



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Evaluación de los diseños, manejo de la
biodiversidad y macrofauna edáfica en dos
agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas,
Boaco, Nicaragua 2015-2016**

AUTORES

Br. Byron Rodolfo Chavarría Díaz
Br. Johnis Ariel Martínez Arauz

ASESORES

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González
Dr. Dennis José Salazar Centeno
MSc. Leonardo García Centeno

**Managua, Nicaragua
Agosto, 2017**



*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Evaluación de los diseños, manejo de la
biodiversidad y macrofauna edáfica en dos
agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas,
Boaco, Nicaragua 2015-2016**

AUTORES

Br. Byron Rodolfo Chavarría Díaz

Br. Johnis Ariel Martínez Arauz

ASESORES

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González

Dr. Dennis José Salazar Centeno

MSc. Leonardo García Centeno

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito para obtener el
Título de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Agosto, 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

*“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”*

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

Presidente

Secretario

Vocal

Managua, Nicaragua
Agosto, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	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	4
3.1.2 Suelos	4
3.1.3 Vegetación	4
3.2 Diseño metodológico	4
3.2.1 Muestreo utilizado en la clasificación y cuantificación de la macrofauna edáfica	6
3.2.1.1 Época de muestreo	6
3.2.1.2 Fase de campo	6
3.3 Manejo de los agroecosistemas	7
3.2.1. Agroecosistema Buena Vista	7
3.2.2 Agroecosistema San Juan	7
3.4 Variables evaluadas	7
3.5 Análisis de los datos	7
3.5.1 Índice de Renyi o diversidad alfa	8
3.5.2 Índice de distancia de Bray-Curtis o diversidad beta	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9

4.1	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	9
4.1.1	Diseño y manejo de la biodiversidad productiva	9
4.1.2	Manejo y conservación de suelo	10
4.1.3	Manejo y conservación de agua	11
4.1.4	Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos	12
4.1.5	Manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar	13
4.1.6	Estado de los elementos de la biodiversidad asociada	15
4.1.7	Coefficiente de manejo de la biodiversidad	16
4.2	Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica	17
4.2.1	Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de clases	17
4.2.2	Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de órdenes	18
4.2.3	Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de familias	19
4.3	Rol funcional de la macrofauna edáfica por familias taxonómicas	22
3.3.1	Depredadores	22
3.3.2	Herbívoros o fitófagos	22
3.3.3	Detritívoros	24
3.3.4	Omnívoros	24
3.3.5	Parásitos	25
4.4	Comportamiento de la macrofauna edáfica según índices de biodiversidad	26
4.4.1	Perfiles de Renyi de la biodiversidad alfa a nivel de clases taxonómicas de la macrofauna edáfica	26
4.4.2	Índice de disimilitud a nivel Clases taxonómicas de macrofauna	27
4.4.3	Perfiles de Renyi de la diversidad alfa a nivel de órdenes taxonómicas de la macrofauna edáfica	28
4.4.4	Índice de disimilitud a nivel de órdenes taxonómicas de macrofauna	30
4.4.5	Perfiles de Renyi de la diversidad alfa a nivel de familias taxonómicas de la macrofauna edáfica	31
4.4.6	Índice de disimilitud a nivel de familias taxonómicas de macrofauna	33
V.	CONCLUSIONES	35
VI.	LITERATURA CITADA	36
VII.	ANEXOS	44

DEDICATORIA

Al ser supremo único e inigualable “**DIOS**” por darme las fuerzas, la sabiduría, el entusiasmo y la vida “Por qué el temor a Jehová es el principio de la sabiduría, y el conocimiento del Santísimo es la inteligencia” (Prov. 9, 10).

A nuestra madre santísima la siempre virgen María por interceder ante nosotros.

A mis queridos padres José Rodolfo Chavarría Montenegro y Juana María Díaz por todos sus consejos y apoyo que me brindaron durante mi formación profesional.

A mis queridos hermanos y hermanas por el apoyo y el aprecio a mi formación.

A todos los docentes que formaron parte de mi formación y así mismo por los consejos que me brindaron.

A mis asesores Ing. Msc. Hugo René Rodríguez, Dr. Dennis Salazar Centeno y el Ing. Josué Daniel Rocha.

A todos mis colegas para que este trabajo sea útil y una fuente más de información para enriquecer los conocimientos en el rol funcional que desempeña la macrofauna edáfica.

