

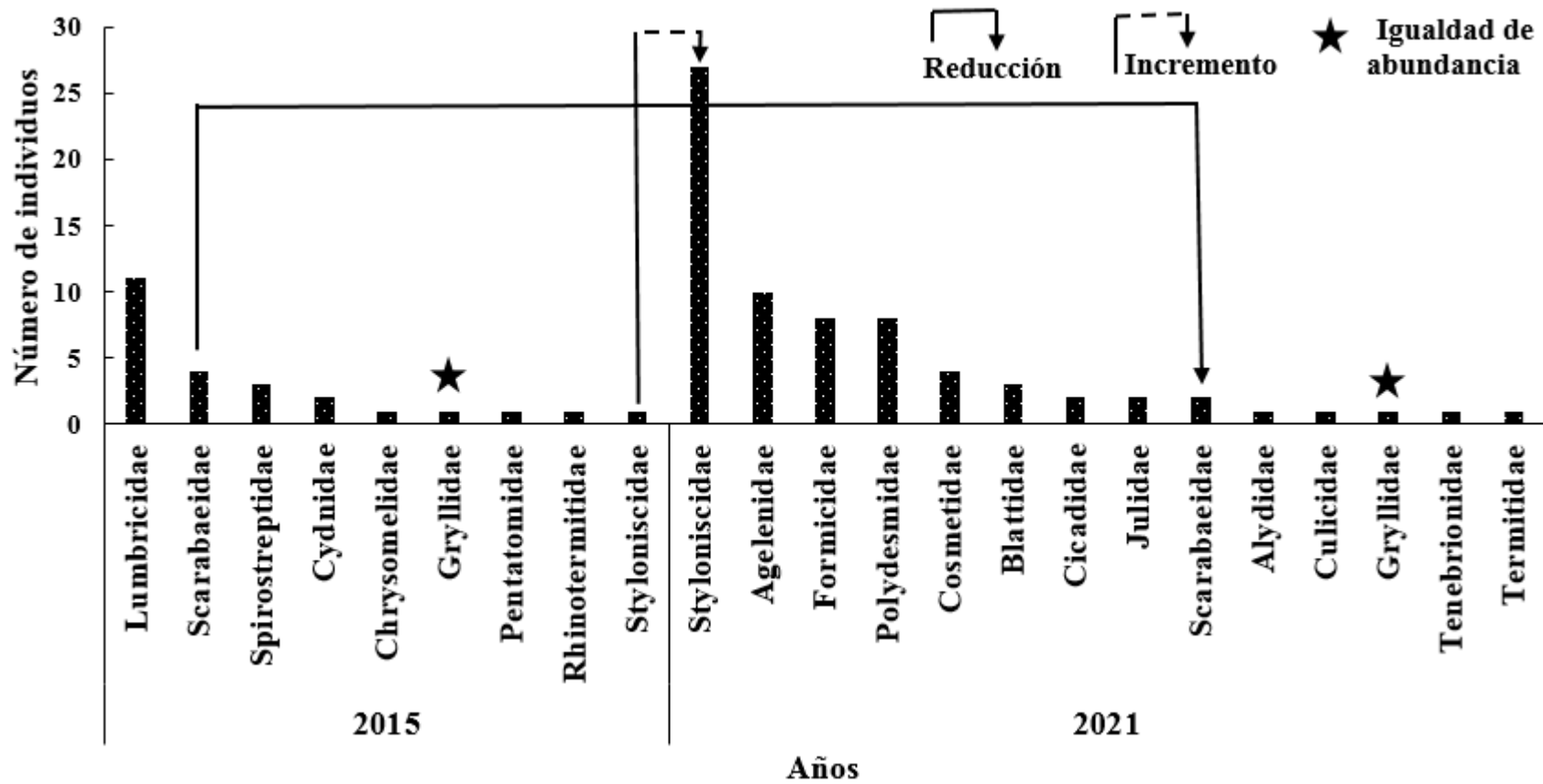


Figura 4. Comparación de la macrofauna en subsistema bosque de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

5.1.3. Subsistema granos básicos

En la figura 5 se observa que la familia Formicidae disminuyó su población del año 2015 al 2021, en ambos años la familia Staphylinidae y Meloidae tuvieron igualdad de abundancia en ambos años representados por las estrellas que se muestran en la gráfica. Se enumeraron 15 familias en el año 2015 y 18 familias en el 2021.

En el año 2021 se encontraron nuevas familias que no estuvieron presentes en el año 2015, de estas nuevas familias recolectadas la más predominante fue Agelenidae.

La diversidad de las familias fue relativamente baja en los primeros horizontes del suelo 0-10 cm en este sub sistema, las que tuvieron poca presencia en el año 2021 son: Coccinelidae, Cosmetidae, Dictynidae, Ixodidae, Julidae, Mantidae, Meloidae y Pompillidae, esto se debe a que este sub sistema presentó poca densidad de composición de árboles y hojarasca.

Los organismos de la macrofauna edáfica son susceptibles a los cambios físicos y químicos del suelo, los altos valores de biomasa de la fauna edáfica encontrados en un sistema con mayor diversidad se deben, a la presencia de mayor diversidad vegetal, mayor cantidad de hojarasca de mejor calidad, y fuentes de materiales orgánicos por medio de la presencia de diversas plantas en los sistemas de cultivo o pastoreo (Criollo, 2017, p. 6).

5.1.4. Subsistema café en desarrollo

En la figura 6 se observa que en ambos años hubo bajas poblaciones, la familia Styloniscidae aumento su población del año 2015 al 2021 y la familia Formicidae tuvo igualdad de abundancia en ambos años, pero en cantidades relativamente bajas. Para este subsistema se encontraron 13 familias en el 2015 y 14 familias en 2021.

En 2015 las familias Julidae y Polydesmidae no estaban presente, seis años después fueron las familias que tuvieron mayores poblaciones en 2021 en estación seca. Los insectos que tuvieron poca presencia se debe a que estas familias de macrofauna edáfica tienen preferencia por la humedad; la radiación del solar podría demostrar una baja presencia, no porque no estén en el sistema, sino que el cambio de temperaturas al haber un aumento inicia el proceso de evaporación del suelo, esto provoca que la humedad del suelo disminuya y algunos insectos no están aptos a las altas temperaturas.

