



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

Trabajo de Graduación

**Diseño, manejo de la biodiversidad y macrofauna
edáfica en dos agroecosistemas de granos básicos y
ganado, La Grecia 2, Chinandega, Nicaragua 2015-2016**

AUTORES

Br. Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez

Br. Noel Modesto Galeano Altamirano

ASESORES

MSc. Hugo René Rodríguez González

Dr. Dennis José Salazar Centeno

MSc. Leonardo García Centeno

MANAGUA, NICARAGUA. Julio 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

Trabajo de Graduación

**Diseño, manejo de la biodiversidad y macrofauna
edáfica en dos agroecosistemas de granos básicos y
ganado, La Grecia 2, Chinandega, Nicaragua 2015-2016**

AUTORES

Br. Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez

Br. Noel Modesto Galeano Altamirano

ASESORES

MSc. Hugo René Rodríguez González

Dr. Dennis José Salazar Centeno

MSc. Leonardo García Centeno

**Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito final para optar al grado
académico de Ingeniero Agrónomo**

MANAGUA, NICARAGUA. Julio 2017



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Agronomía, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Presidente

Secretario

Vocal

Managua, Nicaragua. Julio 2017

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. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación y fechas del estudio	4
3.1.1 Clima del departamento de Chinandega	5
3.1.2 Suelo y geología de del departamento de Chinandega	5
3.2 Diseño metodológico	5
3.2.1 Herramientas metodológicas utilizadas	7
3.2.2 Muestreo para determinar la macrofauna edáfica	7
3.3 Manejo de las fincas	9
3.4 Variables evaluadas	9
3.5 Análisis de datos	11
3.5.1 El índice de Renyi o diversidad alfa	11
3.5.2 Índice de disimilitud de Bray-Curtis o diversidad beta	11
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad	13
4.2 Clasificación de organismos de la macrofauna edáfica en sus categorías taxonómicas en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015- 2016	20
4.3 Rol funcional de la macrofauna edáfica en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	24
4.4 Índice de biodiversidad Renyi para la macrofauna edáfica en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	26

4.5 Índice de disimilitud para clases en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	29
4.6 Índice de disimilitud para órdenes en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	30
4.7 Índice de disimilitud para las familias en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	29
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES	32
VII. LITERATURA CITADA	33
VIII. ANEXOS	37

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es el resultado de los esfuerzos que me impuse para alcanzar el mayor proyecto de mi vida, el de coronar mi carrera profesional como Ingeniero Agrónomo.

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios y a la Virgen Santísima, por haberme dado la sabiduría y energía necesaria para lograr esta meta.

A mis padres: Guillermo Herradora Hernández y Linda Gutiérrez Prado, quienes han sido el eje fundamental de mi formación, que con amor y sacrificio me han apoyado incondicionalmente para mi formación académica, acompañándome en mis más duros momentos de estudio. Gracias por ser los mejores padres del mundo.

A mis abuelos: Margarita Prado (Q.E.P.D), Julio Cesar Gutiérrez (Q.E.P.D), Orlando Herradora (Q.E.P.D) y Lidia Hernández que siempre me instaron a luchar para alcanzar este objetivo.

Br. Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a Dios Padre, porque de él proviene toda la sabiduría y es quien me ha ayudado a ser realidad mi sueño de concluir esta carrera profesional.

A mi madre: Mirna Erenia Altamirano Mejía, que con su amor, empeño y sacrificio se esforzó por brindarme todo el apoyo incondicional para lograr la culminación de mi carrera.

A mi abuelita: Carlota Mejía, que siempre me mantuvo con sus consejos, cariño y confianza para que continuara en mi lucha para lograr esta meta.

Br. Noel Modesto Galeano Altamirano

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme alcanzar este sueño.

A mi novio: Noel Galeano, por haberme apoyado durante mis estudios en la Universidad, hasta llegar a culminar este trabajo de tesis.

A mis tíos: Silvia Gutiérrez, Gerardo Gutiérrez, Manuel Herradora y Armando Herradora, quienes con su apoyo moral y económico fueron pilares fundamentales para formarme como profesional.

A mis asesores: MSc. Hugo Rodríguez, PhD. Denis Salazar, MSc. Leonardo García, quienes con sus conocimientos científicos fueron mis guías orientándome para cumplir con la culminación de esta tesis.

Al profesor Alex Cerrato que en todo momento me apoyó en mis consultas y prácticas propias de mi carrera y de este trabajo.

A la Universidad por haberme dado la oportunidad de haber pertenecido a esta Alma Mater de donde me quedan gratos recuerdos y por brindarme el apoyo económico con la Beca Alba, durante todo el periodo de mis estudios superiores.

A todos los docentes de la UNA por haberme brindado sus conocimientos durante mi aprendizaje.

Al proyecto Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN) de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971), por apoyarnos en el financiamiento en gran parte de este estudio que será de mucha importancia para los productores de nuestro país.

A todos ellos infinitas gracias.

Br. Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la fortaleza, iluminación y sabiduría para coronar mi carrera.

A mi madre que con su apoyo moral y material fue el pilar fundamental en mi formación.

A mi abuelita compañera incondicional en mis noches de desvelo y sacrificios.

A mi tía Erika Mejía que con su apoyo fue un soporte durante mi permanencia en la Universidad.

A don Guillermo Herradora y doña Linda Gutiérrez que en los momentos que más necesité siempre estuvieron a mi lado.

A mi novia: Yahoska Herradora por haberme impulsado a continuar adelante en el transcurso de mi carrera y durante la preparación de esta tesis.

A mis asesores: MSc. Hugo Rodríguez, PhD. Denis Salazar, MSc. Leonardo García, quienes fueron mis guías y tutores, para la ejecución de esta investigación.

Al profesor Alex Cerrato que en todo momento dispuso de su tiempo y su paciencia, para responder a consultas y orientaciones durante el transcurso de mi carrera y de esta tesis.

Al proyecto Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN) de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971), por apoyarnos en el financiamiento en gran parte de este estudio que será de mucha importancia para los productores de nuestro.

Br. Noel Modesto Galeano Altamirano

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. División de bloques según cultivos establecidos en cada agroecosistema, La Grecia 2, Chinandega ,2015- 2016	5
2. Interpretación del índice de Renyi	10
3. Escala de disimilitud para el índice de Bray- Curtis	11
4. Clases taxonómicas encontradas en agroecosistemas poco complejos con granos básicos , La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	21
5. Ordenes taxonómicos encontrados en agroecosistemas poco complejos con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016	22
6. Familias taxonómicas encontradas en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia, 2, Chinandega, 2015- 2016	23
7. Grupos taxonómicos que componen la macrofauna edáfica y las funciones que realizan en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015- 2016	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación geográfica del área experimental y subsistemas de las fincas Santa Rosa y Santa María.	4
2. Procedimiento utilizado para la realización de la investigación en fincas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	6
3. Ilustración de la división por sustratos realizados para cada muestreo en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	8
4. Resultado del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	14
5. Resultados del manejo y conservación del suelo, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	15
6. Resultados del manejo y conservación del agua, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	16
7. Resultados del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	17
8. Resultados del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	18
9. Resultados de los elementos de la biodiversidad asociada, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	19
10. Resultados del diagnóstico de los componentes del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas Santa María y Santa Rosa, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	20
11. Filo de los individuos encontrados en fincas poco complejas Santa María y Santa Rosa de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	20
12. Resultados del índice de diversidad alfa (Renyi): A diversidad alfa de clases, B diversidad alfa de órdenes, C diversidad alfa de familias.	27
13. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las clases de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	28
14. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para los órdenes de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	29
15. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las familias de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Indicadores de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad	37
2. Determinación del nivel de complejidad de los diseños y manejos de la diversidad durante la reconversión de sistemas producción agropecuario	38

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en La Grecia 2, Chinandega, 2015- 2016. El objetivo fue la evaluación de macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con granos básicos. Para la evaluación de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad se empleó la metodología expuesta por Vázquez, para la recolección de la macrofauna edáfica se utilizó el programa Tropical Soil Biology and Fertility. Cada finca se dividió en cinco parcelas siguiendo los criterios de pendiente, vegetación, cultivos anuales – perennes, ganado y pasto. Según los resultados de la metodología de Vázquez la finca Santa María obtuvo un coeficiente de 1.44 y la finca Santa Rosa de 1.34 que categoriza a ambas fincas como “Poco Compleja”. Los organismos recolectados fueron identificados a nivel de Clase, Orden y Familia. En la finca Santa María, se identificó cinco clases, trece órdenes y veintiocho familias y en la finca Santa Rosa seis clases, catorce órdenes y veintiocho familias. Las clases más representativas en ambos agroecosistema son la Arachnida, Clitellata e Insecta. Coleoptera, Isoptera y Hymenoptera son los órdenes más importantes. Las familias más representativas son Scarabaeidae, Formicidae y Rhinotermitidae. La macrofauna que presenta mayor actividad en los agroecosistema pertenece al rol funcional de los fitófagos seguido por los depredadores y detritívoros. El índice de Renyi en la finca Santa Rosa, presenta mayor riqueza de clases y órdenes y a nivel de familia ambas fincas son idénticas, la finca Santa Rosa presenta mayor uniformidad, dominancia y equidad. El índice de Bray- Curtis a nivel de clases, presenta una disimilitud baja e intermedia, a nivel de orden se presenta disimilitud baja y alta, y a nivel de familia se encontró disimilitud baja, intermedia y alta.

Palabras claves: Agroecosistemas, macrofauna, complejidad, riqueza, diversidad y disimilitud.

ABSTRACT

The research work was carried out in La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016. The objective was the evaluation of edaphic macrofauna in two agroecosystems with basic grains. For the evaluation of the complexity of the designs and management of the biodiversity was used the methodology presented by Vázquez, for the collection of the edaphic macrofauna was used Tropical Soil Biology and Fertility program. Each farm was divided into five plots following the criteria of slope, vegetation, annual crops - perennial, livestock and pasture. According to the results of the methodology of Vázquez the Santa Maria estate obtained a coefficient of 1.44 and the Santa Rosa farm of 1.34 that categorizes both farms as "Little Complex". The organisms collected were identified at Class, Order and Family level. In the Santa Maria estate, five classes were identified, thirteen orders and twenty-eight families and in the Santa Rosa estate six classes, fourteen orders and twenty-eight families. The most representative classes in both agroecosystem are Arachnida, Clitellata and Insecta. Coleoptera, Isoptera and Hymenoptera are the most important orders. The most representative families are Scarabaeidae, Formicidae and Rhinotermitidae. The macrofauna that presents greater activity in the agroecosystem belongs to the functional role of phytophagous species followed by predators and detritivores. The Renyi index in the Santa Rosa estate presents a greater wealth of classes and orders and at the family level both farms are identical, the Santa Rosa estate presents greater uniformity, dominance and equity. The Bray-Curtis index at the class level shows a low and intermediate dissimilarity, at the level of order, there is low and high dissimilarity, and at the family level, low, intermediate and high dissimilitude were found.

Key words: Agroecosystems, macrofauna, complexity, wealth, diversity and dissimilarity

I. INTRODUCCIÓN

El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigadas y analizadas como un todo (Altieri & Nicholls, 2000).

La producción de granos básicos es uno de los principales pilares de la economía Nicaragüense, por el incremento de los precios de los alimentos, el alza en los insumos y transporte derivado del aumento de precios de los combustibles, ofrece una oportunidad y demanda inversiones en la producción de alimentos. Los granos básicos son dieta fundamental de la población Nicaragüense. El 79% de la producción nacional de granos básicos (arroz, frijol, maíz y sorgo), se encuentra en manos de los pequeños y medianos productores (MAGFOR, 2009).

Según lo descrito por la FAO (2010), diversos agroecosistemas son por lo general altamente productivos en términos de uso de energía y de unidades de superficie terrestre (o unidades de volumen de agua). Esta eficiencia es en gran medida un producto de la complejidad biológica y estructural de los sistemas, al incrementarse la variedad de conexiones funcionales y sinergias entre los distintos componentes.

Las actividades humanas a través del uso y manejo que ejercen en los sistemas de laboreo del suelo al momento de establecer cultivos se identifican efectos determinantes a nivel de la biota, se ven afectado los niveles de actividad que desempeñan los macroinvertebrados (Moran & Alfaro, 2015).

Según Zerbino (2005), los procesos que ocurren en el suelo son mediados por los organismos que lo habitan, entre ellos se destaca la macrofauna, porque directa o indirectamente afecta la estructura y fertilidad del suelo. La macrofauna es considerada un indicador biológico sensible de los impactos del uso y manejo del suelo en la calidad edáfica (Rousseau *et al.*, 2013). Esta incluye los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro, y tiene un papel imprescindible en la salud y productividad del suelo, debido a su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el que se desarrollan las plantas (Lavelle *et al.*, 2006).