Br. Byron Rodolfo Chavarría Díaz

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María por su intersección que me han inspirado a seguir adelante y ser fuerte ante las adversidades de la vida, por darme las fortalezas e inteligencia en cada uno de mis pasos.

A mis padres Santos Paulino Martínez y Daysi Yadira Arauz quienes me han regalado la vida y guiado por el buen camino y por su apoyo incondicional.

Dedico este trabajo de investigación a mis hermanos Jimmy Eduard, Nolvía Auxiliadora, Santos Wilfredo, Daysis Juderling, Osmar Uriel, Junior Eliuth, Karen Jarixa, Katerin Julibeth y Edixa Johari todos de apellido Martínez Arauz.

Br. Johnis Ariel Martínez Arauz

AGRADECIMIENTOS

A nuestro padre celestial “**DIOS**” por darme las fuerzas, la sabiduría, el entusiasmo y la vida “Por qué el temor a Jehová es el principio de la sabiduría, y el conocimiento del Santísimo es la inteligencia” (Prov. 9, 10).

A mis queridos padres José Rodolfo Chavarría Montenegro y Juana María Díaz por todos sus consejos y apoyo que me brindaron durante mi formación profesional.

A mis queridos hermanos y hermanas por el apoyo y el aprecio a mi formación.

A mis asesores Ing. MSc. Hugo René Rodríguez, Dr. Dennis Salazar Centeno y el Ing. Josué Daniel Rocha.

A los productores Juan José García Ramos y Benito Sánchez por poner a disposición sus unidades de producción para poder realizar este trabajo y así mismo por la atención brindada durante la recolección de la información.

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.

Br. Byron Rodolfo Chavarría Díaz

AGRADECIMIENTOS

Doy infinitamente gracias a Dios nuestro padre y a nuestra madre la virgen María que siempre me han protegido.

A mis padres Santos Paulino Martínez y Daysi Yadira Arauz por brindarme el apoyo incondicional y que mi sueño hoy sea realidad, a mis hermanos, abuelos y amigos que de una y otra forma han colaborado durante todo el proceso de mi formación profesional.

Nuestra alma máster Universidad Nacional Agraria (UNA) por su colaboración en todo momento, al proceso de transferirme los conocimientos científicos, en especial a los docentes de la facultad de Agronomía, equipo de la Dirección de servicios estudiantiles por su gran labor.

Mis asesores Ing. MSc. Hugo René Rodríguez, Dr. Dennis Salazar Centeno y el Ing. Josué Daniel Rocha.

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 los productores Juan José García Ramos y Benito Sánchez por brindar la disposición y apoyo en sus unidades de producción para poder realizar durante la etapa de campo de nuestra investigación.

Fiel agradecimiento a la familia Vega Ríos quienes me apoyaron en momentos difíciles durante mis estudios.

Mis agredesimiento al personal que labora en el departamento de Contabilidad y Dirección financiera de la UNA, por su apoyo incondicional.

A todos muchas gracias que Dios les bendiga hoy mañana y siempre.

Br. Johnis Ariel Martínez Arauz

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Determinación del nivel de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas.	5
2	Bloques por agroecosistemas ganaderos.	6
3	Clasificación taxonómica a nivel de clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	18
4	Clasificación taxonómica a nivel de órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	19
5	Clasificación taxonómica a nivel de familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	21
6	Rol funcional de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	10
2	Manejo y Conservación del Suelo (MCS), en dos agroecosistemas ganaderos Las Lagunas, Boaco, 2016.	11
3	Manejo y Conservación del Agua (MCA), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016	12
4	Manejo de las Intervenciones Sanitarias en Rubros Productivos (MISRPr), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	13
5	Manejo de los Elementos de la Biodiversidad Auxiliar (DMBAu), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	14
6	Estado de los elementos de la Biodiversidad Asociada (EBAs), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	16
7	Coefficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	17
8	Perfiles de Renyi a nivel de clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	27
9	Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016	29
10	Perfiles de Renyi a nivel de órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	30
11	Índice de disimilitud según Bray-Curtis para órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	32
12	Perfiles de Renyi a nivel de familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	33
13	Índice de disimilitud según Bray-Curtis para familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Ubicación geográfica de los agroecosistema ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	45
2	Ilustración del monolito utilizado en la recolección de macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.	45
3	Proceso metodológico para la identificación de macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganadero, Las Lagunas, Boaco, 2015-2016.	46
4	Formato de campo utilizado para colecta de macrofauna adáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco 2015.	46
5	Escala de disimilitud de Bray-Curtis para el análisis de diversidad beta en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco 2016.	46