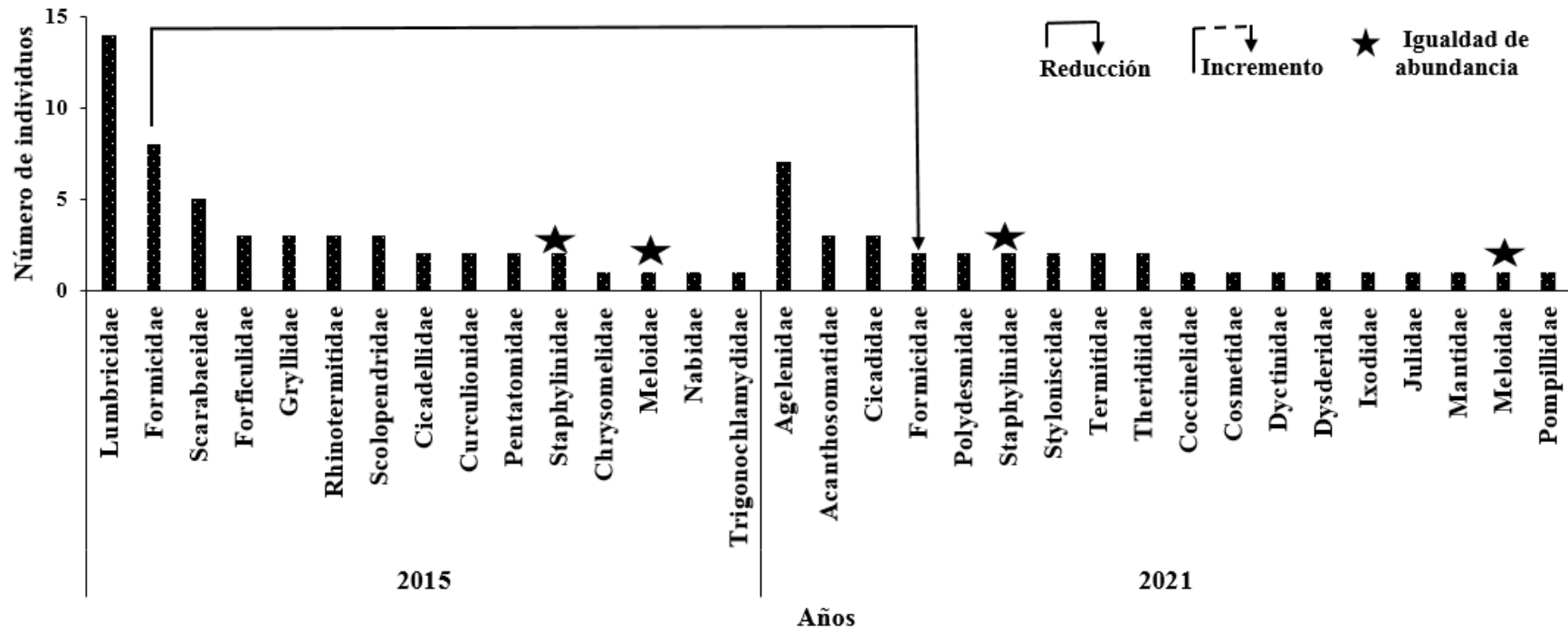


Figura 5. Comparación de la macrofauna en subsistema de granos básicos de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

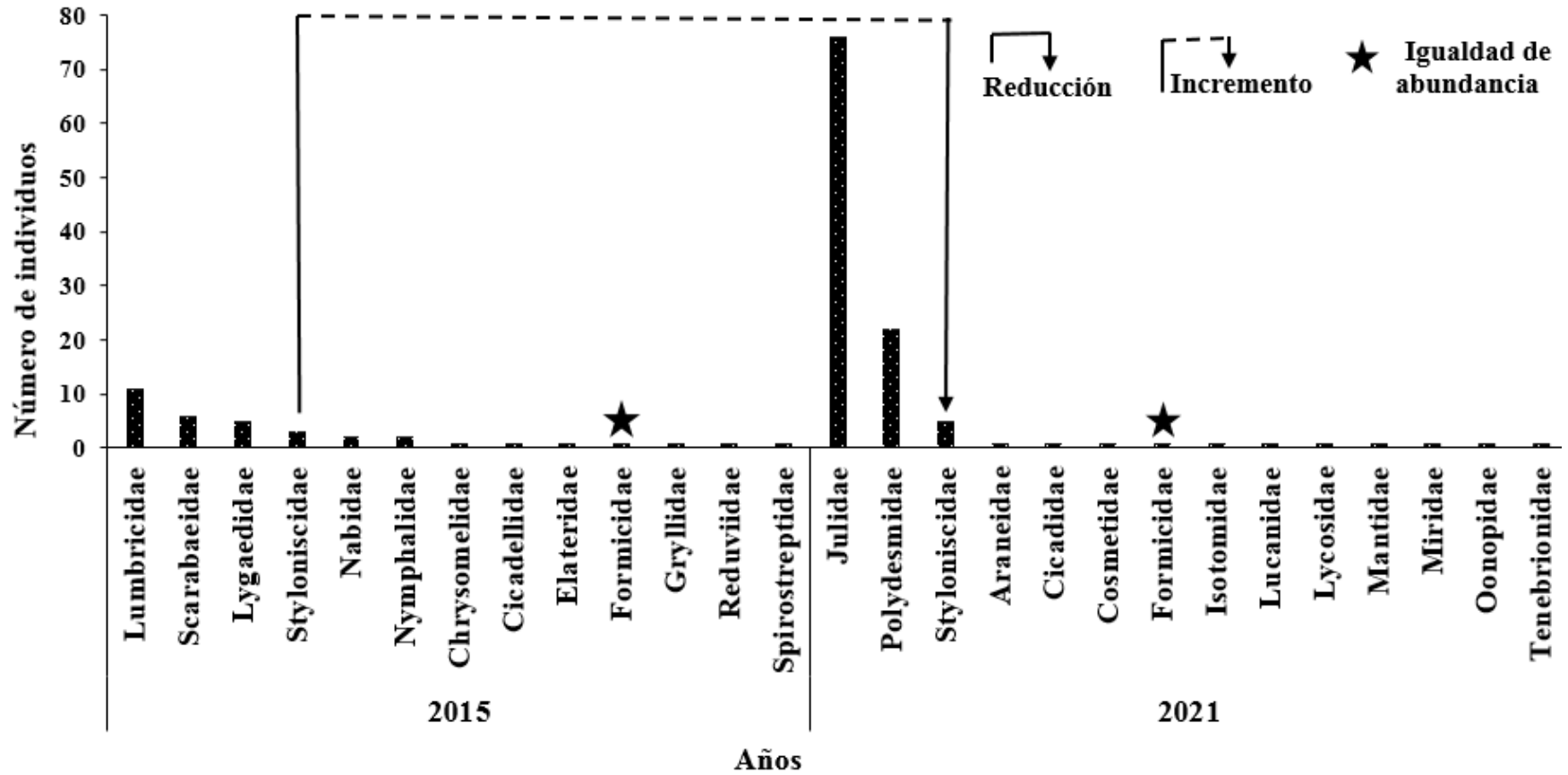


Figura 6. Comparación de la macrofauna en subsistema café en desarrollo de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

La familia Julidae fue la que tuvo una mayor población en el año 2021, seguida de la familia Polydesmidae. Los organismos con bajas poblaciones fueron: Araneidae, Cicadidae, Cosmetidae, Isotomidae, Lucanidae, Lycosidae, Mantidae, Miridae, Oonopidae y Tenebrionidae.