El rol que desempeña la macrofauna en el suelo tiene una vital importancia y estaría de cara validar opciones productivas amigables con el medio ambiente ya que permite documentar las afectaciones que provocan la disminución de la macrofauna en el suelo bajo diferentes manejos de cultivos (Lavelle, 2002).

El manejo óptimo de los agroecosistemas depende del nivel de interacciones entre los varios componentes bióticos y abióticos. A través del ensamble de una biodiversidad funcional es posible iniciar sinergismos que subsidien los procesos del agroecosistema a través de proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclado de nutrientes, el aumento de los artrópodos benéficos y los antagonistas y otros más (Altieri & Nicholls, 1999).

Según Moreno (2001), la medición de la biodiversidad se ha centrado en la búsqueda de parámetros para identificarla como una propiedad procedente de las comunidades ecológicas. Por ello para comprender los cambios de la biodiversidad, la separación de los componentes alfa, beta y gamma puede ser de gran utilidad para 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.

Mostacedo (2000), plantea que los índices de biodiversidad son los más utilizados en el análisis comparativo y descriptivo de la vegetación, los índices siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. Si bien muchos investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, además de tener poco significado, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación.

En este trabajo se pretende dar a conocer la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad, con prácticas agroecológicas y convencionales, cuantificando la diversidad y abundancia de los organismos que conforman la macrofauna edáfica. Para la realización de esta investigación nos planteamos los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la complejidad, categorías taxonómicas, rol funcional e índices de biodiversidad de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas de granos básicos.

2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la complejidad de los diseños y manejos establecidos en dos agroecosistemas con granos básicos.
2. Identificar las categorías taxonómicas de la macrofauna en dos agroecosistemas con cultivo de granos básicos.
3. Clasificar la macrofauna edáfica observada en sus grupos funcionales, dentro de dos agroecosistemas con granos básicos.
4. Cuantificar el perfil de diversidad alfa y el índice de disimilitud beta de la macrofauna en dos agroecosistemas con granos básicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y fecha del estudio

El estudio se realizó a 25 km de la ciudad de Chinandega en la carretera a Somotillo en la comunidad la Grecia 2, de octubre del 2015 hasta diciembre del 2016. Las coordenadas de la finca Santa María $12^{\circ}41'18.24''$ latitud norte y $87^{\circ}5'8.70''$ longitud oeste y la finca Santa Rosa $12^{\circ}39'10.30''$ latitud norte y $87^{\circ}8'4''$ longitud oeste. La altitud que presenta es de 100-120 metros sobre el nivel del mar, con una pendiente de 3.6% promedio.

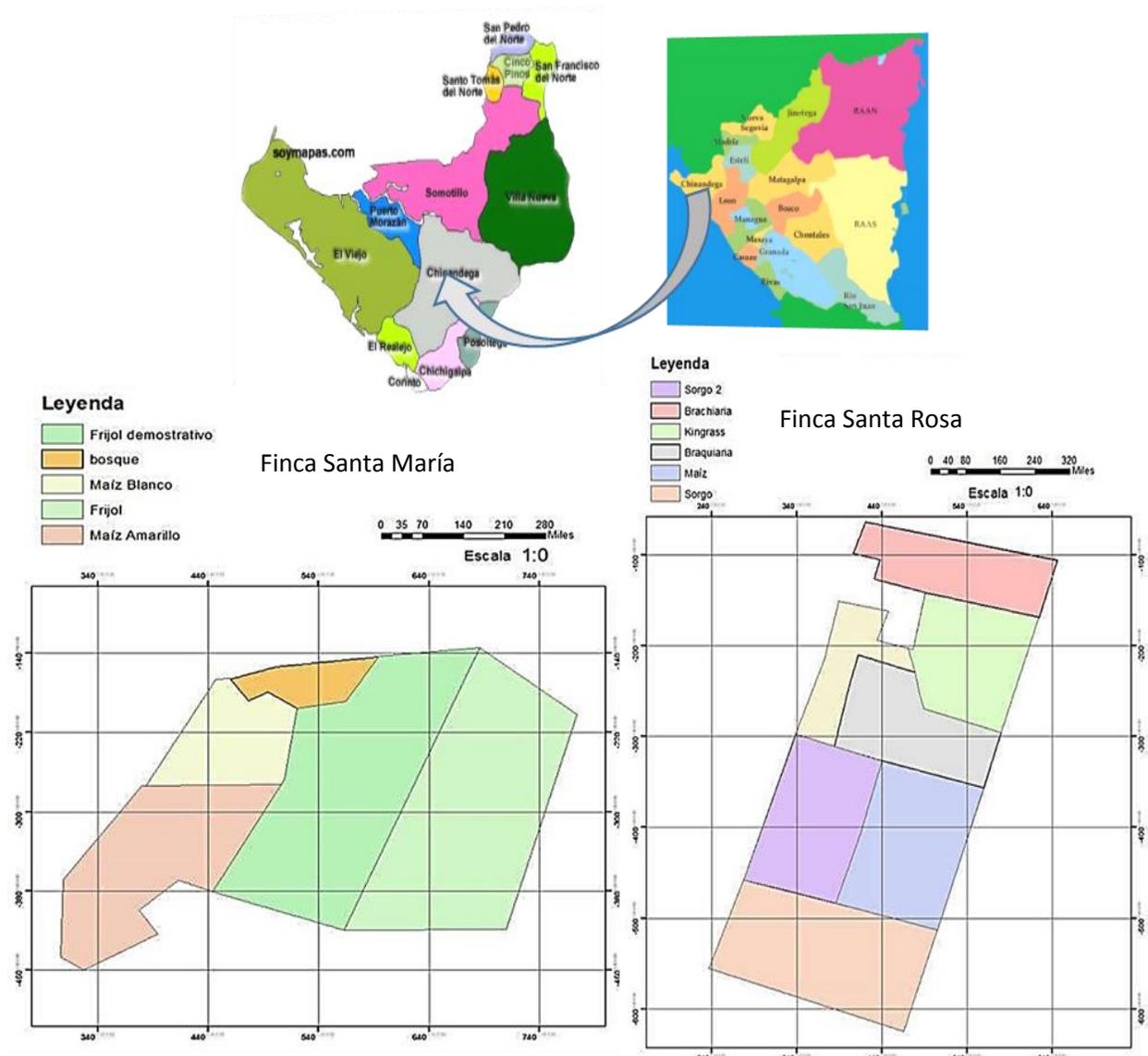


Figura 1. Ubicación geográfica del área perimetral y subsistemas de las fincas Santa Rosa y Santa María.

Cada agroecosistema de granos básicos se dividió en 5 subsistemas y lotes presentando la siguiente distribución:

Cuadro 1. División por bloques según los cultivos establecidos en cada agroecosistema, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Lotes	Finca	
	Santa María	Santa Rosa
I	Maíz amarillo	Sorgo
II	Bosque	Maíz
III	Maíz blanco	Brachiaria
IV	Frijol	Kingrass
V	Frijol	Brachiaria

La finca Santa María de doña Blanca Landeros tiene un total de 3 manzanas, las que son cultivadas durante la época de siembra de primera. La finca Santa Rosa de don Alejandro García tiene un total de 9 manzanas las que son cultivadas durante las épocas de primera y postrera.

3.1.1 Clima del departamento de Chinandega

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen el departamento es definido como Tropical de Sabana, que se caracteriza por ser subhúmedo con lluvias en el verano y otoño astronómico. En el sector occidental las precipitaciones oscilan entre 1600 y 2000 mm por año, en la parte oriental, éstas disminuyen alcanzando promedios de 1200 a 1600 mm por año, con una canícula benigna. El período de verano comprende desde el mes de noviembre hasta el mes de abril y el período lluvioso comprende de mayo a octubre. El clima es caluroso, con temperaturas medias entre 21°C y 30°C, y máximas hasta de 42°C (INIDE & MAGFOR, 2011).

3.1.2 Suelo y geología del departamento de Chinandega

La fisiografía está conformada por planicies, lomeríos, serranías, conos volcánicos y zonas costeras de estuarios, con características propias de acuerdo a su origen geológico, destacando las extensas y fértiles planicies que distinguen al departamento y le proporcionan una importancia notable para el adecuado desarrollo de una amplia gama de cultivos. Los suelos son mayormente franco arcilloso y presentan una erosión fuerte. En la zona costera, los suelos son francos con erosión leve (INIDE & MAGFOR, 2011).

3.2 Diseño metodológico

El tipo de investigación desarrollada en el presente trabajo es no experimental de diseño transeccional, descriptivo-correlacional.

Sampieri *et al.*, (2006), en una investigación no experimental se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente la investigación por quien la realiza, las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. Los diseños transeccionales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua, (MAONIC), tiene una serie de fincas adscritas, estas formaron parte de un estudio aplicándoseles la guía del (MAONIC, 2015), a través de esta se entendió que la finca de doña Blanca Landero y la finca del señor Alejandro García fueron las más apropiadas para realizar este estudio debido a su posición geográfica y origen del suelo. Se estudió el nivel de complejidad que presentan ambas fincas, luego se realizó un muestreo para determinar la macrofauna, al obtener individuos de múltiples taxones se requiere de un marco de referencia que permita identificar certeramente a cada una de las familias encontradas. Habiendo identificado cada uno de los taxones requerimos entender cuál es la función de ese taxón en el sistema, de esa forma fue descrita y entendiendo la frecuencia de la presencia de una determinada clase, orden y familia se realizaron análisis de biodiversidad utilizando las metodologías de diversidad alfa para Renyi y de beta disimilitud de Bray- Curtis (Figura 2).

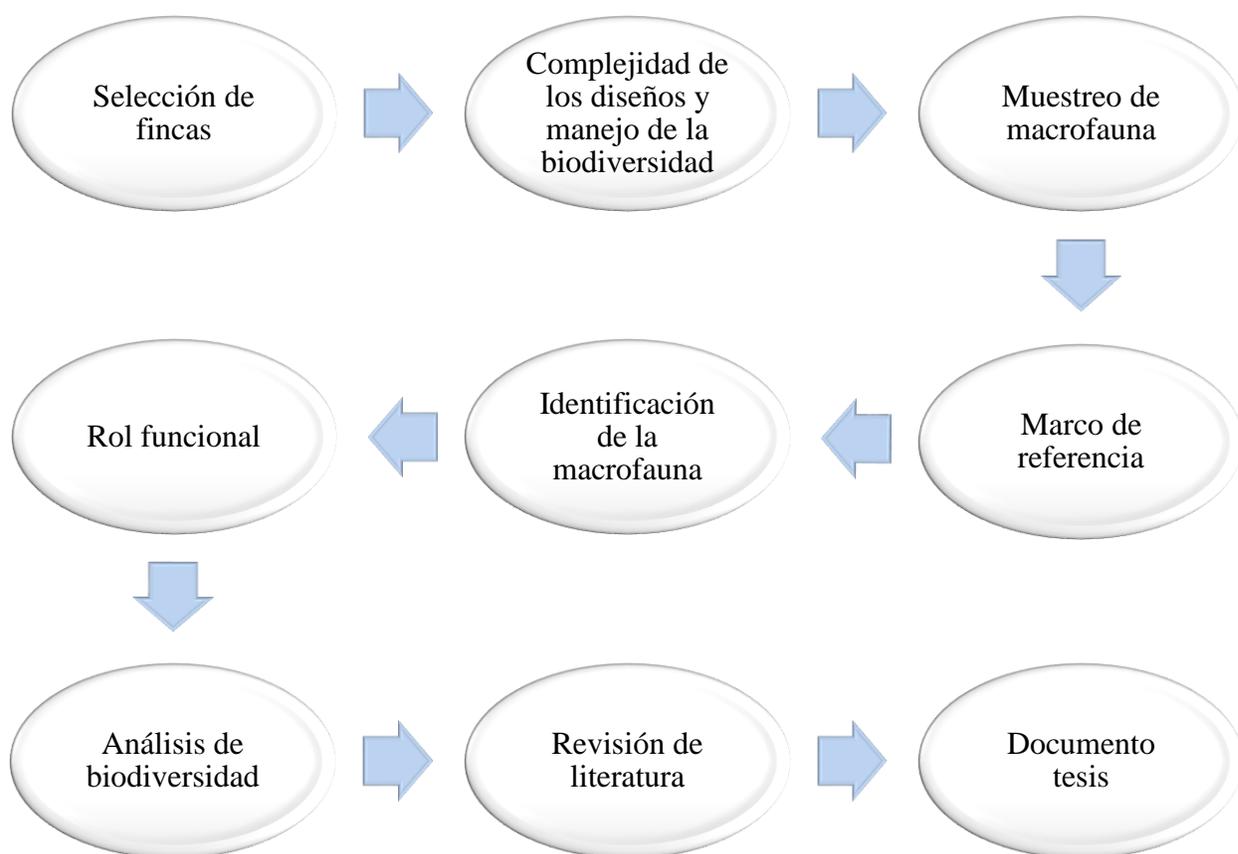


Figura 2. Procedimiento utilizado para la realización de la investigación en fincas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

3.2.1 Herramientas metodológicas utilizadas

- Observación: se utilizó para aplicar la metodología de Vázquez (2013), realizar el muestreo de la macrofauna, para identificar los estados de los organismos recolectados y para la separación de cada uno de los sustratos y comprender el comportamiento de los agroecosistemas.
- Encuesta de acuerdo a la metodología de Vázquez: se utilizó para realizar un diagnóstico de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en dos agroecosistemas de granos básicos.