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad Las Lagunas, municipio de Boaco, 2015-2016; Con el objetivo de evaluar la complejidad de los diseños, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica, su rol funcional y el comportamiento de sus poblaciones en dos agroecosistemas ganaderos. Para determinar el grado de complejidad se implemento la metodología de Vásquez, en el proceso de la recolección de macrofauna edáfica se utilizó la metodología propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility. Se realizó la identificación haciendo uso de claves taxonómicas en una base de datos de Excel e Infostad para la depuración de medias de resúmenes y su posterior aplicación de ecuaciones de índices de diversidad alfa y diversidad beta. Cada agroecosistema se dividió en cinco bloques. Se obtuvo un coeficiente y manejo de su biodiversidad de 3.26 en Buena Vista y 1.16 para San Juan quedando clasificados como complejo y poco complejo. La presencia de macroinvertebrados fue mayor en el agroecosistema Buena Vista encontrándose la clase Insecta con el número más alto de individuos, las familias más representativas son Formicidae, Lumbricidae, Rhinotermitidae y Scarabaeidae. El grupo funcional con mayor número de organismos son los fitófagos en ambos agroecosistemas seguido de los detritívoros, omnívoros y depredadores. La mayor diversidad y riqueza representada por el índice de Renyi en Clases, Órdenes y Familias lo obtuvo Buena Vista, Se encontró alta disimilitud en las familias Pyralidae, Noctuidae, Lumbricidae, Tettigonidae y Scarabaeidae. La complejidad y el manejo de la biodiversidad de los agroecosistemas ganaderos es fundamental para mantener la estabilidad de la macrofauna edáfica como un indicador de la fertilidad biológica de los suelos.

Palabras claves: agroecosistemas ganaderos, macrofauna, biodiversidad.

ABSTRACT

In order to evaluate the complexity of the designs and management of biodiversity, edaphic macrofauna, its functional role and the behavior of its populations in two livestock agroecosystems in the community the Lagunas, municipality of Boaco, 2015-2016 was implemented the methodology Of Vásquez to determine the degree of complexity, the methodology proposed by Tropical Soil Biology and Fertility. Was used for the macrofauna harvesting process. Taxonomic keys were used for the identification of specimens at the level of order, gender, and family in an Excel and Infostad database for the debugging of means of abstracts and its subsequent application of equations of alpha diversity and beta diversity indexes . Each agroecosystem was divided into five blocks. Within the results a coefficient and management of its biodiversity of 3.26 was obtained in Buena Vista and 1.16 for San Juan being classified as complex and little complex. The presence of macrofauna was higher in the Buena Vista agroecosystem, with the Insecta class having the highest number of individuals, the most representative families being Formicidae, Lumbricidae, Rhinotermitidae and Scarabaeidae. The functional group with the highest number of organisms are phytophagous in both agroecosystems followed by detritivores, omnivores and predators. The highest diversity and richness represented by the Renyi index in Classes, Orders and Families was obtained by Buena Vista. High dissimilarity was found in the families Pyralidae, Noctuidae, Lumbricidae, Tettigonidae and Scarabaeidae. The complexity and management of the biodiversity of the livestock agroecosystems is fundamental to maintain the stability of the edaphic macrofauna as an indicator of the biological fertility of the soils

Key words: livestock agroecosystems, macrofauna, biodiversity.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Nicaragua es un rubro de suma importancia en el desarrollo económico, aporta el 8% de producción de carne al PIB del cual el 40% es para consumo local y un 60% para exportación. Además genera alrededor de 600,000 empleos distribuidos en 136,000 fincas ganaderas con un total de 5 200 000 de cabezas, con una producción 249 millones de galones de leche por año (Le Lous y Vásquez, 2016).

Los componentes de un agroecosistema, comprenden todos los organismos y recursos disponibles en la región cultivada como: manejo de los cultivos sembrados, el suelo, agua circulante, flora, fauna, microorganismo, balance energético, el ambiente físicoquímico y el entorno humano asociado (Trovo *et al.*, 2009).