Las actividades humanas a través del uso y del manejo que ejercen en los sistemas de laboreo del suelo al momento de establecer cultivos se identifican efectos determinantes a nivel de biota, se ven afectado los niveles de actividad que desempeñan los macroinvertebrados, no obstante, una de las razones de que ciertos grupos de familia tengan alta presencia en un ecosistema es porque tienen mayor actividad en época de lluvia y habitan en lugares donde hay buena oxigenación y descomposición de nutrientes del suelo (Moran y Alfaro, 2015, p. 13).

5.1.5. Subsistema pasto

En la figura 7 se observa que las familias Staphylinidae y Scarabaeidae disminuyeron sus poblaciones del año 2015 al 2021, la familia Formicidae y Styloniscidae aumentaron su población considerablemente. En el 2015 se contaron 11 familias y 13 en el año 2021.

La familia Polydesmidae apareció en el año 2021 con una alta población, presentó disminución de la población de Scarabidae y Styloniscidae.

Se encontraron nuevas familias que no estuvieron presentes en la finca para el año 2015, son: Acridiidae, Agelenidae, Meloidae, Cicadellidae, Cosmetidae, Julidae y Pauropodidae.

Las causas que afectan la alteración en los procesos de configuración del hábitat de los organismos que se desarrollan en el medio edáfico y baja presencia de individuos en un agroecosistema son los cambios en los ecosistemas por acciones realizadas por el hombre con actividades agrícolas, pecuarias y forestales, las cuales forjan efectos negativos en la diversidad de la macrofauna perturbando el buen funcionamiento del suelo (Delgado, Burbano y Silva et al., 2011, p. 92).

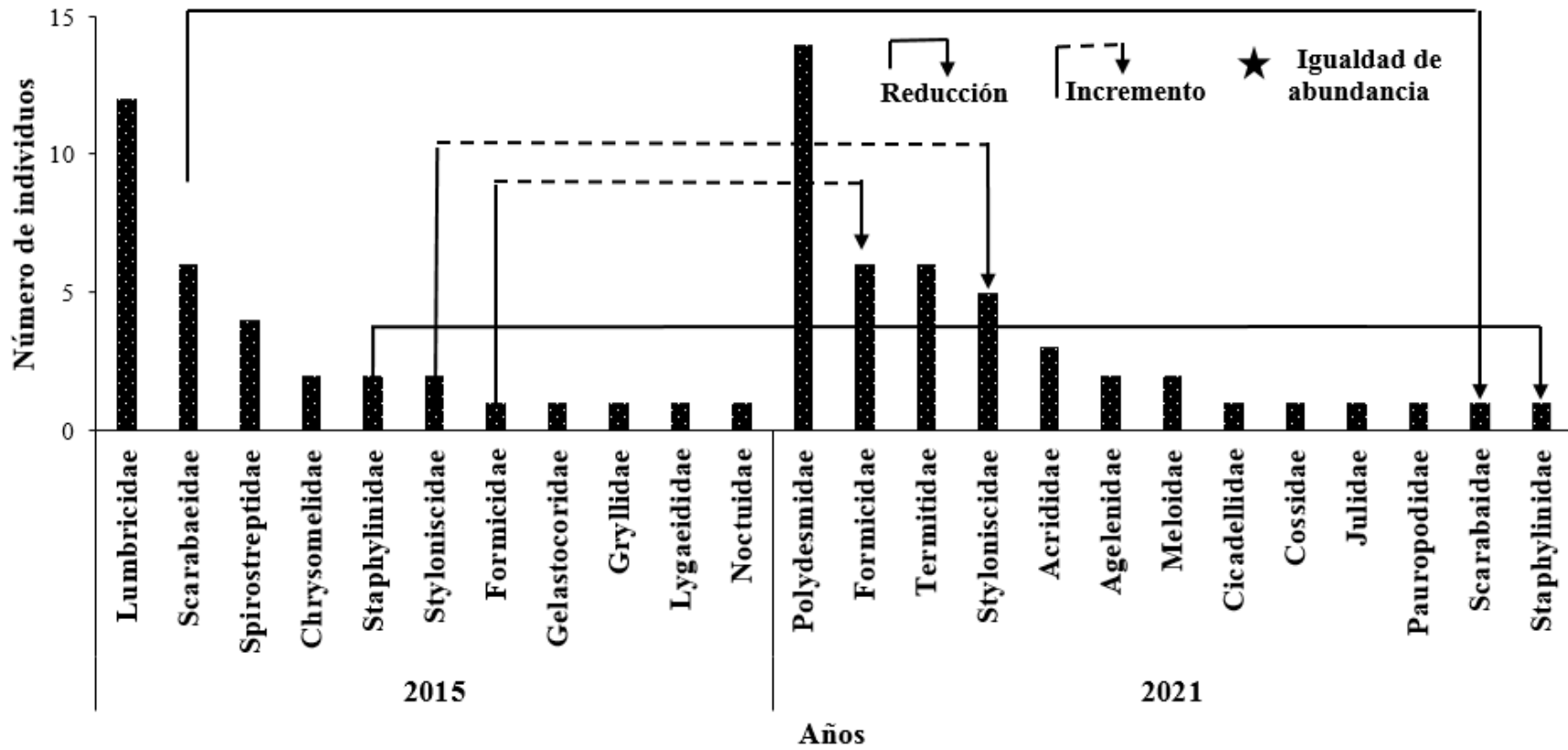


Figura 7. Comparación de la macrofauna en subsistema pasto de la finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

5.1.6 Análisis de Orden Pulmonata en los cinco subsistemas

Se observa la presencia del orden Pulmonata en los cinco subsistemas evaluados, el subsistema café-cacao fue el que tuvo más población de este orden y café en desarrollo, debido a que tienen preferencia en sistemas forestales y agroforestales. Granos básicos y pasto tuvieron bajas poblaciones por un sistema de pasto bajo o medio (figura 8). Las funciones ecológicas del orden Pulmonata y a nivel de familias son similares y las actuales investigaciones para la clasificación taxonómica de este orden a nivel de Latinoamérica son exploratorias; se determinó trabajar con claves taxonómicas a nivel de orden.