3.2.2. Muestreo para determinar la macrofauna edáfica

La metodología empleada para determinar la macrofauna edáfica y su rol funcional, fue la presentada por Anderson e Ingram (1993) en su publicación *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods (TSBF)*, con ciertas modificaciones a la misma para adaptar el método a las condiciones del país y de este estudio.

En términos prácticos el procedimiento para recolectar, conservar y clasificar la macrofauna necesaria para posteriores análisis comparativos entre agroecosistemas fue el siguiente:

1. Se eligió el mejor momento para realizar la recolección de la macrofauna en el campo. Se realizó durante la época lluviosa, por sus condiciones favorables para la reproducción de la macrofauna, obteniendo mejores resultados para medir biodiversidad. El muestreo se efectuó por la mañana hasta las 10:00 am para que sol no elevara mucho la temperatura del suelo. La macrofauna tiene preferencia por la humedad; una muestra en un suelo caldeado por la radiación del sol podría demostrar una baja presencia no porque no se encuentre en el sistema sino porque la hora elegida y el sitio para hacerla no es el más conveniente para observar actividad de la macrofauna.
2. Estando en el agroecosistema se procedió a dividir la finca en 5 subsistemas o parcelas según los siguientes criterios:
 1. Pendiente (escoger la parte alta, media y baja del terreno como parcelas hasta completar las 5 parcelas).
 2. Vegetación
 3. Cultivos anuales
 4. Cultivos perennes
 5. Ganado y pasto
3. Para realizar el muestreo en cada subsistema se colocó un marco cuadrado con dimensiones de 25 cm x 25 cm en un sitio al azar, extrayendo con un palín (pala con forma plana y rectangular) la muestra de suelo hasta la profundidad de 0-10 cm, luego de 10-20 cm y finalmente de 20-30 cm como estratos independientes (Figura 3), depositando el suelo en zarandas para poder extraer todos los organismos a simple vista por estrato. Además se revisó en la hojarasca presente para buscar macrofauna alojada en la misma.

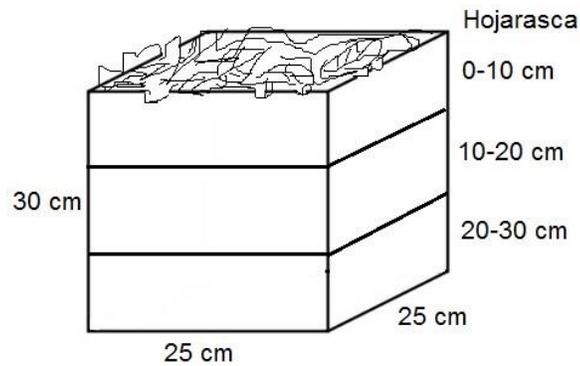


Figura 3. Ilustración de la división por sustratos realizados para cada muestreo en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4. En un frasco de vidrio conteniendo formaldehído al 4% se colocaron las lombrices encontradas.
5. En un segundo frasco de vidrio conteniendo alcohol etílico al 70% se depositaron larvas.
6. En un tercer frasco de vidrio conteniendo alcohol etílico al 70% colocaron ninfas.
7. Utilizando un cuarto frasco de vidrio con alcohol etílico al 70% para insectos que presentaron exoesqueletos, así como “arácnidos” y “miriápodos” (Ej.: Ciempiés) con características morfológicas rígidas.
8. El quinto frasco de vidrio contenía alcohol etílico al 70% para conservar termitas.
9. Cada frasco contenía la siguiente información: fecha del muestreo, localidad (Chinandega), finca (Santa María y Santa Rosa), lote (I/ II/ III/ IV/ V), número de muestra (1/2/3/4/5) y la profundidad del estrato (0-10 cm/10-20 cm/20-30 cm).

Este procedimiento se realizó en cuatro sitios para completar 5 puntos de muestreo por subsistema con distanciamiento de 5 metros entre marco, colocados en zigzag; de forma aleatoria.

10. Se utilizaron los frascos para tomar las muestras. Un estimado de frasco disponibles fue de 5 frascos en cada estratos (hay 3 estratos), es decir 15 frascos por muestra; al ser 5 puntos muestreados por subsistema, se necesitaron 75 frascos por subsistema. Al ser 5 subsistemas en una finca, contaron con un total de 375 frascos para cada finca o agroecosistema.
11. El conteo de la macrofauna por tipo se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria. Utilizando una mesa forrada con papel bond para absorber el alcohol o el formaldehído. Se ordenaron los frascos de forma conveniente para tabular la información de las muestras en una hoja de toma de datos.
12. Para realizar la identificación de la macrofauna se utilizó el manual de McGavin (2000); Andrews & Caballero (sf); Chinery (1988), para su respectiva identificación y categorización.

3.3 Manejo de las fincas

Finca Santa Rosa

La finca convencional realiza el empleo de insumos como fertilizantes inorgánicos, insecticidas, herbicidas. La tecnología utilizada responde a las condiciones de la agricultura comercial fundada en el empleo de agroquímicos (Damián & Aragón, 2011). En las áreas cultivadas en que se realizó el muestreo corresponde a un agroecosistema en el que se realizan prácticas de preparación del suelo de forma mecanizada el cual consiste en dos pases de grada, para el rayado de los surcos se utiliza el arado de caballo, la siembra se realiza de forma manual, el manejo agronómico consiste en fertilización inorgánica (urea 46 %), esta se aplica de los 15 o a los 20 días después de la germinación y se realizan dos fertilizaciones, el control de maleza se efectúa con machete y azadón, se aplica cypermetrina.

Finca Santa María

De manera general las prácticas asociadas al sistema de manejo con enfoque agroecológico en el área de estudio corresponden a un sistema de siembra sin labores de mecanización para preparación del suelo (labranza mínima, al espeque), chapia manual, el manejo agronómico se realiza con la incorporación de biomasa orgánica (compost, ceniza), los que se agregan en toda el área cultivada.

3.4 Variables evaluadas

Las variables que se describen a continuación fueron las que se utilizaron para la estimación de índices y el análisis de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad, con el propósito de comparar los resultados entre ambos agroecosistemas.

Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

Con esta variable se pretende identificar el nivel de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en las fincas Santa María y Santa Rosa. Para ello se realizó un diagnóstico (tipo encuesta) basado en la metodología de Vázquez (2013), en la que se presentan 7 índices y 64 indicadores (Anexos 1). Este diagnóstico se realizó en el mes de julio del 2016.

La diversidad de familias

Se puede definir como el número de familias en una unidad de área, tiene dos componentes principales la riqueza (número de familia) y la equitatividad (número de individuos de una sola familia). Generalmente en las evaluaciones biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de familias y a la distribución de los individuos entre las familias, la estimación se realiza a través de diferentes índices, son el de Shannon- Wiener, el de Simpson, Berger Parker (Orellana, 2009).

Diversidad alfa o riqueza

La diversidad alfa, es la riqueza de familias de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de familias se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (Moreno, 2001).

Cuadro 2. Interpretación del índice de Renyi

	Riqueza
= 0	
Cercano a 1	Uniformidad (Shannon- Wiener)
= 2	Dominancia (Simpson)
= 2 + α	Equidad (Berger Parker)

Uniformidad

Shannon es la forma en la cual normalmente se presenta la diversidad de familias basada en la teoría de información; De esta forma, el índice contempla la cantidad de familias presentes en el área de estudio (riqueza de familias), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas familias (abundancia) (Mercado, 2000).

Dominancia

Los índices de dominancia se basan en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toman en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad, para lo cual el índice más común para utilizar es el índice de Simpson. El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las familias o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de familias presentes en el hábitat y su abundancia relativa. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Por ello el índice de Simpson se presenta habitualmente como una medida de la dominancia, como se acaba de indicar. El índice de Simpson sobrevalora las familias más abundantes en detrimento de la riqueza total de familias. Entonces entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye (Pielou ,1969).

Equidad

La equidad, es que tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las familias (Newman & Unger, 2003). Esto refleja la distribución de individuos entre familias (Clements & Newman, 2002).

Diversidad beta

Al reflejar diferencias en la composición de las familias, beta-diversidad también puede calcularse a partir de coeficientes de disimilitud. Los coeficientes de similitud (o disimilitud) entre comunidades se emplean cuando solo consideramos la presencia o ausencia de familias y no sus proporciones.

Para categorizar el taxón con el índice de disimilitud se tomaron diferentes rangos para agruparlos:

Cuadro 3. Escalas de disimilitud para el índice de Bray-Curtis

0-0.33	Disimilitud	Alta
0.34-0.66		Intermedia
0.67 -1		Baja

3.5 Análisis de datos

La determinación de la diversidad de los datos obtenidos de artrópodos asociada a dos sistemas de manejo de granos básicos se realizó mediante un análisis cualitativo-descriptivo con gráficos radiales para la representación de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad, usos de tablas de frecuencia para la presentación de la clasificación taxonómica y rol funcional de los organismos muestreados en ambos agroecosistemas, y un análisis descriptivo de graficas de barras y curvas para determinar los índices alfa de perfiles según Renyi y beta de disimilitud según Bray-Curtis.

3.5.1 El índice de Renyi o diversidad alfa

Partiendo de los datos de abundancia de los individuos colectados se estimaron los perfiles de Renyi para cada una de los sub sistemas y agroecosistemas. Los perfiles de Renyi se calcularon utilizando la siguiente formula:

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

Donde:

α = orden de diversidad (0 a infinito)

p_i = frecuencia de la familia i .

El uso de los perfiles de Renyi, sobre una medida individual de diversidad alfa, brinda mayor información acerca de la comunidad biológica en cada agroecosistema y sub sistema. Por otra parte, la comparación entre dos comunidades es más fácil al simplemente observar las curvas.

El índice de diversidad de Renyi (Renyi, 1961) que depende de los valores de alfa, se comporta de la manera siguiente: cuando alfa es igual a 0, el índice da el valor observado de especies; alfa es cercano a 1 el perfil se comporta como el índice de Shannon-Weaver; alfa es igual a 2 se comporta como el índice de Simpson; para valores infinitos muy grande se comporta como el índice de Berger-Parker (Gómez, 2008).

3.5.2 Índice de disimilitud de Bray-Curtis o diversidad beta

La diversidad beta tiene el objetivo de determinar la distancia ecológica entre dos agroecosistemas (fincas) o dos sub sistemas dentro de una misma finca. Esta distancia se mide entre dos comunidades a través de la abundancia de los grupos taxonómicos presentes (Kindt & Coe 2005).

Los valores de diversidad beta oscilan entre 0 y 1. Si el valor es cercano a 0 los sub sistemas o agroecosistemas son completamente diferentes en cuanto a su composición taxonómica. Por el contrario, en la medida que el valor se acerca más a 1 los sub sistemas o ($a_i + c_i$) agroecosistemas son más similares. La distancia de Bray-Curtis para cada par de parcelas o fincas se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

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

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

El comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus componentes. Las interacciones potenciadoras de sistemas son aquellas en las cuales los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente. La biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (Altieri & Nicholls, 2000).

4.1.1 Coeficiente para el diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva

La finca Santa Rosa presentó un coeficiente para el diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva de 1.6, mientras que en la finca Santa María de 0.88. La finca Santa Rosa al poseer mayor número de rubros productivos (maíz, sorgo, pasto y ganado) y diversas especies de animales de cría (ganado, cerdos y gallinas) le permite tener los mejores resultados para este indicativo (Figura 4). Las fincas no presentan diversidad de cultivos arbóreos, diseños mixtos y sistemas silvopastoril, estos indicativos al implementarlos podrían aumentar la productividad de ambas fincas.

Una connotación fundamental de la biodiversidad productiva resulta al considerar que todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos, ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar los cultivos (Altieri & Nicholls 2007).