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes que interactúan en un ecosistema (Altieri, 1992). La biodiversidad es efectivamente un importante regulador de las funciones de los agroecosistemas, no solo en el sentido estrictamente biológico de su impacto sobre la producción, si no en el de satisfacer una serie de necesidades de los agricultores y la sociedad en general. Los elementos de la biodiversidad (biótico y abiótico) que conforman el sistema y sus respectivas interacciones (Lobo y Halffter, 1994) determinan la salud del sistema (Altieri y Nicholls, 1999).

En todo sistema hay variedad de especies aparentemente irrelevante para el éxito de las cosechas y que sin embargo son claves para la estabilidad del mismo (Trovo *et al.*, 2009). La diversificación de los agroecosistemas constituye una práctica exitosa para lograr que se mantenga el equilibrio biológico entre especies vegetales y animales, lo que beneficia las condiciones de pastoreo (Sarandon, 2002).

Los sistemas diversificados de pequeña escala, que utilizan principalmente recursos locales y combinaciones complejas de los cultivos, son relativamente estables y productivos, y presentan rendimientos altos por unidad de trabajo y energía (Altieri y Nicholls, 2004).

Los policultivos complejos y los sistemas agroforestales practicados por pequeños productores tropicales imitan varios aspectos de la estructura y el funcionamiento de las comunidades naturales, como el reciclaje de nutrientes, resistencia al ataque de plagas, estructura vertical y altos niveles de biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2004).

Desde el punto de vista biológico, en la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema se puede tomar en cuenta la macrofauna edáfica, la cual agrupa los invertebrados mayores de dos milímetros de diámetro (Cabrera, 2012).

La diversidad biológica, amplia o estrecha, tiene que mantenerse para el equilibrio de la población de artrópodos. Dicha diversidad se reduce significativamente con el uso inapropiado de plaguicidas o con cualquier práctica agrícola aplicada erróneamente (Matson *et al.*, 1997).

En palabras de Rousseau *et al.*, (2013), la macrofauna es considerada como un indicador biológico sensible de los impactos del uso y manejo de la calidad de los suelos. De esta óptica Lavelle *et al.*, (2006), incluyen a aquellos organismos que desempeñan un papel importante e imprescindible para la salud y productividad de los suelos, por la capacidad que estos tienen en alterar el ambiente en donde crecen y se desarrollan las plantas.

Muchos organismos de la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isoptera) y las hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica.

Parte de los macroinvertebrados intervienen en la trituración de los restos vegetales (Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Gastropoda) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la mesofauna edáfica (Araneae, Chilopoda) (Cabrera *et al.*, 2011; Brown *et al.*, 2001).

Las predominancias de estos grupos ecológicos están determinadas por un conjunto de factores ambientales, se considera que la temperatura, seguido de la disponibilidad de recursos y de la variación de la humedad, son los principales determinantes para que se encuentren en los agroecosistemas (Lavelle y Spain, 2001).

El manejo inadecuado de los suelos, realizando prácticas como: fertilizantes sintéticos, plaguicidas, herbicidas, el sobre pastoreo y el monocultivo (pasto) contribuyen a la pérdida gradual de su fertilidad química, física y biológica lo que constituye un factor de considerables dimensiones en los suelos ganaderos, y para esto es necesario buscar alternativas que promuevan un incremento en los rendimientos, no provocando daños en la fertilidad edáfica ni al medio ambiente.

El presente trabajo de tesis consistió en realizar una comparación de agroecosistemas, en las cuales se han implementado principios y estrategias agroecológicas para el diseño de sistemas agrarios sostenibles durante varios años, que son relativamente complejos versus agroecosistemas más simplificados. Uno de los propósitos de esta comparación es fundamentar científicamente el modelo de producción de alimentos, fibras y piensos en fincas agroecológicas para promover este enfoque productivo a nivel regional, principalmente en El Salvador, Honduras y nuestro país.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad, la macrofauna edáfica, su rol funcional y el comportamiento de sus poblaciones en dos agroecosistemas ganaderos en Boaco.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en dos agroecosistemas ganaderos.
- Identificar los organismos de macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos.
- Categorizar el rol funcional de la macrofauna en dos agroecosistemas ganaderos.
- Cuantificar el perfil de diversidad alfa y el índice de disimilitud beta de la macrofauna en dos agroecosistemas ganaderos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fechas del estudio

El estudio se realizó en el departamento de Boaco, Municipio de Boaco, comarca Las Lagunas. Este trabajo de investigación se inicio en octubre del 2015 finalizando en diciembre del 2016.