Los caracoles son de gran importancia agrícola llegan a ser considerados plagas de diversos cultivos como frutas, verduras, cultivos forestales y ornamentales, son valiosas como alimento en control de plaga y como indicadores de contaminación, es una especie que se encuentra donde abunda la sombra y humedad (Gómez, 2017, p. 16).

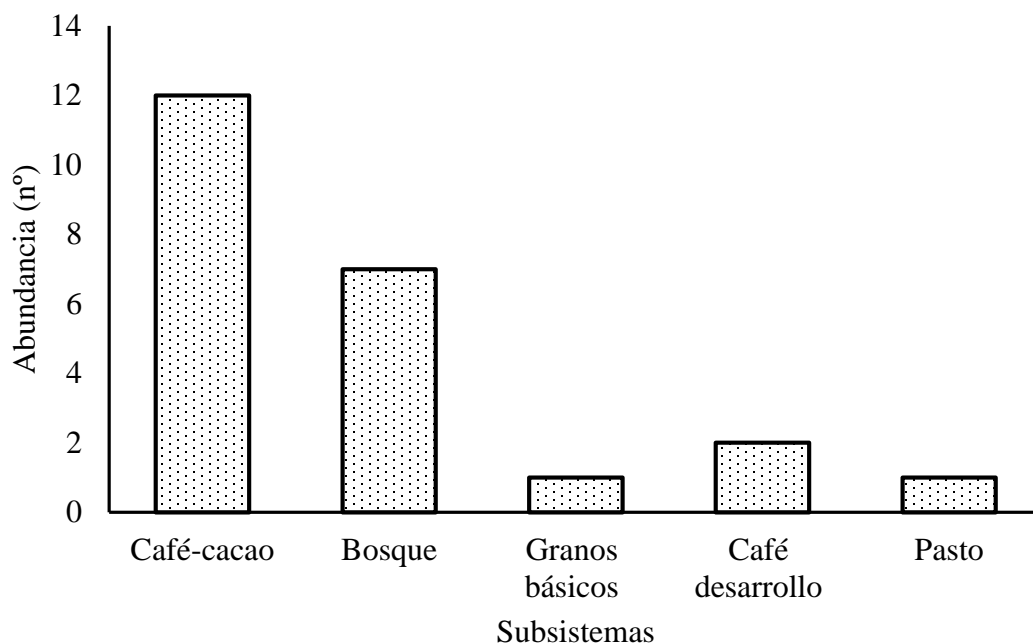


Figura 8. Número de individuos del orden Pulmonata encontrados en los cinco subsistemas de la Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021.

5.2 Funcionalidad de la macrofauna en la finca agroecológica

La funcionalidad de la macrofauna observada con mayor representatividad en el año 2015 fue detritívora con un total de 611, dentro de esta, la familia que más presencia demostró fue la Lumbricidae con 363 individuos, su papel es de suma importancia para el suelo al tener como función la transformación de la materia orgánica en humus y se alimentan de material vegetal (cuadro 2).

En términos de funcionalidad el grupo de los depredadores alcanzó un valor de 204 individuos, formicidae obtuvo un valor de 84 individuos (cuadro 2).

La fauna del suelo comprende una gran variedad de organismos con tamaños y estrategias adaptativas muy diferentes, especialmente a la movilidad y modo de alimentación, lo que determina la manera en que puede influir en los procesos del suelo, la macrofauna se destaca porque su actividad tiene efectos de fertilidad y estructura del suelo, control de insectos plagas y enfermedades y crecimiento de las plantas, la presencia de estos organismos se basa en las prácticas agrícolas y el uso del suelo, el manejo adecuado del suelo brinda mayor cantidad de organismos (Zerbino, 2005, p. 2).

Las lombrices (familia: Lumbricidae) y la familia Styroniscidae tienen como función mantener estable las condiciones en que crecen las plantas, se encontraron bajo condiciones de humedad y se alimentan de materia orgánica en descomposición.

Las condiciones en las que habitan y la alimentación es esencial para el crecimiento de todo organismo que habita en el medio edáfico, además, a través de su acción mecánica en el suelo contribuyen a la formación de agregados estables que permiten proteger una parte de la materia orgánica de una rápida mineralización y pueden modificar las propiedades físicas y de textura en los horizontes donde habitan, de forma positiva en los principales procesos que se desarrollan en el ecosistema suelo (Sánchez y Reinés, 2001, p. 192).

Los grupos funcionales por rol de familias con mayor representatividad encontrados en el agroecosistema finca La Espadilla en el año 2021, son los siguientes: detritívoros, depredadores y fitófagos, el grupo con el número más bajo, pero no menos importante fueron los omnívoros.

Cuadro 2. Grupos funcionales de las familias encontradas en los cinco subsistemas evaluados en la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2015

Familia	Detritívoros	Omnívoros	Depredadores	Fitófagos
Scarabaeidae	44	-	44	44
Chrysomelidae	9	-	9	9
Cicadellidae	-	-	-	6
Cydnidae	-	-	-	3
Lumbricidae	363	-	-	-
Elateridae	5	-	5	5
Formicidae	-	84	84	-
Gryllidae	-	-	-	7
Navidae	-	-	-	4
Noctuidae	-	-	-	-
Pentatomidae	-	-	-	5
Reduviidae	-	-	-	2
Rhinotermitidae	108	-	-	-
Scolopendridae	32	-	-	-
Trigonochlamydidae	1	-	1	-
Staphylinidae	20	-	20	20
Curculionidae	2	-	2	2
Lygaeidae	-	-	-	7
Styloniscidae	20	-	-	-
Gelastocoridae	-	-	-	1
Tenebrionidae	-	-	-	-
Opiliones	-	-	32	-
Forficulidae	5	-	5	-
Pompilidae	-	-	-	-
Nymphalidae	-	-	-	-
Carabidae	1	-	1	1
Blattidae	-	-	-	-
Meloidae	1	-	1	1
Total	611	84	204	117

Detritívoros: Intervienen en la descomposición de la materia orgánica, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie juegan un papel importante en los ecosistemas debido a que son organismos que se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca, su actividad se desarrolla durante gran parte del año siendo en ocasiones el principal grupo de descomponedores (Acuña y Betancourth, 2018 p. 32).

Los detritívoros son beneficiosos para los cultivos porque tienen un rol importante en los ecosistemas al ser los encargados de la descomposición de la materia orgánica, un componente que determina la calidad y productividad del suelo.

Omnívoros: se alimentan de material vegetal y animal, contribuyen a que los procesos de degradación de la materia orgánica sean efectivos, porque ayudan como indicadores de humedad y cantidad de luz presente en el sistema (Zumbado y Azofeifa, 2018, p. 31).