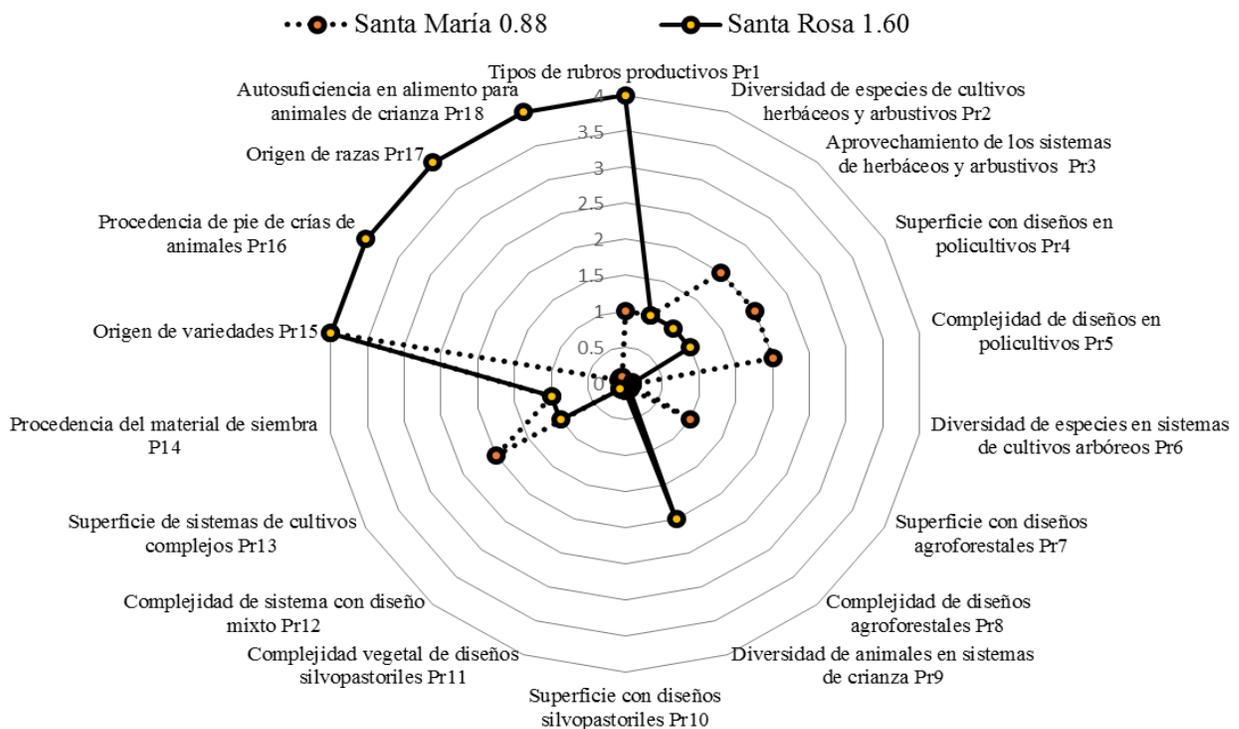


Figura 4. Resultado del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.2 Manejo y conservación del suelo

La finca Santa María obtuvo un mayor coeficiente (2.24) para el manejo y conservación del suelo, la finca Santa Rosa presenta un coeficiente de 1.02 (Figura 5), la primera finca tiene una mayor superficie de rotación de cultivos, con más del 75% del agroecosistema; incorpora dos tipos de biomasa orgánica (Compost y cenizas), en una superficie mayor al 75% del campo, ayudando a mantener la fertilidad del suelo, en toda la superficie cultivada incorpora biomasa orgánica, además realiza laboreo mínimo en una superficie mayor al 50% del área lo que permite la incorporación de los rastrojos al suelo que mejoran su estructura, capacidad de retención de agua y nutrientes.

La segunda finca no tiene un sistema de rotación de cultivos diseñado, rota menos del 25% de la superficie cultivada e incorpora solo un tipo de biomasa orgánica (rastrojos); esto se emplea solo en el 26% de la superficie cultivada, el área donde se siembra maíz y sorgo se dejan los rastrojos, utilizándolos para alimentar el ganado y los que no son aprovechados se incorporan al suelo. Presenta una superficie de siembra con laboreo mínimo de menos del 20%. La preparación del suelo la realiza de forma mecanizada (tractor y dos pases de gradas), la siembra es de forma manual.

Según Nicholls *et al.*, (2013) al incorporar grandes cantidades de materia orgánica y realizar prácticas de conservación, se está mejorando la calidad del suelo. Estas técnicas son utilizadas por muchos agricultores incrementando la biota del suelo y por ende regeneran las características físicas y químicas del suelo.

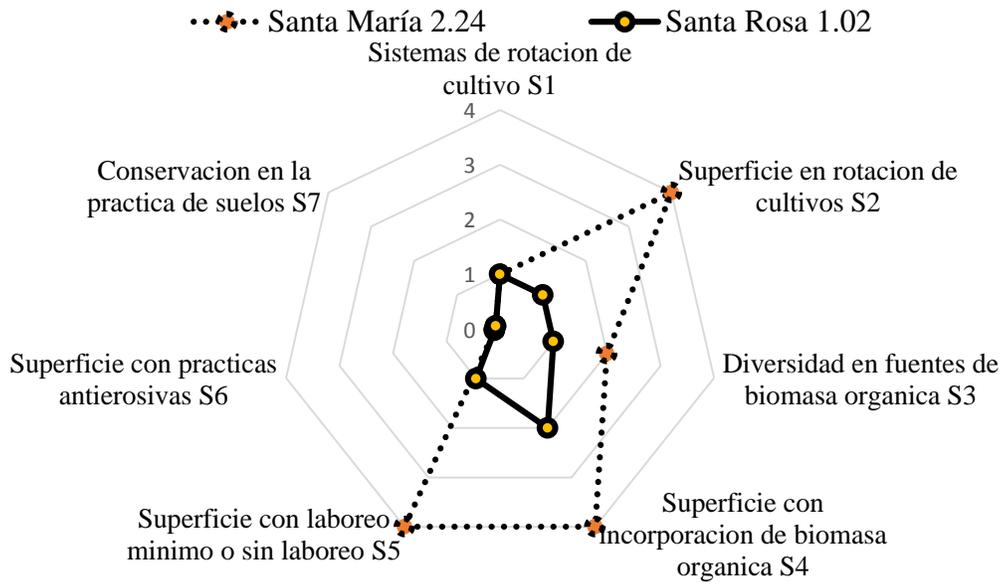


Figura 5. Resultados del manejo y conservación del suelo, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.3 Manejo y conservación del agua

La finca Santa Rosa para el manejo y conservación del agua tiene un coeficiente de 0.64, en la finca Santa María no se encuentran ninguno de los indicadores, superficie bajo sistema de riego, fuentes de abasto de agua para uso agrícola, manejo del drenaje y sistema de drenaje; por lo que su coeficiente es 0.10 (Figura 6). La finca Santa Rosa posee un pozo para uso agrícola, también tiene acueducto, este es el único indicador que se presenta en la finca. Ninguna de las fincas presenta sistema de riego ni drenaje en las áreas cultivadas lo que causa que los rendimientos de los cultivos sean bajos y sin un manejo de drenaje dentro del terreno se afecta las características del suelo.

La conservación del agua en el suelo es afectada por la vegetación y por las prácticas agrícolas. El drenaje y la labranza agrícola aceleran las pérdidas por percolación profunda; la remoción de los cultivos aumenta la cantidad de lluvia que llega al suelo y reduce la evapotranspiración. Uno de los controles principales de la acumulación de humedad en el suelo es ejercido por la cobertura de suelos. Al dejar el follaje cortado de las malezas como cubierta o mulch, se reducen las pérdidas de agua provenientes de la evapotranspiración y aumentan los contenidos de humedad del suelo (Restrepo *et al.*, 2000).

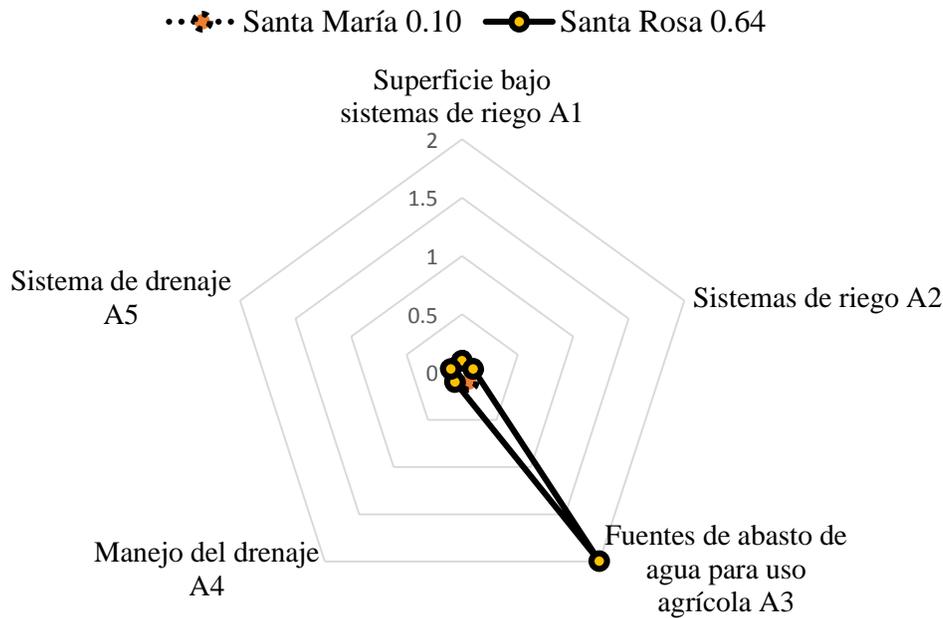


Figura 6. Resultados del manejo y conservación del agua, La Grecia 2, Chinandega 2015-2016.

4.1.4 Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

La finca Santa María presenta un mayor coeficiente 1.34 para el indicativo del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, en comparación con la finca Santa Rosa que presenta un coeficiente de 1 (Figura 7). La finca Santa María tiene mayor ventaja al realizar intervenciones biológicas con un 60% de insumos biológicos utilizando biofertilizante, elaborado en la finca, compost y cenizas, la aplicación de estos productos orgánicos benefician a la flora y fauna del suelo. La finca Santa Rosa efectúa intervenciones biológicas vegetales y animales, pero utiliza menos del 25% de insumos biológicos en ambas intervenciones utilizando productos sintéticos como la cypermetrina para el control de plagas en los cultivos.

La estrategia de manejo de intervenciones con productos sanitarios durante la reconversión, consiste en optimizar paulatinamente el uso de los productos químicos degradativos, hasta dejar de utilizarlos, para lo cual es necesario adoptar sistemas de monitoreo para decisiones, así como integrar alternativas biológicas, hasta que las poblaciones de organismos nocivos se reduzcan a niveles tolerables económicamente, lo que se considera una práctica de conservación de la biodiversidad (Vázquez, 2013).

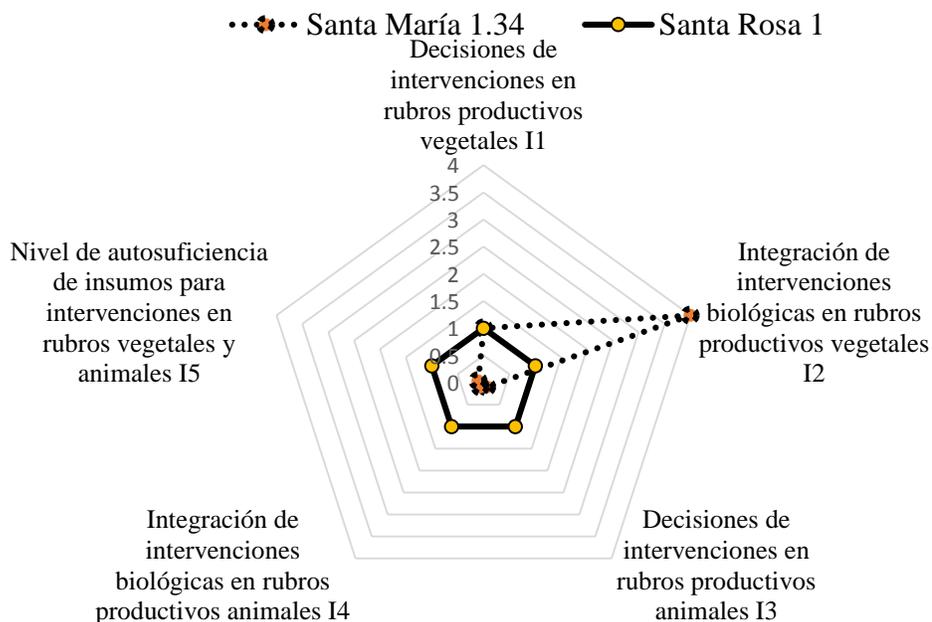


Figura 7. Resultados del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, La Grecia 2, Chinandega 2015-2016.

4.1.5 Diseño y manejo de los elementos de biodiversidad auxiliar

La finca Santa María presenta un coeficiente de 2.03 y la finca Santa Rosa muestra un coeficiente de 1.66 para los resultados del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (Figura 8).

En la finca Santa María existe un 51% del campo con barreras vivas con más de tres especies dentro de las cuales podemos encontrar *Samanea saman* (Guanacaste blanco) y *Albizia niopoides* (Genízaro); al poseer especies arbustivas se incrementa la biomasa orgánica esta se incorpora al suelo por descomposición de las hojas. La adición de material orgánico aumenta la disponibilidad de alimento permitiendo el aumento de la población de macrofauna edáfica benéfica.