Los agroecosistemas están ubicados en las siguientes coordenadas: Buen Vista en 12⁰ 28'16.12" Latitud Norte y 85⁰ 36' 40" Longitud Oeste a una altura de 460 metros sobre el nivel del mar, San Juan 12⁰ 27' 24.33" Latitud Norte y 85⁰ 36' 39.30" Longitud Oeste a una altura de 530 metros sobre el nivel del mar (Anexo 1).

3.1.1 Clima

Las temperaturas varían según la época: en verano alcanza hasta 27⁰ celsius e invierno de 18⁰ celsius con precipitaciones de 1 600 milímetros al año y humedad relativa de 72%.

3.1.2 Suelos

Los suelos son arcillosos con profundidad media a baja, drenaje regular con pendientes del 3% al 10% (INETER, 2012., INIDE-MAGFOR, 2013). Se encuentran pH de 5.1 en el agroecosistema Buena Vista y 5.4 en el agroecosistema San Juan.

3.1.3 Vegetación

La vegetación esta representada por un bosque tropical que varia de matorral hacia un tropical húmedo. La vegetación de bosque natural ha ido dando paso a grandes extenciones de pastizales y tacotales (INIDE-MAGFOR, 2013).

3.2 Diseño metodológico

La determinación del grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en dos agroecosistemas ganaderos se aplicó la metodología de (Vázquez, 2013), que tiene seis indicativos, 64 indicadores y un coeficiente de manejo de la biodiversidad que categoriza a la finca en diferentes grados de complejidad.

Se establecieron los indicadores que cita (Vázquez, 2013) donde se evalúan las fincas mediante una escala de 0 a 4 grados, considerando recomendaciones de Sarandon y Flores (2014), quedando el último valor de la escala (4) como óptimo y permite ponderar los indicadores que más interesan respecto a la capacidad de autorregulación del sistema. A medida que avanza hacia el valor óptimo se considera que la finca posee una mejor resiliencia ante el cambio climático, respecto a la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles Los indicativos y los indicadores de la metodología se describen a continuación:

En el indicativo del diseño y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr) se evalúan los siguientes indicadores: Tipos de rubros productivos (Pr1), Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivos (Pr2), Aprovechamiento de los sistemas de herbáceos y arbustivos (Pr3), Superficie con diseños en policultivos (Pr4), Complejidad de diseños en policultivos (Pr5) Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos (Pr6), Superficie con diseños agroforestales (Pr7), Complejidad de diseños agroforestales (Pr8), Diversidad de animales en sistemas de crianza (Pr9), Superficie con diseños silvopastoriles (Pr10), Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles (Pr11), Complejidad de sistema con diseño mixto (Pr12), Superficie de sistemas de cultivos complejos (Pr13), Procedencia del material de siembra (Pr14), Origen de variedades (Pr15), Procedencia de pie de crías de animales (Pr16), Origen de razas (Pr17), Autosuficiencia en alimento para animales de crianza (Pr18).

Indicadores del indicativo del manejo y conservación del suelo (MCS) son: Sistemas de rotación de cultivo (S1), Superficie en rotación de cultivos (S2), Diversidad en fuentes de biomasa orgánica (S3), Superficie con incorporación de biomasa orgánica (S4), Superficie con laboreo mínimo o sin laboreo (S5), Superficie con prácticas anti erosivas (S6), Conservación en la práctica de suelos (S7).

El indicativo del diseño y manejo de la biodiversidad Auxiliar (DMBAu) tiene los siguientes indicadores: Superficie con barreras vivas laterales (AU1), Diversidad de especies en barreras vivas laterales (AU2), Superficie con barreras vivas intercaladas (AU3), Diversidad de especies en barreras vivas intercaladas (AU4), Corredores ecológicos internos (AU5), Diversidad de especies en corredores ecológicos internos (AU6), Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos (AU7), Manejo de ambientes seminaturales (AU8), Diversidad estructural de los ambientes seminaturales (AU9), Manejo de arboledas (AU10), Diversidad estructural de las arboledas (AU11), Manejo de cerca perimetral (AU12), Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (AU13), Tolerancia de arvenses (AU14), Diversidad de animales para labores (AU15).