En el cuadro 3 se observa el grupo funcional que más presencia tuvo en el año 2021 fueron los detritívoros, entre ellos los que más sobresalieron fue la familia Julidae con 91 individuos, esta familia se alimenta de hojarasca, su mayor actividad ocurre durante la época lluviosa, son benéficos para los cultivos porque son importantes en cuanto a descomposición de materia orgánica y la convierten en humus en el agroecosistema.

El grupo funcional de los omnívoros son de importancia agrícola porque se alimentan de grandes cantidades de especies causando daño el follaje de los cultivos, convirtiéndose en plagas cuando aumenta su población, depredan a invertebrados que sirven como control biológico, presentan un rol importante en la estructura del suelo.

Depredadores: los depredadores consumen diversos invertebrados, modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre estas y los recursos disponibles del ecosistema (Lema, 2016, p. 20).

La abundancia de estos organismos en los cultivos es necesaria porque contribuyen a mantener bajos los niveles de población de insectos plagas, de esta manera el productor disminuirá los costos de producción, al ser un control biológico, no reparará en gastos de productos químicos, y los insectos plaga son una alternativa de alimentación para los depredadores.

Fitófagos: se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo, en general los insectos fitófagos explotan partes muy diversas de las plantas, por su naturaleza animal, poseen una gran capacidad de adaptación que les permite vivir en hábitats variados desde condiciones templadas hasta tropicales (Flores et al., 2011, p. 25).

Cuadro 3. Grupos funcionales de las familias encontradas en los cinco subsistemas evaluados en la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2021

Familia	Detritívoro	Omnívoros	Depredadores	Fitófagos
Styloniscidae	59	-	-	-
Labiduridae	-	11	-	-
Julidae	91	-	-	-
Tenebrionidae	10	-	-	-
Forficulidae	7	-	-	-
Pentatomidae	-	-	-	10
Acrididae	5	-	-	-
Formicidae	-	22	-	-
Pholcidae	-	-	5	-
Scarabaeidae	-	-	-	7
Blattidae	-	7	-	-
Cosmetidae	-	-	8	-
Agelenidae	-	-	19	-
Cicadellidae	-	2	-	-
Acanthosomatidae	-	-	-	-
Lucanidae	-	2	-	-
Perlidae	-	-	1	-
Crysmelidae	-	-	-	1
Gryllidae	-	-	-	1
Cicadidae	-	6	-	-
Acrididae	-	3	-	-
Termitidae	-	-	9	-
Polydesmidae	46	-	-	-
Staphylinidae	-	-	3	-
Theridiidae	-	-	2	-
Coccinelidae	-	-	1	-
Dictynidae	-	-	1	-
Ixodidae	-	-	1	-
Mantidae	-	-	1	-
Meloidae	-	-	-	3
Pompilidae	-	-	1	-
Isotomidae	-	1	-	-
Lycosidae	-	-	1	-
Miridae	-	-	1	-
Oonopidae	-	-	1	-
Culicidae	-	-	-	-
Total	218	54	55	40

Sirven como hospederos o presas para los insectos que se alimentan de otros, mejorando la supervivencia y reproducción de estos insectos benéficos en el agroecosistema, las arvenses ayudan al aumento de la población de insectos fitófagos.

Cuadro 4. Comparación de los grupos funcionales en los cinco subsistemas de la finca agroecológica La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua del año 2015 y 2021

Año	Grupo funcional			
	Detritívoros	Omnívoros	Depredadores	Fitófagos
2015	611	84	204	117
2021	218	54	55	40

En el cuadro 4 se observa que en el año 2015 hubo una cantidad superior de organismos en el agroecosistema, en comparación al año 2021 hubo poca presencia poblacional, algunos grupos funcionales tuvieron presencia en ambos años por su resistencia a los cambios de temperaturas como el caso de los grupos detritívoros.

Al igual que otros organismos vivos, los insectos son capaces de sobrevivir únicamente dentro de ciertos límites marcados por factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa o el fotoperiodo. Dentro de este rango, estos factores influyen a su vez sobre el nivel de respuesta de actividades tales como la alimentación, la dispersión, la puesta o el desarrollo. (Marco, 2001, p.147)

La macrofauna edáfica (anexo 6) responde a la vegetación y al manejo, se señala su dependencia al tipo de suelo, el clima, la acumulación y la calidad de la hojarasca como fuente de materia orgánica.

Los factores más importantes para organismos detritívoros residentes de la hojarasca y primeros centímetros del suelo, la calidad y del medio edáfico implican la capacidad continua de funcionamiento de un ecosistema o agroecosistema, para sostener la calidad biológica (Cabrera, 2019, p. 6).

5.3 Disimilitud temporal entre la diversidad de la macrofauna que existió en el 2015 y la observada en el 2021 en la finca agroecológica.

El índice de disimilitud fue uno de los parámetros establecidos para evaluar si hubo diferencia entre el 2015 y 2021, para eso se realizó una gráfica comparativa (figura 9).

La disimilitud alta significa que hay diferencia entre las poblaciones entre 2015 y 2021, las de disimilitud intermedia indica que las proporciones entre poblaciones difieren de manera balanceada y las de disimilitud baja significa que la diferencia entre las poblaciones es mínima o inexistente.

Las familias que presentan disimilitud baja son Formicidae, Pentatomidae y Forficulidae. Las familias Cicadellidae, Reduviidae, Meloidae y Scarabaeidae que presentan una disimilitud media. Las que obtuvieron una disimilitud alta (hay diferencia entre las poblaciones) son Gryllidae, Styloniscidae y Chrysomelidae.

Los resultados del índice de disimilitud de Bray-Curtis indican que las prácticas agroecológicas son importantes para la conservación de organismos que favorecen la descomposición de la hojarasca, sirve como estrategia para mejorar o mantener las propiedades físicas y químicas del suelo, ayuda a la conservación de agua en el suelo permitiendo que los sistemas agrícolas se adapten a las condiciones de temperatura.