La finca Santa María posee pocas barreras vivas intercaladas con menos del 25% en el campo, en el manejo de ambientes seminaturales integran plantas necesarias las cuales mejoran sus funciones, por dicha razón existe una gran diversidad de especies en los ambientes naturales, presenta arboledas con un número mayor a cinco especies arbustivas o arbóreas y se presenta tolerancia a las arvenses en la etapa final del cultivo.

Según Altieri & Nicholls (2013) los agroecosistemas donde hay una alta diversidad de especies arbóreas permiten la captura de carbono, además de propiciar resiliencia para enfrentar las variaciones climáticas, presentando los sistemas agroforestales una complejidad estructural y ayuda como amortiguador de las altas temperaturas, manteniendo al cultivo cerca de sus condiciones óptimas.

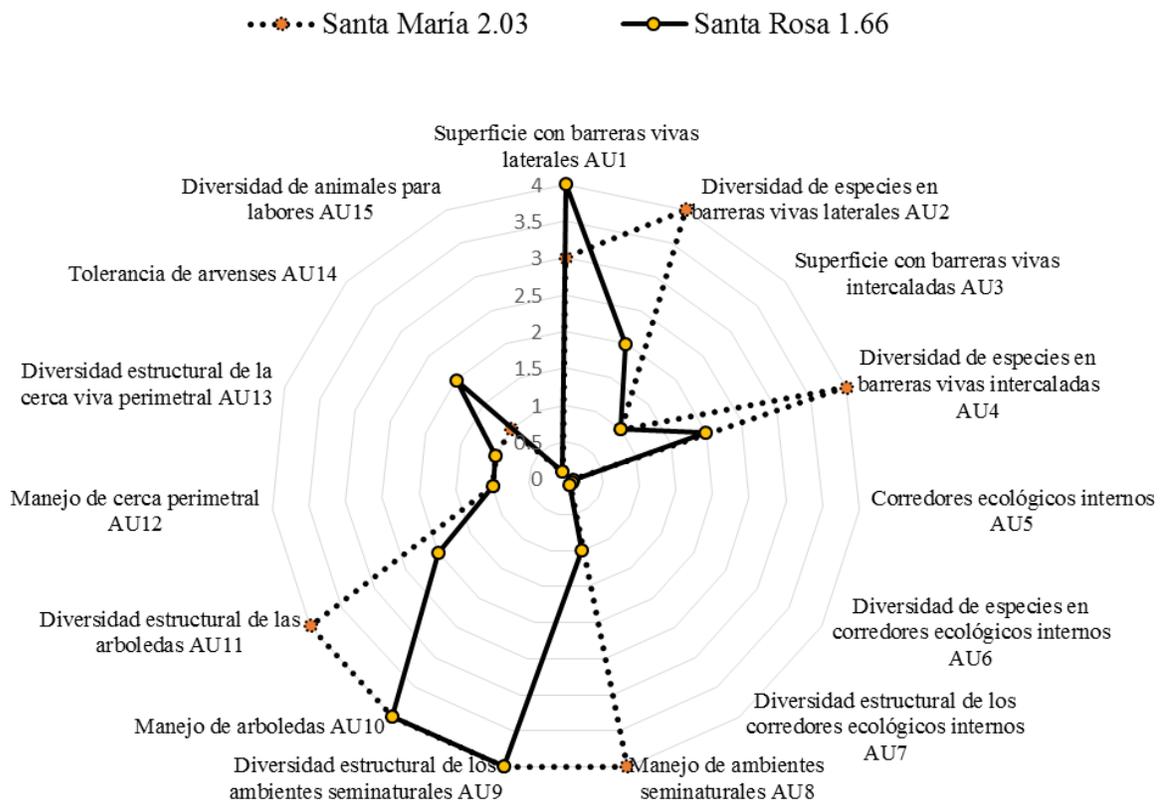


Figura 8. Resultados del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.6 Elementos de biodiversidad asociada

La finca Santa Rosa presenta un coeficiente de 2.10, mientras que la finca Santa María 2.04 para el indicativo de los elementos de la biodiversidad asociadas (Figura 9), ambas fincas presentan interacciones negativas de organismos fitófagos presentando una alta abundancia de dichos organismos. Se muestran interacciones positivas como polinizadores en los cuales se encuentran una mayor diversidad en la finca Santa Rosa, así como reguladores naturales. En ambas fincas se muestran más de 5 especies de macrofauna, siendo las familias más representativas Scarabaeidae, Formicidae, Rhinotermitidae, presentándose más de 10 individuos por m² de la macrofauna edáfica.

El tipo y la abundancia de biodiversidad dependen de la estructura y manejo del agroecosistema en cuestión. Southwood & Way (1970) señalaron que en general, el nivel de biodiversidad de insectos en los agroecosistemas depende de cuatro características principales: a) la diversidad de vegetación en y alrededor del agroecosistema; b) la durabilidad del cultivo dentro del agroecosistema; c) la intensidad del manejo, d) el aislamiento del agroecosistema con respecto a la vegetación natural (Nicholls & Altieri, 2002).

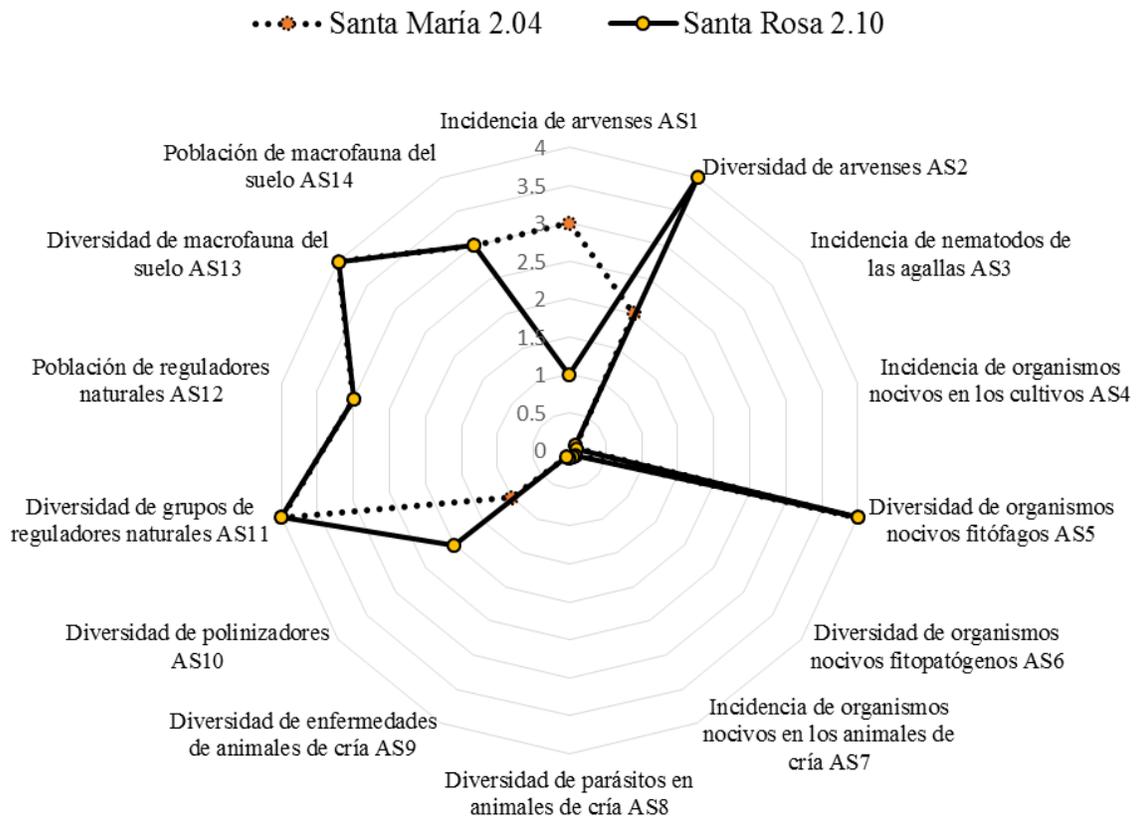


Figura 9. Resultados de los elementos de la biodiversidad asociada, La Grecia 2, Chinandega 2015-2016.

4.1.7 Diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de biodiversidad

Para obtener el coeficiente de manejo de la biodiversidad, se efectuó un diagnóstico a través de los componentes funcionales, relacionados con el manejo que se realiza en ambas fincas, utilizando los siguientes índices: diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva, manejo y conservación del suelo, manejo y conservación del agua, manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar y elementos de la biodiversidad asociada.

La finca Santa María obtuvo un coeficiente de Manejo de la Biodiversidad de 1.44 y en la finca Santa Rosa es de 1.34, el resultado del diagnóstico, las fincas fueron clasificadas de acuerdo a los diseños y manejos de la biodiversidad (Anexo 2), como poco complejas (Figura 10).

La evaluación de los diseños y manejos de la biodiversidad, no solamente constituye una herramienta para el seguimiento del avance en la transición hacia la sostenibilidad, sino que permiten determinar la capacidad de respuesta ante eventos extremos del cambio climático (Altieri, 2013).

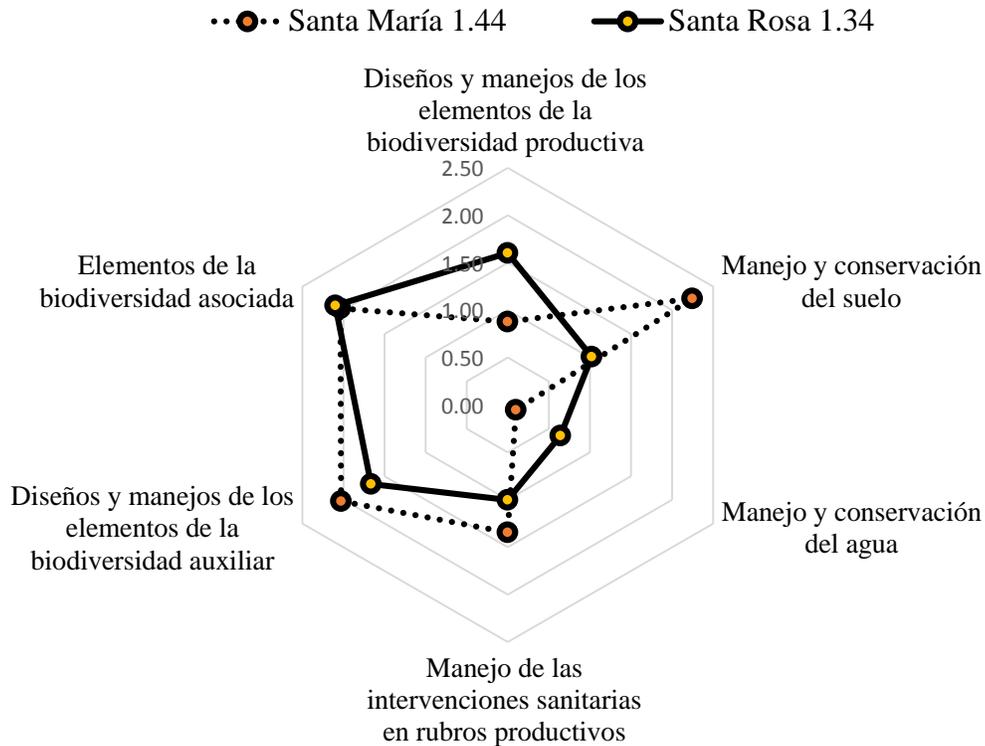


Figura 10. Resultados del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas Santa María y Santa Rosa, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.2 Clasificación de organismos de la macrofauna edáfica en sus categorías taxonómicas en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

La taxonomía depende de un sistema de clasificación natural, básicamente el taxón más pequeño es la especie, un grupo de organismos similares o idénticos que se cruzan entre sí, una o más especies con importantes similitudes forman un género. Las especies de un mismo género se dan por hecho que tienen un origen filogenético común. Cada género es diferente a los otros. Los géneros con semejanzas considerables forman una familia (Esquivel, 2006). Los filo encontrados durante la investigación son los Arthropoda y Annelida (Figura 11).

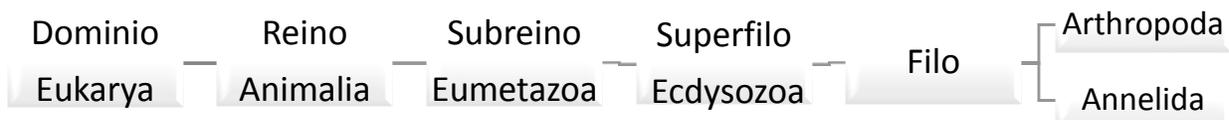


Figura 11. Filo de los individuos encontrados en fincas poco complejas Santa María y Santa Rosa de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega 2015- 2016.

La macrofauna edáfica está compuesta por animales invertebrados que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de este, en la hojarasca superficial y los troncos caídos en descomposición (Cabrera, 2014).