Al concluir el proceso de diagnóstico con esta metodología se determina el coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) del sistema de producción. Para determinar el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad se promedian los valores correspondientes de cada componente. Los valores de estos coeficientes y su significado se ilustran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación del nivel de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas

CMB	Grado de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad de los agroecosistemas
0 – 1.0	Simplificado (s)
1.1 – 2.0	Poco complejo (pc)
2.1 – 3.0	Medianamente complejo (mc)
3.1 – 3.5	Complejo (c)
3.6 – 4.0	Altamente complejo (ac)

3.2.1 Muestreo utilizado en la clasificación y cuantificación de la macrofauna edáfica

3.2.1.1 Época de muestreo

Para poder analizar y comprender los indicadores biológicos del suelo en especial la macrofauna, este estudio se realizó en una sola época (lluviosa), el mes de octubre, esto permite el incremento de diversidad y mayor actividad.

3.2.1.2 Fase de campo

La recolección de la macrofauna edáfica en los dos agroecosistemas ganaderos se utilizó la metodología de Anderson e Ingram (1993) en su publicación *Tropical Soil Biology and Fertility: (TSBF)*.

Los agroecosistemas se dividieron en subsistemas (Cuadro 2) según los rubros productivos; obteniéndose cinco parcelas para el agroecosistema Buena Vista y cuatro para el agroecosistema San Juan. Colectándose cinco monolitos por subsistema y cada monolito estaba subdividido en tres estratos (Anexo 2).

Cuadro 2. Bloques por agroecosistemas ganaderos

Agroecosistema Buena Vista		Agroecosistema San Juan	
I	Diversificada	I	Agrícola
II	Café	II	Café
III	Pasto de Corte	III	Pasto de Corte
IV	Pasto de Pastoreo	IV	Pasto de Pastoreo
V	Bosque		

En el agroecosistema Buena Vista la parcela diversificada se encontraron los cultivos de piña, musáceas, maracuyá, yuca, papaya, guayaba, naranja mandarina. Las áreas de pasto de corte están conformadas por Kingras, taiwan, maralfalfa, paracaribe y caña japonesa. En pasto de pastoreo se encontró únicamente brizanta. El productor cuenta con un hato ganadero de 12 cabezas. En el agroecosistema San Juan la parcela agrícola se cultiva maíz, frijol y los pastos de corte son taiwan y caña japonesa, mientras que en pasto de pastoreo se encuentra únicamente grama natural. Este productor cuenta con un hato ganadero de 25 cabezas.

Seguidamente se extrajo la tierra de las muestras restantes, donde se depositó en una zaranda por estratos diferentes para su respectiva revisión. Los especímenes frágiles de cada estrato fueron extraídos con un pincel y el resto con una pinza; se colocaron en un frasco plástico con su respectiva información (finca, parcela, muestra, profundidad); las lombrices fueron conservadas en formaldehído al 4% para evitar la supuración de la mucosa y el resto de la macrofauna en alcohol al 70%. Este procedimiento se realizó en cinco sitios para completar los cinco puntos de muestreos por parcela con distanciamiento de cinco metros entre monolitos colocados en zigzag de forma aleatoria (Anexo 3). Los especímenes fueron trasladados al laboratorio de la UNA donde se identificaron siguiendo un formato (Anexo 4).

3.3 Manejo de los agroecosistemas

3.2.1. Agroecosistema Buena Vista

El agroecosistema Buena Vista tiene una extensión de 20.4 ha⁻¹, pertenece al productor Juan José García Ramos. En este agroecosistema se hace uso de los recursos disponible integrando diferentes rubros con diseños de sus áreas productivas y su diversidad de especies vegetales y animales, aplicando técnicas que contribuyen a la conservación de suelo y agua: cortinas rompe vientos, acequias, abonos verde Cercas vivas, corredores biológicos, curvas a nivel de los cultivos, fertilizantes orgánicos, insecticidas biológicos, diversificación de las áreas de cultivos; optimizando el estrato vertical y horizontal para permitir la estabilidad del agroecosistema.

3.2.2 Agroecosistema San Juan

El agroecosistema San Juan tiene una extensión de 14 ha⁻¹ pertenece al productor Benito Sánchez. Se realizan prácticas que no son amigables con el medio ambiente, haciéndose el sobre pastoreo, monocultivo de pasto, no existen diseños de su diversidad arbórea, aplicación de fertilizantes sintéticos Herbicidas e insecticidas.