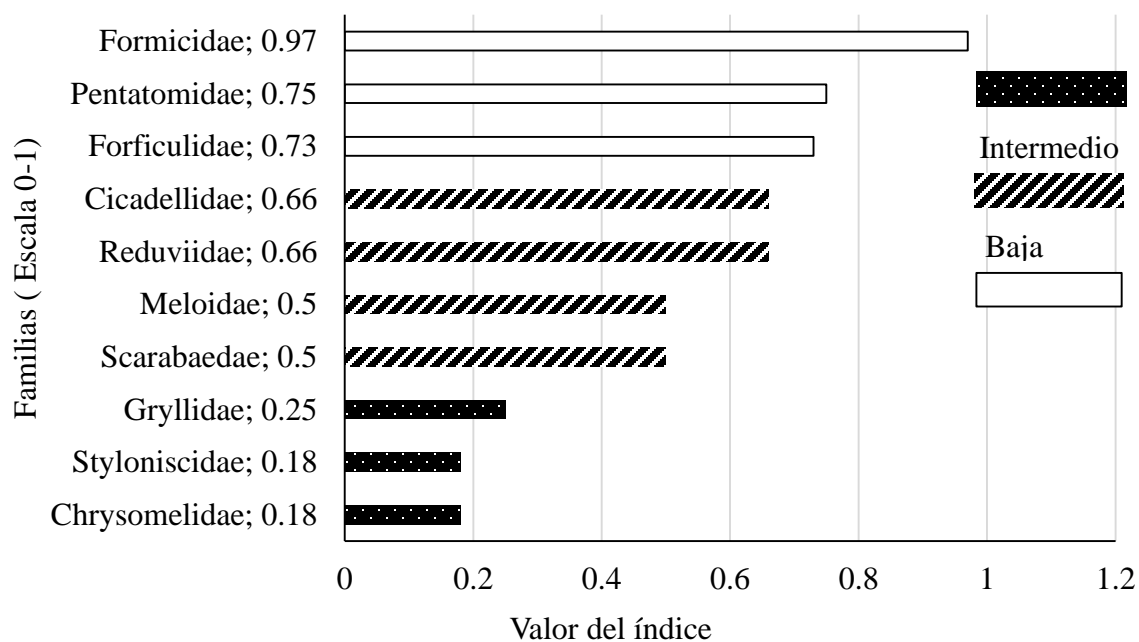


Figura 9. Índice de disimilitud de Bray-Curtis para las familias los diferentes subsistemas de la Finca La Espadilla, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2015 y 2021.

Gryllidae: son insectos defoliadores, reducen la superficie foliar, es conveniente para la finca que haya disminuido es considerado una plaga agrícola.

Styloniscidae: disminuyó su población por factores de humedad, la reducción de la humedad implica una baja, el estudio se realizó en época seca. No es conveniente para la finca porque estos organismos mantienen estables las condiciones de las aguas subterráneas, esto produce un suministro de nitratos de forma natural, y otros nutrientes como el fosfato son vitales para el crecimiento de las plantas.

El índice de Bray-Curtis se considera como una medida de la diferencia entre la abundancia de cada especie presente en un ecosistema. En la literatura sobre el índice de disimilitud, comparar biotas ha sido frecuentemente confrontado, dichas comparaciones pueden dar lugar a propuestas útiles de clasificación de los ensamblajes bióticos. La razón que fundamenta estas ideas es que si la composición taxonómica de la biota de un sitio dado muestra un alto parecido al de otro (alta similitud, baja disimilitud), ambas biotas podrían considerarse como parte de una entidad de rango superior. Por el contrario, si la semejanza es baja (baja similitud, alta disimilitud), podrían representar unidades distintas, si se hiciera un número considerable de estas comparaciones entre muchos sitios de referencia dentro de un área extensa, se podría esperar que ciertas subáreas parezcan definidas por los patrones de similitud, todas las especies tienen la misma importancia, sin considerar si son abundantes o raras. (Calderón y Moreno, 2019. p. 206).

VI. CONCLUSIONES

La estructura poblacional de la macrofauna del suelo presentes en finca agroecológica La Espadilla en el 2015 fue de 28 familias. En el año 2021 fueron 36 familias, la presencia de la familia Julidae se observó con mayor abundancia en los subsistemas café-cacao y café en desarrollo.

Los grupos funcionales más sobresalientes de las colectas en la finca agroecológica La Espadilla en el año 2015 fueron los detritívoros, fitófagos y depredadores. En el año 2021 fueron los detritívoros, seguido por omnívoros y depredadores, siendo un resultado positivo para el agroecosistema que el grupo de los fitófagos fue el que menos predominancia tuvo.

El índice de Bray-Curtis demuestra que entre las poblaciones de macrofauna 2015 y 2021, las familias Forficulidae, Pentatomidae y Formicidae tenían baja disimilitud, las de disimilitud intermedia fueron Scarabaeidae, Meloidae, Reduviidae y Cicadellidae. Las familias que se comportaron con una disimilitud alta fueron las poblaciones de Chrysomelidae, Styloniscidae y Gryllidae.

VII. RECOMENDACIONES

Desarrollar un nuevo estudio, donde se contabilice la macrofauna en estación seca y lluviosa especialmente los meses marzo y octubre en el futuro; para verificar la estructura poblacional en estos dos momentos y determinar las disimilitudes poblacionales porque fueron los momentos de trabajo más importantes en las investigaciones de 2015 y 2021.

Mantener la cobertura vegetal en todos los subsistemas para favorecer el aumento o estabilidad de la macrofauna edáfica.

Evitar acciones como el arado, uso de agroquímicos, quema de basura, que perjudiquen el funcionamiento de los organismos benéficos en el suelo, estos son susceptibles a sus cambios.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acuña Pleytes, M. Z., Betancourth Pineda, M. A. (abril 2018) Evaluación de los invertebrados como como indicador biológico del ecosistema en dos manejos de suelo: camellones y labranza convencional, Diriamba, Carazo, Nicaragua, 2017 [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria <https://repositorio.una.edu.ni/3673/1/tnp34a189.pdf>
- Aguilera Quiroz, Y. J., Pilarte Martínez, M. A. (noviembre 2017) Comparación de los diseños, manejos y biodiversidad de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo, Nicaragua, 2018 [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria <https://repositorio.una.edu.ni/3678/1/tnp34a283.pdf>
- Arguello Guerrero, A. C., y Olivero Palma M. I. (junio 2015) Café convencional en Nicaragua [Tesis de pregrado] <https://repositorio.unan.edu.ni/3950/1/3237.pdf>
- Badiis, M. H., J. Landeros., y Cerna E. (2008). *Patrones de asociación de especies y sustentabilidad*. 3(1) 632-660 <http://www.spentamexico.org/v3-n1/3%281%29%20632-660.pdf>
- Bray, J.R. & J.T. Curtis. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Bueno Villegas, J. (2012). *Diplópodos: los desconocidos formadores del suelo*. *CONABIO. Biodiversidad*, 102: 1-5. Obtenido de file:///F:/2012_Bueno-Villegas-DiplopodosLosformadoresdelsuelo-Biodiversitas.pdf
- Cabrera, G., Robaina , N., y Ponce , L. (2011). *Composicion funcional de la macrofauna edafica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba*. *Scielo*, 7.
- Cabrera, Grisel. (octubre, 2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. *Pastos y forrajes* .35(4) 349-364 <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269125514007.pdf>
- Cabrera, Grisel (2019). Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso del suelo y calidad del suelo en el occidente de Cuba [Tesis de pregrado] Universidad de Alicante https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88889/1/tesis_grisel_de_la_caridad.pdf
- Calderón Patrón, J. M y Moreno, C. E. (2019). Diversidad de la biota basada en indicadores de disimilitud: Su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. *La biodiversidad en un mundo cambiante: fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. 206(9) 203-222 <https://www.researchgate.net/publication/339209649Diversidadbetacomodisimilitudyparticionencomponentesderecambioydiferenciasenriqueza>