Las categorías taxonómicas a nivel de clases se muestran con mayor frecuencia en la finca Santa Rosa, esta posee 6 clases en comparación a la finca Santa María que posee 5. La remoción mínima sobre la capa superficial del suelo favorece a la clase insecta en sus estadios iniciales para la reproducción, los resultados demuestran que el manejo que realiza el productor influye sobre las poblaciones de macrofauna.

La clase insecta es la más amplia, prospera y variada del reino animal. Son primeramente organismos terrestres; algunas especies viven en agua dulce y una minoría de ellas se adaptó a vivir en las costas entre las mareas. La cabeza de los insectos, está claramente separada de tórax, y este del abdomen. Se clasifican de 20 a 25 órdenes, cada uno de los cuales constituye un exponente de adaptación a una gama cada vez más amplia de hábitat y ambientes (Villem, 1996).

Cuadro 4. Clases taxonómicas encontradas en agroecosistemas poco complejos con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Clases	Número de individuos por finca	
	Santa María	Santa Rosa
Arachnida	9	43
Chilopoda	1	2
Clitellata	12	15
Diplopoda	2	1
Insecta	653	451
Pulmonata	-	1
Total	677	513

Las categorías taxonómicas a nivel de órdenes se muestran con mayor frecuencia en la finca Santa Rosa, esta posee 14 órdenes en comparación a la finca Santa María que posee 13. El orden Coleoptera tiene mayor presencia de organismos en sus estados larvales, tienen estructura fuerte que les permite estar debajo de la capa superficial del suelo.

Los Coleopteras son el orden de seres vivos con mayor número de especies, con unas 370.000. Prácticamente todos los ambientes son habitados por los Coleoptera, su tamaño es variable, algunos miden solo mm, mientras otros son muy grandes. Algunas especies de escarabajos fabrican una especie de pelota o pera con sustancias orgánicas o estiércol depositando el huevo en una camarita construida en la parte superior de la pelota. Así se asegura el alimento a la larva Scarabaeidae (Bar, 2010).

Cuadro 5. Órdenes taxonómicos encontrados en agroecosistemas poco complejos con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Órdenes	Número de individuos por finca	
	Santa María	Santa Rosa
Acari	-	28
Araneae	8	14
Basomatophora	-	1
Coleoptera	381	212
Dermaptera	-	1
Diptera	20	1
Haplotaxida	12	15
Hemiptera	11	6
Hymenoptera	90	126
Isoptera	141	91
Julida	1	-
Lepidoptera	9	13
Lithobiomorpha	1	-
Opiliones	1	-
Orthoptera	1	1
Polydesmida	1	1
Solifugae	-	1
Total	677	511

Las categorías taxonómicas a nivel de familias se muestran con igual cantidad en ambas fincas con un total de 28 familias. La familia Scarabaeidae tiene mayor presencia en la finca Santa María, a esta se le realiza un manejo basado en prácticas agroecológicas, la siembra es al espeque lo que facilita el aumento de esta familia.

La familia Scarabaeidae es la que presenta mayor diversidad entre los coleopteras tanto en número de especies como en aspecto (tamaño, forma, y coloración) y modo de vida (Abia, 2009). Son más conocidos por sus larvas subterráneas, llamadas gallinas ciegas, que por los adultos o ronrones. Las larvas blancas, en forma de C, viven en el suelo, comiendo raíces o materia orgánica; en excrementos o en madera en descomposición, presentan un aparato bucal masticador, tanto en larvas como en adultos (McGavin, 2000).

Cuadro 6. Familias taxonómicas encontradas en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Familias	Número de individuos por finca	
	Santa María	Santa Rosa
Acanthodrilidae	12	15
Acrididae	-	1
Ammotrechidae	-	1
Anthophoridae	-	1
Araneidae	1	2
Bruchidae	34	16
Carabidae	3	24
Chrysomelidae	10	-
Cicadellidae	-	1
Cicadidae	-	5
Clubionidae	1	-
Cydnidae	10	-
Diguetidae	-	1
Elateridae	38	10
Formicidae	90	124
Gonyleptoidea	1	-
Gryllidae	1	-
Ixodidae	-	28
Julidae	1	-
Labiidae	-	1
Liocranidae	1	-
Lithobiidae	1	2
Lycosidae	1	2
Meloidae	-	5
Nitidulidae	1	1
Noctuidae	9	13
Oxyopidae	1	1
Pentatomidae	1	-
Pholcidae	-	2
Planorbidae	-	1
Polydesmidae	1	1
Rhinotermitidae	141	91
Scarabaeidae	276	125

Cuadro 6. Continuación ...

Selenophorus	1	-
Sicariidae	1	-
Staphylinidae	10	6
Syrphidae	19	-
Tenebrionidae	7	25
Theridiidae	2	6
Total	675	511

4.3 Rol funcional de la macrofauna edáfica en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015- 2016

El rol funcional de los organismos en el agroecosistema y su relación con los rubros de granos básicos presentados en ambas fincas, la diversidad y abundancia de la macrofauna variará en función de la intensidad de uso de la tierra y la aplicación de diferentes prácticas agrícolas, un manejo adecuado del suelo proporcionara una mayor variedad y cantidad de organismos edáficos que pueden ayudar a asegurar el reciclaje de nutrientes, un rápido crecimiento de las plantas y una capacidad productiva sostenible del sistema (Cabrera, 2014).

El alimento es esencial para el crecimiento de cualquier organismo y por ello es una consideración importante en el ciclo vital del insecto. De acuerdo al tipo de alimento utilizado los insectos se pueden agrupar en las siguientes categorías (Ross, 1964).

La mayor cantidad de individuos es fitófagos presentes en la finca Santa María, esta posee condiciones idóneas para la reproducción de estos, al tener un alto número de organismos fitófagos se puede presentar bajos rendimientos en los cultivos. Los insectos herbívoros o fitófagos explotan partes muy diversas de las plantas, y ello da lugar a comunidades de fitófagos ricas en detalles biológicos (Pérez, 1999). El determinante principal de la abundancia de especies, es el tamaño del área de distribución de la planta hospedadora (Southwood, 1960).

La finca Santa María presenta un mayor número de individuos depredadores con respecto a la Santa Rosa, esta también presenta mayor cantidad de organismos fitófagos los cuales son regulados por los depredadores manteniendo un equilibrio en el agroecosistema.

La respuesta funcional de los depredadores expresa la influencia del comportamiento de los enemigos naturales como individuos sobre la dinámica poblacional de un ecosistema (Fernández & Corley, 2004).

Evans, (1984) indica, el depredador es un organismo de vida libre a lo largo de todo su ciclo vital, suele ser de mayor tamaño que su presa, requiere más de una presa para completar su desarrollo y siempre mata a sus presas. Las adaptaciones de los insectos depredadores son muy diversas. Dependiendo de la forma de capturar podemos pensar en depredadores que cazan practicando una búsqueda activa, como el caso de muchos arácnidos.

Otros roles encontrados fueron: Detritívoros, Hematófagos y Saprófagos presentándose en menor cantidad en los agroecosistemas (Cuadro 6).

Cuadro 7. Grupos taxonómicos que componen la macrofauna edáfica y las funciones que realizan en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Familia	Depredadores		Detritívoros - Saprófagos		Familia	Fitófagos		Familia	Hematófagos		
	SM*	SR**	SM*	SR**		SM*	SR**		SM*	SR**	
Ammotrechidae	-	1	Acanthodrilidae	12	15	Acrididae	-	1	Ixodidae	-	28
Araneidae	1	2	Carabidae	3	24	Anthophoridae	-	1			
Carabidae	3	24	Chrysomelidae	10	-	Bruchidae	34	16			
Chrysomelidae	10	-	Formicidae	90	124	Carabidae	3	24			
Clubionidae	1	-	Gryllidae	1	-	Chrysomelidae	10	-			
Cydnidae	10	-	Julidae	1	-	Cicadellidae	-	1			
Diguetidae	-	1	Labiidae	-	1	Cicadidae	-	5			
Elateridae	38	10	Nitidulidae	1	1	Cydnidae	10	-			
Formicidae	90	124	Polydesmidae	1	1	Elateridae	38	10			
Gonyleptoidea	7	-	Rhinotermitidae	141	91	Formicidae	90	124			
Gryllidae	1	-	Scarabaeidae	276	125	Gryllidae	1	-			
Labiidae	-	1	Staphyllinidae	10	6	Meloidae	-	5			
Liocranidae	1	-	Syrphidae	19	-	Noctuidae	9	13			
Lithobiidae	1	2	Tenebrionidae	7	25	Pentatomidae	1	-			
Lycosidae	1	2				Polydesmidae	1	1			
Oxyopidae	1	1				Rhinotermitidae	141	91			
Pentatomidae	1	-				Scarabaeidae	276	125			
Pholcidae	-	2				Selenosporus	1	-			
Scarabaeidae	276	125				Staphyllinidae	10	6			
Sicariidae	1	-				Tenebrionidae	7	25			
Staphyllinidae	10	6									
Syrphidae	19	-									
Tenebrionidae	7	25									
Theridiidae	2	6									
Total	481	332		572	413		632	448		-	28

*Finca Santa María (SM); ** Finca Santa Rosa (SR).

4.4 Índice de biodiversidad Renyi para la macrofauna edáfica en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Las fincas poco complejas Santa María y Santa Rosa fueron comparadas a través del perfil de biodiversidad Renyi. La que presentó mayor diversidad fue la Santa Rosa, cuando $\alpha = 0$ la finca Santa Rosa presentó mayor riqueza en clases y orden. En la riqueza para la categoría taxonómica de familia es idéntica en ambas fincas. La uniformidad, dominancia y equidad resultan en mejor comportamiento según el perfil Renyi en la finca Santa Rosa (Figura 12), presentando mayor cantidad de Carabidae en la finca Santa Rosa los que contribuyen a la regulación de especies plagas cazando y alimentándose de presas vivas.

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

El número de especies de una región, su "riqueza" es una medida que a menudo se utiliza, se tiene en cuenta la estrecha relación existente entre una especie y otra (Moreno, 2001).

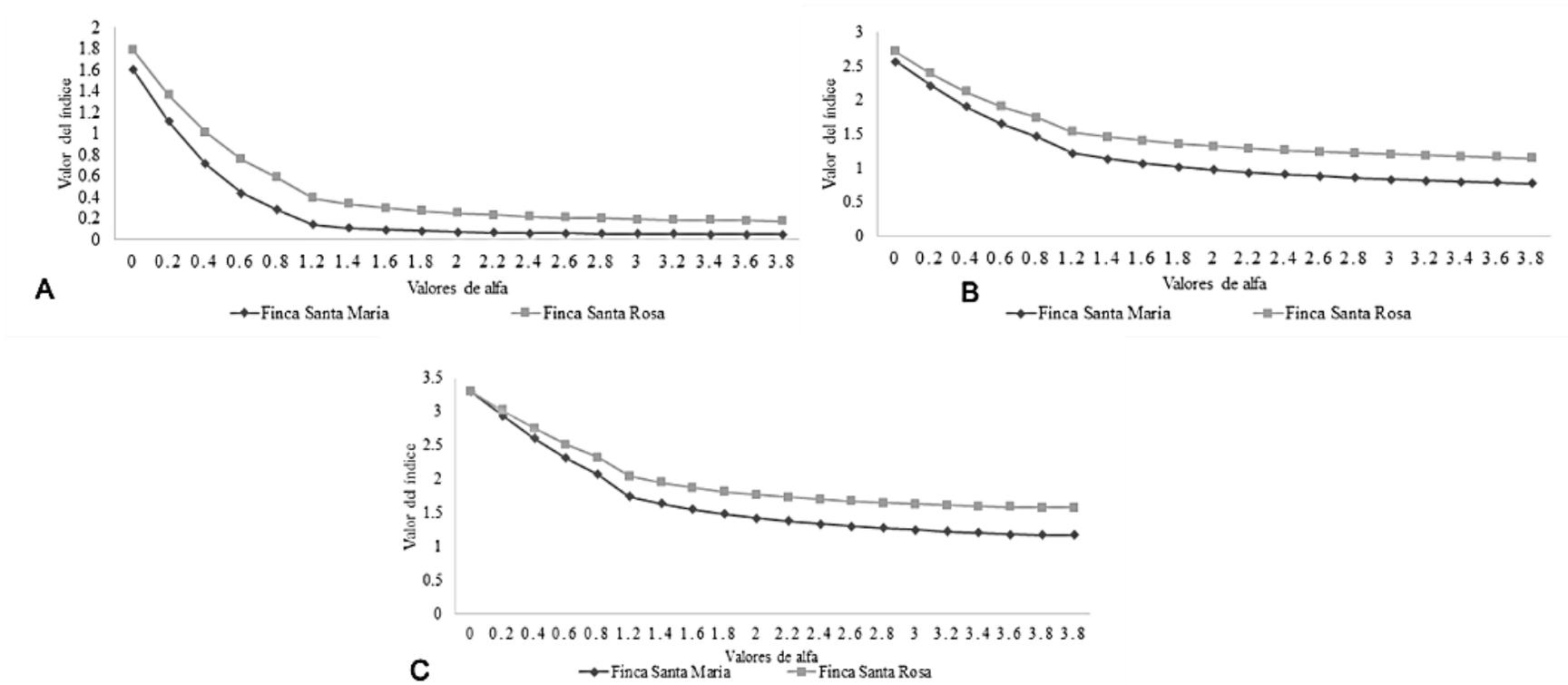


Figura 12. Resultados del índice de diversidad alfa (Renyi): A) diversidad alfa de clases, B) diversidad alfa de órdenes, C) diversidad alfa de familias.