3.4 Variables evaluadas

Las variables que se determinaron para la estimación de índices y el análisis, cuyo propósito es comparar los resultados entre sub sistemas y agro ecosistemas son:

1. Para determinar el coeficiente de complejidad se dividieron en tipos de biodiversidad: **Productiva, Auxiliar, Funcional, Introducida, Biota nociva y Asociada**. Donde se realizó mediante una encuesta directa con el productor.
2. Abundancia: Número de individuos del mismo taxón presentes en ambas fincas por grupo de organismo o especie en cada estrato de 10 cm, 20 cm y 30 cm, utilizando estereoscopio para su identificación morfológica
3. Número de organismo por grupo funcional: Detritívoros, fitófagos depredadores y omnívoros. Utilizando literaturas como McGavin, 2000., Jiménez ,2009., y Cabrera, 2014.
4. Diversidad o riqueza: Número de especies o taxones (Clase, Orden y Familia), por finca, cada estrato de 10 cm, 20 cm y 30 cm. Utilizando bases de datos en Excel y el infostaf para obtener medias de resúmenes.

3.5 Análisis de los datos

La representación de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en las fincas se muestran en graficas tipo radial, la clasificación taxonómica y rol funcional se presentan en tablas de frecuencia y los índices de Renyi y Bray-Curtis en grafica de barras y líneas.

3.5.1 Índice de Renyi o diversidad alfa

Se realizó con la ecuación de Renyi donde se pueden resumir los aspectos más importantes de la diversidad alfa: la riqueza de especies, la equidad de la distribución y la dominancia.

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

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

Partiendo de los datos de abundancia de los individuos colectados se calculan los perfiles de Renyi para cada una de los sub sistemas y agroecosistemas Renyi, (1961)

El índice de diversidad de Renyi 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 distancia 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. Los valores de diversidad beta oscilan entre 0 y 1. Si el valor es cercano a 0 los sub sistemas o agros ecosistemas son completamente diferentes en cuanto a su composición taxonómica. En la medida que el valor se acerca más a 1 los sub sistemas o agroecosistemas son más similares. La distancia de Bray-Curtis para cada par de parcelas o fincas se calcula con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

$\min(a_i, c_i)$ = 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 ”.

Finalmente se realizó el escalado multidimensional no métrico para la comprobación de la hipótesis, todo esto se hizo aplicando el análisis de multivarianza basado en disimilitudes.

Para agrupar el taxón con el índice de disimilitud se tomaron diferentes rangos: disimilitud alta, intermedia y baja (Anexo 5).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 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

La biodiversidad en los agroecosistemas puede ser tan variada como los diversos cultivos, malezas, artrópodos o microorganismos envueltos de acuerdo a la localidad geográfica, climática, edáficas, humanas y factores socioeconómicos (Altieri, 1992).

Los componentes comprenden todos los organismos y recursos disponibles en la región cultivada como los cultivos sembrados, el suelo, agua circulante, flora, fauna, microorganismo, balance energético en el sistema, el ambiente físico, químico y el entorno humano asociado (Troyo *et al.*, 2009).

Según la FAO (s.f), la biodiversidad es efectivamente un importante regulador de las funciones de los agroecosistemas, no solo en el sentido estrictamente biológico de su impacto sobre la producción, si no en el de satisfacer una serie de necesidades de los agricultores y la sociedad en general. Los elementos de la biodiversidad (biótico y abiótico) que conforman el sistema y sus respectivas interacciones (Hart, 1985) determinan la salud del sistema (Altieri y Nicholls, 1999).

4.1.1 Diseño y manejo de la biodiversidad productiva

La biodiversidad productiva es integrada en un agroecosistema por los diferentes tipos de rubros productivos, la complejidad de sus diseños y su manejo, su procedencia y origen del material genético que se utiliza.

En los agroecosistemas Buena Vista y San Juan hay alta Biodiversidad productiva, como resultado de la complejidad de los diseños en sus áreas productivas y su diversidad de especies animales y vegetales presentes, de la planificación ejercida sobre ellos, (Altieri, 1999) menciona que la integración de diferentes rubros productivos conlleva una mayor diversidad genética y estructural de la biota productiva.