- Chavarría Díaz, B. R, y Martínez Arauz, J. A, (2017) Evaluación de los diseños, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua 2015-2016. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria. Repositorio institucional UNA <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34ch512.pdf>
- Criollo Campos, P. J. (2017) Macrofauna edáfica de dos sistemas pecuarios, en el distrito de conservación de suelos “corpoica – Tibaitata” [Tesis de pregrado] Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3133/Macrofauna%20ed%C3%A1fica%20de%20dos%20sistemas%20pecuarios%2C%20en%20el%20distrito%20de%20conservaci%C3%B3n%20de%20suelos%20Corpoica%20Tibaitata.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Delgado, G., Burbano, A., y Silva- Parra, A. (enero 2011). Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arábica* L. Revista de Ciencia Agrícola. (1), 92. <http://Dialnet.unirioja.es>
- Escobar Montenegro, A., Bartolomé, J., González, N. (junio, 2017) Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Ciencias ambientales* 41 (22) 39-49 <https://repositorio.unan.edu.ni/5829/1/320-1168-1-PB.pdf>
- Espinosa, C. I. (2018). *Similitud de comunidades biológicas* <https://ciespinosa.github.io/Similitud/index.html>
- Flores Canales, R. J., Aquino Isordia, N., Robles Bermudez, A., Ortega Avalos, O., Perez González, R., Ramos Quirarte, A. (2011). Ácaros fitofagos asociados a frutales en la zona centro de Nayarit. *Revista Fuente* 7 (25) 25-33 <http://fuente.uan.edu.mx>
- Gómez Duarte , F. A. (2015). *Efectividad de obras de conservación de suelos implementadas en la finca La Milagrosa, municipio de Camoapa, Boaco, 2014*. Boaco: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua .
- Gómez Mora, J. A. (2017) Eficacia de control de diferentes sustancias sobre caracoles *Opeas pumilum* y *Cecillioides aperta* EN PIÑA (*Ananas comosus*. Var. Comosus) híbrido md-2 en finca el tremedal S.A., San Carlos, Costa Rica [Tesis de pregrado] Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10651/Eficacia_de_control_de_diferentes_sustancias_sobre_caracoles_Opeas_Pumilum%20Y%20Cecillioides_Aperta_en_pi%C3%B1a_%20%28Ananas%20Comosus.%20Var.%20Comosus%29%20_h%C3%ADbrido_Md2_en_finca_el_tremedal%20S.A.%2C%20San%20Carlos%2C%20Costa%20Rica..pdf?sequence=1&isAllowed=y

- González Hernández, W. V., Hernández Díaz, I. M., y Espinales Llanes, S. C. (2015) Evaluación de la diversidad de la macrofauna en fincas plataneras en cuerno enano (AAB) en los municipios de León y Posoltega en el ciclo agrícola 2014. [Tesis de pregrado]
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4242/1/228060.pdf>
- Hernández Sequeira, I. A. (2015). *Evaluación del impacto de la implementación de prácticas de adaptación al cambio climático en 3 fincas del municipio de San Ramón, Matagalpa, Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria.
- Hernández Siampieri, R. (2003). *Metodología de la investigación*. <http://catarina.udlap.mx>
- Herradora Gutiérrez, Y. A, y Galeano Altamirano, N. M, (2017) Diseño, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica en dos agroecosistemas de granos básicos y ganado, La Grecia 2, Chinandega, Nicaragua 2015-2016. [Tesis de pregrado]
- Huarauya Aguirre , M. M. (2014). *determinacion de la macrofauna en suelos de cafetales (Coffea arabica L.) Santa Rosa Tealera, distrito Hermillo Valdizan*. Huanuco : Universidad Nacional Agraria de la Selva .
- Lema Veloz, N. C, (2016) determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug [Tesis de pregrado] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5419/1/TESIS%20MACROFAUNA.pdf>
- MAGFOR (2010) *Uso potencial de la Tierra*
<https://www.yumpu.com/es/document/view/50018284/uso-potencial-de-la-tierra-compendio-de-mapas-magfor>
- Mancilla - Brindis, R., Rangel – Ruiz, L. M., Falcón - Brindis, A., Gamboa – Aguilar, J., y Valdez – Leal, J. D. (agosto 2017). Riqueza y abundancia de la macrofauna epigea en cuatro sistemas tropicales del estado de Chiapas, México, *Acta Zoológica Mexicana*. (3), 3. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n3/2448-8445-azm-33-03-464.pdf>
- Marco, V. S. (2001). Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al manejo integrado de plagas mediante el método de grados-días. *Bol. SEA*, 147-150.
- Mejía Ocampo, A. S., & Urbina Ruíz, D. I. (2017). Balance aparente de nutrientes N, P, y K en dos agroecosistemas en San Ramón, Matagalpa, Nicaragua 2015-2016. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 14 de Octubre de 2021, de <https://repositorio.una.edu.ni/3564/1/tnp35m516.pdf>