4.5 Índice de disimilitud para categoría taxonómica clase en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015- 2016

Las clases que presentan una baja disimilitud son: Insecta, Clitellata y las que muestran una intermedia disimilitud son: Arachnida, Chilopoda y Diplopoda (Figura 13), se encuentra en mayor cantidad en la finca Santa Rosa la clase Arachnida por las practicas convencionales que realizan, y al poseer animales bovinos se aumenta la cantidad de esta clase.

Las arañas son artrópodos que viven en casi todos los ecosistemas terrestres, son predadores generalistas y su dieta está compuesta principalmente por otros artrópodos, tales como insectos y arácnidos, en las últimas décadas se ha estudiado su rol como controlador biológico de plagas en agroecosistemas presentándose una gran abundancia y riqueza específica de arañas en la biomasa animal de invertebrados de los cultivos (Coddington *et al.*, 1996; Cristofoli *et al.*, 2010).

Las arañas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponible en el ecosistema, poseen de dos a cuatro pares de ojos, un par de quelíceros, un par de pedipalpos, usadas para capturar y dar muerte a sus presas y cuatro pares de patas. El abdomen es liso, no segmentado y generalmente de forma globosa (Chiri, 1989). Se afirma que la estructura física de un ambiente influye en la selección del mismo por una araña, demostrado al probar que existe una relación directa entre la complejidad estructural de un hábitat y su diversidad de especies (Uetz ,1979).

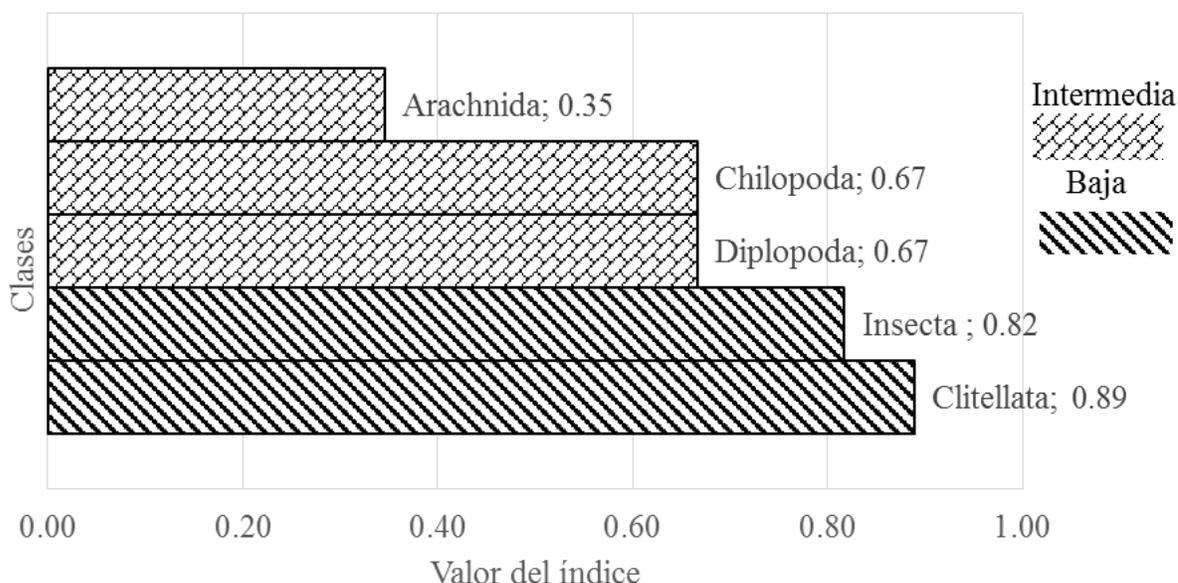


Figura 13. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las clases de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.6 Índice de disimilitud para órdenes en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

Los órdenes taxonómicos que presentan un valor bajo de disimilitud son: Polydesmida, Orthoptera, Haplotaaxida, Hymenoptera, Lepidoptera, Isoptera, Araneae, Coleoptera, Hemiptera (Figura 14), lo que indica que comparten la mayoría de estos órdenes. La clase que presenta una alta disimilitud es la Diptera (Cuadro 5), lo que muestra que estos individuos están presentes en ambos agroecosistemas, pero con una mayor frecuencia Santa María, la aplicación de compost y ceniza favorece este orden, ya que la finca tiene una capa superficial de 10 cm en todo el agroecosistema.

El orden Diptera es uno de los órdenes con mayor variedad morfológica y ecológica (Yeates *et al.*, 2007). Las moscas cumplen diversas funciones en los ecosistemas como polinizadores, depredadores, parasitoides, fitófagos, entre otras, las cuales son de gran importancia para el mantenimiento y equilibrio de los ecosistemas (Hughes *et al.*, 2000; Yeates *et al.*, 2007).

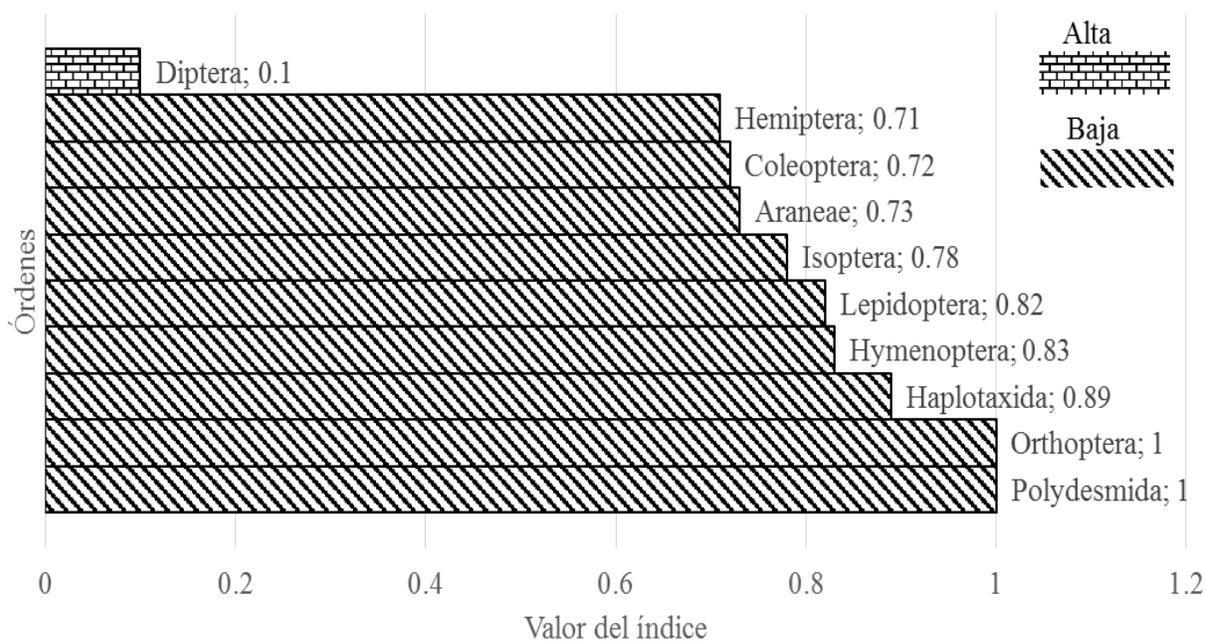


Figura 14. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para los órdenes de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.7 Índice de disimilitud para las familias en agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016

En las fincas Santa María y Santa Rosa las familias que tienen disimilitud baja son: Acanthodrilidae, Polydesmidae, Oxyopidae, Nitidulidae, Formicidae, Noctuidae, Rhinotermitidae, Staphylinidae, lo que muestra que ambos agroecosistemas comparten el mayor número de estos individuos; las familias que presentan una disimilitud intermedia son: Lycosidae, Lithobiidae, Araneidae, Bruchidae, Scarabaeidae, Theridiidae, Tenebrionidae, Elateridae; la familia que muestra una alta disimilitud es la Carabidae (Cuadro 6). Esta familia taxonómica está presente en ambos agroecosistemas, pero con una menor frecuencia en la finca Santa María, el incremento de la población de individuos pertenecientes a la familia Carabidae en la finca Santa Rosa se debe a que esta posee ganado y el estiércol que estos producen favorecen su hábito alimenticio carroñero, porque es consumidor de materia orgánica muerta al aumento de esta familia.

Estos Coleopteros suelen permanecer la mayor parte de su tiempo bajo el suelo. Muchas especies de carábidos son depredadoras, estrictas o facultativas, que además de poder participar en el equilibrio del ecosistema, han sido reconocidas, en algunos casos, como posibles agentes de control biológico (Ferrero, 1985; Weseloh, 1985; Weseloh *et al.*, 1995), existen otras especies que han sido reconocidas como plaga, como es el caso de *Zabrus teñebrioides* (Basset, 1978; Epperlein y Wetzell, 1985; Tiebas *et al.*, 1992) La ubicuidad y abundancia de los carábidos y estafilínidos en muchos ecosistemas les confiere un gran valor biológico que los convierte en bioindicadores potenciales (Luff, 1996, Bohac, 1999).

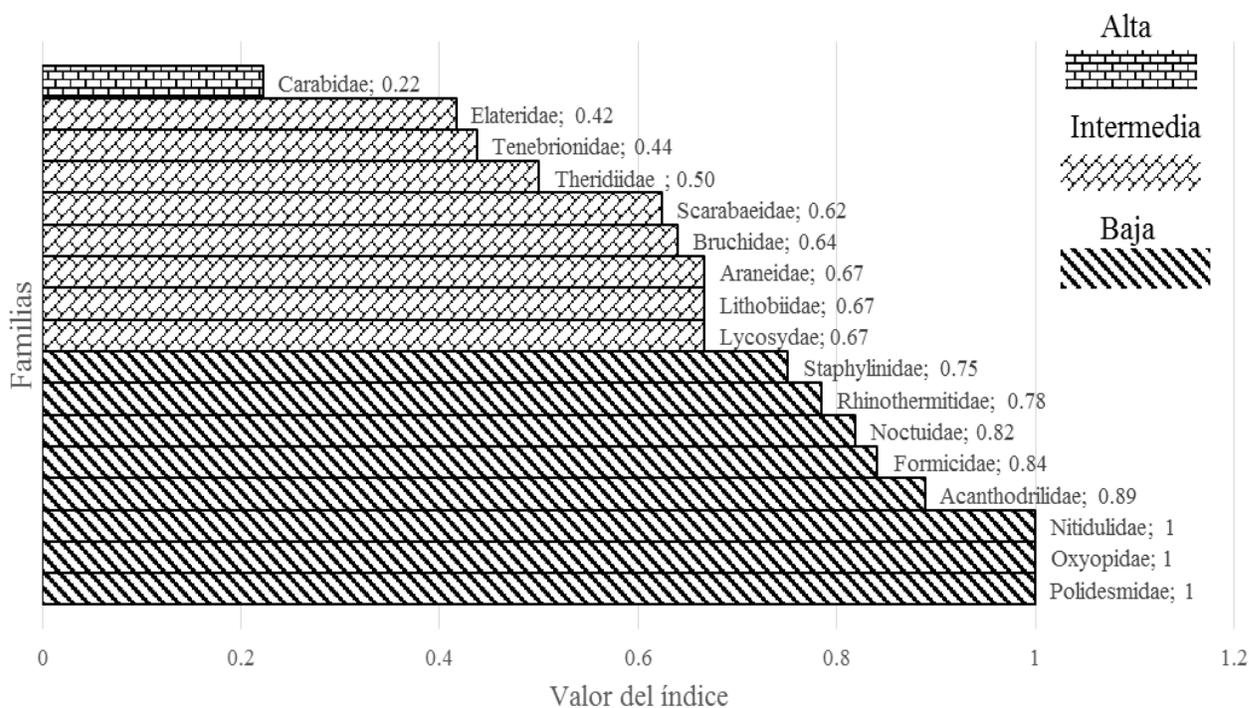


Figura 15. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las familias de los agroecosistemas de granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

V. CONCLUSIONES

La determinación de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad para la finca Santa María obtuvo un coeficiente de 1.44, mientras que la finca Santa Rosa presentó un coeficiente de 1.34. Ambas fincas son clasificadas como poco complejas, según los rangos establecidos en el coeficiente de medición de la biodiversidad.