- Melo Franco, M. C. 2010 Evaluación de la macrofauna edáfica en parcelas experimentales enmendadas con biosólidos en diferente proporción en el aula ambiental soratama loc. Usaquen Bogotá d.c [Tesis de pregrado] <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8498/tesis458.pdf?sequence=1>
- Moran Mendoza, J, E., y Alfaro Gutierrez, F. R. (2015) Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleífera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. [Tesis de pregrado] <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34m829.pdf>
- Noguera-Talavera, A., Reyes-Sánchez, N., Mendieta-Araica, B y Salgado-Duarte, M. M. (octubre, 2017) Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleífera* Lam. en Nicaragua. *Pastos y forrajes* 40(4) 265-275 <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n4/pyf02417.pdf>
- Ospina Aguledo , D., Castro Gomez, D. F., & Medina Serna, D. A. (14 de Enero de 2016). *Biología del suelo, 2016*. Obtenido de <https://biologiadelsuelo.wixsite.com>
- Pizarro, J. (27 de diciembre de 2017). *Agriculturers*. Obtenido de <https://agriculture.com/macropauna-del-suelo-optimiza-la-fertilidad-de-la-tierra-y-evita-uso-de-agroquimicos>
- Ramírez, W., García, Y., Sánchez, S., López, M y Hernández, L (junio, 2014) Caracterización de la macrofauna edáfica en sistemas de producción intensiva de césped. *Pastos y forrajes* 37(2) 158-165 <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n2/pyf05214.pdf>
- Rodríguez González, H. R., Salazar Centeno, D. J., García Centeno, L. J., & Fernández Álvarez, J. C. (2021). Macrofauna superficial y edáfica en Nicaragua: Distribución espacial, abundancia, diversidad y funciones. En J. Rojas Meza, F. Chavarría Arauz, & D. J. Salazar Centeno, *La agroecología y agroindustria: Bases para el desarrollo rural de Nicaragua* (pág. 141). Managua: UNAN.
- Sánchez, S., y Reines, M (mayo 2001). Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Pastos y forrajes* 24 (3) 191-202 <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Sanchez-y-Reines-2001.pdf>
- Sandoval Sequeira, L. J, (2019). Macrofauna edáfica como indicadores en los tres diferentes usos de suelo (agrícola, pecuario, bosque) en la Estación Biológica Francisco Guzmán Pasos de la UNAN-Managua FAREM-Chontales [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Repositorio institucional UNAN. <https://repositorio.unan.edu.ni/11152/3/11216.pdf>

- Tapia Coral, S. C., Pinto Hernández, C. A., Candre Iguedama, A., Asencio, C., Cuellar, C. R., y Waldez, F. (2019). Caracterización de la macrofauna del suelo en fragmentos forestales en el municipio, Leticia, Amazonia, Colombia. *Revista Colombiana de ciencia animal* 3 (11) 1-13 <http://www.scielo.org.co/pdf/recia/v11n1/2027-4297-recia-11-01-4.pdf>
- Vargas Urbina, J. E y Laguna Ramírez, M. J, (2017) Diversidad de la macrofauna del suelo en relación al diseño y manejo de los agroecosistemas cafetaleros en Matagalpa, Nicaragua 2016 [Tesis de pregrado] Repositorio institucional UNA: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp34v297.pdf>
- Wheather Spark. (2021) El clima y el tiempo promedio en todo el año en San Ramón <https://es.weatherspark.com/y/14933/Clima\~promedio\~en\~San\~Ram%C3%B3n\~Nicaragua\~durante\~todo\~el\~a%C3%B1o>
- Zerbino Bardier, M. E, (2005) Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción [Tesis de pregrado] <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4073/1/uy24-11442.pdf>
- Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

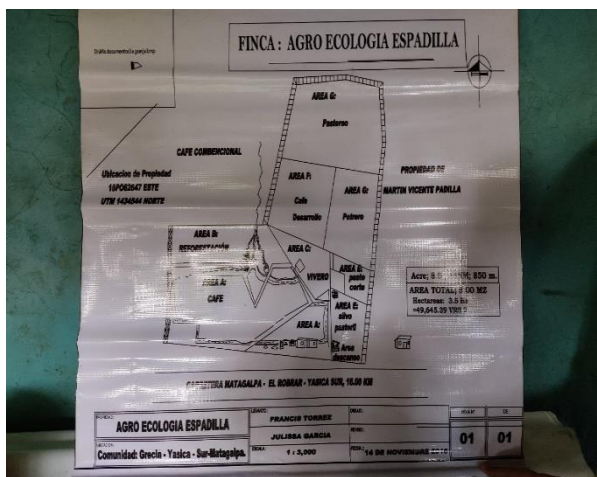
IX. ANEXOS

Anexo 1. Representación del número de organismos según las familias taxonómicas y rol funcional, Fuente Jim Vargas y Melvin Laguna (2017, p. 20)

Cuadro 5. Número de organismos según las familias taxonómicas y su rol funcional que desempeñan en la finca La Espadilla (F.E) y la finca La Vecina (F.V)

Familia	Detritívoros		Fitófago		Depredadores		Omnívoros	
	F. E	F. V	F. E	F. V	F. E	F. V	F. E	F. V
Blattidae	-	1	-	1	-	-	-	1
Carabidae	1	-	1	-	1	-	-	-
Chrysomelidae	9	6	9	6	9	6	-	-
Cicadellidea	-	-	6	-	-	-	-	-
Culicidae	-	2	-	-	-	2	-	-
Curculionidae	2	1	2	1	2	1	-	-
Cydnidae	-	-	3	-	-	-	-	-
Elateridae	5	-	5	-	5	-	-	-
Forficulidae	5	4	-	-	5	4	-	-
Formicidae	-	-	-	-	84	41	84	41
Gelastocoridae	-	-	1	-	-	-	-	-
Gryllidae	-	-	7	4	-	-	-	-
Lumbricidae	363	311	-	-	-	-	-	-
Lygaeidae	-	-	7	-	-	-	-	-
Meloidae	1	-	1	-	1	-	-	-
Navidae	-	-	4	1	-	-	-	-
Noctuidae	-	-	-	2	-	-	-	-
Nymphalidae	-	-	-	2	-	-	-	-
Opliones	-	-	-	-	32	17	-	-
Pentatomidae	-	-	5	6	-	-	-	-
Pompilidae	-	-	-	-	-	1	-	-
Reduviidae	-	-	2	-	-	-	-	-
Rhinotermitidae	108	20	-	-	-	-	-	-
Scarabaeidae	44	42	44	42	44	42	-	-
Scolopendridae	32	28	-	-	-	-	-	-
Staphylinidae	20	-	20	-	20	-	-	-
Styloniscidae	20	26	-	-	-	-	-	-
Tenebrionidae	-	1	-	1	-	1	-	-
Trigonochlamydidae	1	-	-	-	1	-	-	-
Total	611	442	117	66	204	115	84	42


Anexo 2. Mapa de finca Agroecológica La Espadilla



Anexo 3. Hoja de muestreo de macrofauna

HOJA DE MUESTREO

Fecha del muestreo: _____
 Nombre y Apellidos (Observador): _____
 Departamento: _____ Municipio: _____
 Comunidad: _____ Finca: _____



Nº	Tipo de organismo de la macrofauna	Lote/ Área	Muestra 1,2,3,4,5	Profundidad 10, 20, 30 cm	Número de individuos
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					

Anexo 4. Muestro de macrofauna en subsistema café-cacao



Anexo 5. Sub sistema café – cacao



Anexo 6. Identificación de las familias en laboratorio de fisiología vegetal