Al categorizar taxonómicamente los organismos en Clase, Orden y Familia; la finca Santa Rosa presentó una mayor diversidad de organismos, en comparación a la finca Santa María que presentó una mayor cantidad de organismos.

Dentro de cada grupo funcional el número de individuos fitófagos, detritívoros y depredadores se presentan en mayor cantidad en la finca Santa María. En la finca Santa Rosa se presentó mayor cantidad de saprófagos y un grupo adicional los hematófagos, por influencia del ganado bovino.

Al aplicar los índices de diversidad alfa y beta, se observó que la finca Santa Rosa presentó mejor comportamiento en su uniformidad, dominancia y equidad. La riqueza de familias en ambas fincas es similar.

VI. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados del primer indicativo del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva se recomienda que la finca Santa María integre más rubros productivos.

Realizar una evaluación de la macrofauna edáfica en períodos lluvioso y seco, para la comparación de los organismos.

Incorporar compost, lombrihumus y realizar corredores biológicos para favorecer el aumento de los insectos depredadores.

Incorporar estiércol para favorecer al aumento de los Syrphidae.

VII. LITERATURA CITADA

- Abia, M. (2009). De gusano blanco a escarabajo sanjuanero (Coleoptera, Scarabaeidae). Características morfológicas, modo de vida e incidencia en cultivos. *Entomología Aplicada*, 581-586. Recuperado de:
<http://aproqip.agripa.org/download-doc/121918>
- Altieri, M. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En C. Nicholls, L. Ríos, & M. Altieri, *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (págs. 94-104). Medellín, Colombia. Recuperado de:
<https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/REDAGRESlibro1.pdf?iv=131>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (1999). *Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems*. In: *Biodiversity in Agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México, DF. Recuperado de:
<http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2007). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Barcelona: Icaria.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 7-20. Recuperado de:
<http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421>
- Anderson, J., & Ingram, J. (1993). *Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods*. Wallingford, Inglaterra: CAB Internacional.
- Andrews, K., & Caballero, R. (sf). *Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centroamérica*.
- Arana, C. (2014). Los macroinvertebrados edáficos y su importancia en las dinámicas agroproductivas. *BIOMA*, 46-52.
- Bar, E. (2010). *Biología de los artrópodos*. Recuperado de:
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/artropodos/Orden%20Coleoptera.pdf>
- Bassett, P. (1978). Damage to winter cereals by *Zabrus tenebrioides* (Goeze) (Coleoptera: Carabidae). *Plant Pathology*, 48.
- Bohac, J. (1999). Staphylinid beetles as bioindicators. *Agrie. Ecosyst. Envir*, 357-372.
- Cabrera, G. (2014). *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en cuba*. La Habana.
- Chinery, M. (1988). *Guía de campo de los insectos de España y de Europa*. Barcelona: Omega, S.A

- Chiri, A. (1989). Las Arañas: biología, hábitos alimenticios e importancia como depredadores generalizados. *Manejo de Plagas agrícolas*, 67-81.
- Clements, W., & Newman, M. (2002). Community ecotoxicology. 336.
- Coddington, J., Young, L., & Coyle, F. (1996). Estimating spider species richness in a Southern Appalachian Cove Hardwood Forest. *Journal of Arachnology*, 111-125.
- Cristofoli, S., Mahy, G., Kekenbosch, R., & Lambeets, K. (2010). Spider communities as evaluation tools for wet heathland restoration. *Ecological Indicators*, 773-780.
- Damián, M., & Aragón, G. (2011). *Manejo convencional y agroecológico del maíz en Tlaxcala y su impacto en la productividad*. Puebla, México.
- Epperlein, K., & Wetzel, T. (1985). Kenntnis der Dispersion des Getreidelaufkäfers (*Zabrus tenebrioides* Goeze) wichtige Voraussetzung für die effektive Überwachung und gezielte Bekämpfung. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in DDR*, 41-42.
- Esquivel, S. (2006). *Zoología General*. Managua.
- Evans, H. (1984). *Insect biology: a textbook of entomology*. California.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nation, IT). 2010. *La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas*. Italia. Recuperado de: ftp://ftp.fao.org/paia/biodiversity/agroeco_biod_es.pdf
- Fernández, V., & Corley, J. (2004). La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. *Ecología Austral*, 83-93.
- Ferrero, F. (1985). A precious forest auxiliary insect: *Calosoma sycophanta*. *Phytoma*, 28.
- Gómez, J. A. (2008). Ecología de los ensamblajes de larvas de odonatos (insecta) y su uso potencial como indicadores de calidad ecológica en la sierra de Coalcomán, Michoacán, Mexico. Hidalgo, Mineral de la reforma. Recuperado de: https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Ecologia%20de%20os%20ensamblajes.pdf
- Hughes, J., Daily, G., & Ehrlich, P. (2000). Conservation of insect diversity: a habitat approach. *The Journal of the Society for Conservation Biology*, 1788-1796.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) & Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). (2011). *Departamento de Chinandega y sus municipios: Usos de la tierra y del agua en el sector agropecuario*. Managua, 96p.
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies: World Agroforestry Centre (ICRAF). *Nairobi*, 207 p.
- Lavelle, P. (2002). Functional domains in soils. *Ecological Research*, 441-450.
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., & Blouin, M. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol*, 3-15.
- Luff, M. (1996). Use of Carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Annales Zoologica Fennici*, 185-195.

- Mostacedo, B. (2000). "Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia pag.2 – 8. Recuperado de:
<http://www.bio-nica.info/Biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- McGavin, G. (2000). *Insectos: arañas y otros artrópodos terrestres*. Barcelona: OMEGA, S.A.
- Mercado, S. (2000). *Índices de integridad biótica de aproximación a su desarrollo. Diversidad biológica de ríos y arroyos del centro de México: Bases para su conocimiento y conservación*. México.
- Ministerio Agropecuario y Forestal. (MAGFOR). (2009) *Fortalecimiento al sistema nacional de semilla*. Managua, 68p.
- Morán, J., & Alfaro, F. (Septiembre de 2015). Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. Managua, Nicaragua.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. Recuperado de:
<http://www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2013/09/m%C3%A9todos-de-evaluaci%C3%B3n-de-biodiversidad.pdf>
- Movimiento de productoras y productores agroecológicos y orgánicos de Nicaragua. (MAONIC). (2015). *Diagnóstico y planificación de fincas con enfoques agroecológico. Directrices sobre buenas prácticas agroecológicas y orgánicas. (BPAE)*. Managua.
- Newman, M., & Unger, M. (2003). *Fundamentals of ecotoxicology*. Lewis Publishers, 458.
- Nicholls, C., & Altieri, M. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 5 0 - 6 4.
- Nicholls, C., Ríos, L., & Altieri, M. (2013). *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. Medellín, Colombia.
- Orellana, J. (2009). Índices de diversidad florísticas arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de la sacta. Cochabamba, Bolivia.
- Pérez, T. (1999). La especialización de los insectos fitófagos: una regla más que una excepción. *Bol. S.E.A.*, 759-776.
- Pielou, E. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley interscience. New York, E.E.U.U.
- Renyi, A. (1961). On measures of Entropy and information. In: Neyman, J. (ed). *Proceedings of the 4 th Berkeley Symposium on Mathematica Statitics and Probability*, vol.1, pp. 547-561. University of California Press, Berkely, C.A.
- Restrepo, M., Angel, D., & Prager, M. (2000). *Agroecología*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Ross, H. (1964). *Introducción a la entomología general y aplicada*. Barcelona: OMEGA, S.A.
- Rousseau, L., Fonte, S., Téllez, O., Hock, R., & Lavelle, P. (2013). Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecol Indic*, 71-82.

- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. México.
- Southwood, T. (1960). The abundance of the hawaiian trees and the number of their associated insect species. *Proc. Hawaiian*, 299-303.
- Southwood, T., & Way, M. (1970). Ecological background to pest management. En R. Rabb, & F. Guthrie, Concepts of pest management. North Carolina.
- Tiebas, M., Biurrún, R., & Esparza, M. (1992). Métodos de lucha química para el control del zabro del cereal, *Zabrus tenebrioides*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 149-159.
- Uetz, G. (1979). The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia*, 29-42.
- Vázquez, L. (2013). Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología* 8, 33-42.
- Villee, C. (1996). *Biología*. México D.F: Editorial Mexicana.
- Weseloh, R. (1985). Predation by *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae): evidence for a large impact on gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) pupae. *WESELOH, R. 1985. Predation by Calosoma sycophanta L. (Coleoptera: Carabidae): Canadian Entomologist*.
- Weseloh, R., Bernon, L., Butler, R., & Fuester, D. (1995). Releases of *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) near the edge of Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) distribution. *Environ. Entomol*, 1713-1717.
- Yeates, D., Wiegmann, B., Courtney, G., Meier, R., Lambkin, C., & Pape, T. (2007). Phylogeny and sistematics of Diptera: Two decades of progress and prospects. *Zootaxa*, 565-590.
- Zerbino, M. (2005). Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Uruguay.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Indicadores de la complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza. Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente:

$$\text{DMBPr} = \sum [2\text{Pr}_1 + \text{Pr}_2 + 2\text{Pr}_3 + \text{Pr}_4 + \text{Pr}_5 + \text{Pr}_6 + \text{Pr}_7 + \text{Pr}_8 + \text{Pr}_9 + \text{Pr}_{10} + \text{Pr}_{11} + 3\text{Pr}_{12} + \text{Pr}_{13} + \text{Pr}_{14} + \text{Pr}_{15} + \text{Pr}_{16} + \text{Pr}_{17} + 2\text{Pr}_{18}]/23.$$

Manejo y conservación del suelo (MCS). Se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo, que contribuye a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo. Se emplea la expresión siguiente:

$$\text{MCS} = \sum [2\text{S}_1 + \text{S}_2 + \text{S}_3 + 2\text{S}_4 + \text{S}_5 + \text{S}_6 + \text{S}_7]/9.$$

Manejo y conservación del agua (MCA). El agua, además de ser un recurso natural que requiere ser utilizado óptimamente, tiene una gran influencia en el manejo y conservación de la biodiversidad. Se emplea la expresión siguiente:

$$\text{MCA} = \sum [\text{A}_1 + \text{A}_2 + 2\text{A}_3 + 2\text{A}_4 + \text{A}_5]/7.$$

Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Las intervenciones con productos u otras técnicas para reducir la incidencia de organismos nocivos a las plantas cultivadas y los animales de crianza. Los indicadores utilizados consideran la reducción de intervenciones, la integración de productos biológicos y de estos, los que se obtienen en el propio sistema. Se emplea la expresión siguiente:

$$\text{MIRP} = \sum [\text{I}_1 + 2\text{I}_2 + \text{I}_3 + 2\text{I}_4 + \text{I}_5]/7.$$

Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). La vegetación auxiliar en un sistema de producción agropecuaria puede estar integrada por la cortina rompe vientos, cerca viva perimetral e internas, arboledas, ambientes seminaturales, corredores ecológicos internos y barreras vivas laterales e intercaladas en los campos. Se considera la estructura de los elementos que la integran, así como la complejidad de los diseños y manejos que se realiza. Se emplea la expresión siguiente:

$$\text{DMBAu} = \sum [2\text{Au}_1 + \text{Au}_2 + 2\text{Au}_3 + \text{Au}_4 + 3\text{Au}_5 + \text{Au}_6 + \text{Au}_7 + 2\text{Au}_8 + \text{Au}_9 + 2\text{Au}_{10} + \text{Au}_{11} + \text{Au}_{12} + \text{Au}_{13} + 2\text{Au}_{14} + \text{Au}_{15}]/22.$$

Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). La biodiversidad asociada son los organismos, sean animales, vegetales y microorganismos, que se asocian a las plantas cultivadas y los animales de crianza, en unos casos con interacciones positivas y en otras negativas, representados por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. Se considera la incidencia y diversidad de los grupos que pueden ser observados con facilidad. Para determinar el indicativo se emplea la expresión siguiente:

$$\text{EBAs} = \sum [\text{As}_1 + \text{As}_2 + \text{As}_3 + \text{As}_4 + \text{As}_5 + \text{As}_6 + \text{As}_7 + \text{As}_8 + \text{As}_9 + \text{As}_{10} + 2\text{As}_{11} + \text{As}_{12} + 2\text{As}_{13} + \text{As}_{14}]/16.$$

Anexo 1. Continuación...

Al concluir el proceso de diagnóstico, se determina el coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) del sistema de producción, mediante la expresión siguiente: $CMB = \frac{DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs}{6}$. Finalmente se puede clasificar el sistema respecto al nivel de complejidad alcanzado por los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad.

Fuente: Vázquez 2013.

Anexo 2. Determinación del nivel de complejidad de los diseños y manejos de la diversidad durante la reconversión de sistemas de producción agropecuario

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