Como resultado de la información reflejada en la Figura 1 sobre los Diseños y Manejo de la Biodiversidad Productiva (DMPBr), se obtuvo para el agroecosistema Buena Vista 2.96 y 1.87 para el agroecosistema San Juan respectivamente; Buena Vista alcanza un mayor rango en la escala en comparación con San Juan.

En el agroecosistema San Juan el manejo inadecuado del ganado sobre las áreas de pastoreo influye de manera directa en la biodiversidad presente, reduciendo la cantidad de biomasa vegetal disponible como alimentas de otros organismos asociado a la falta de integración de los recursos vegetales dentro de los policultivos, dando como resultado la simplificación de la estructura vertical de la vegetación (Díaz *et al.*, 2007).

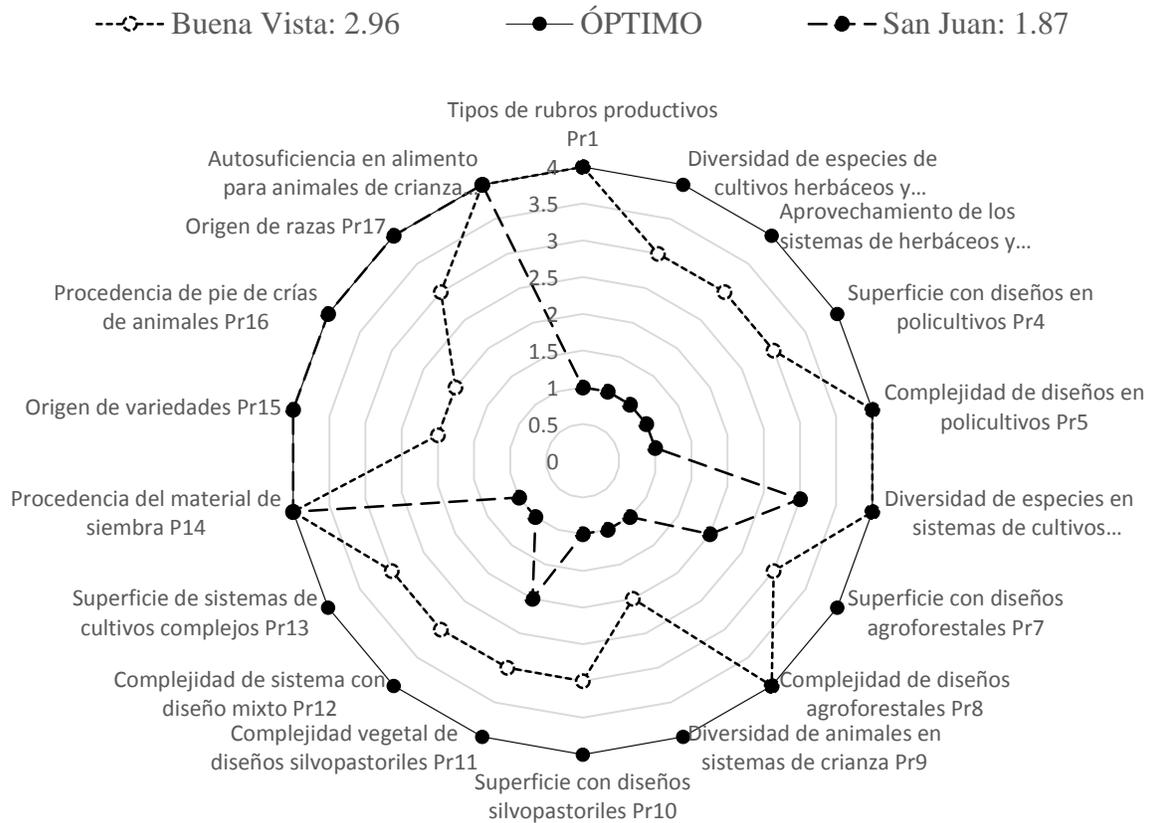


Figura 1. Diseños y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

4.1.2 Manejo y conservación de suelo

En el manejo y conservación del suelo se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo y que contribuyen a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo.

La adopción de diferentes técnicas de conservación logra un aumento de la biodiversidad en los agroecosistemas ganaderos, demostrando el uso de tecnologías que ayudan a reincorporar al sistema parte de los nutrientes utilizados en las fuentes primarias y secundarias de las cadenas tróficas, promoviendo la conservación y regeneración del suelo optimizándose las funciones metabólicas de los suelos (descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes) (Altieri y Nicholls, 2002).

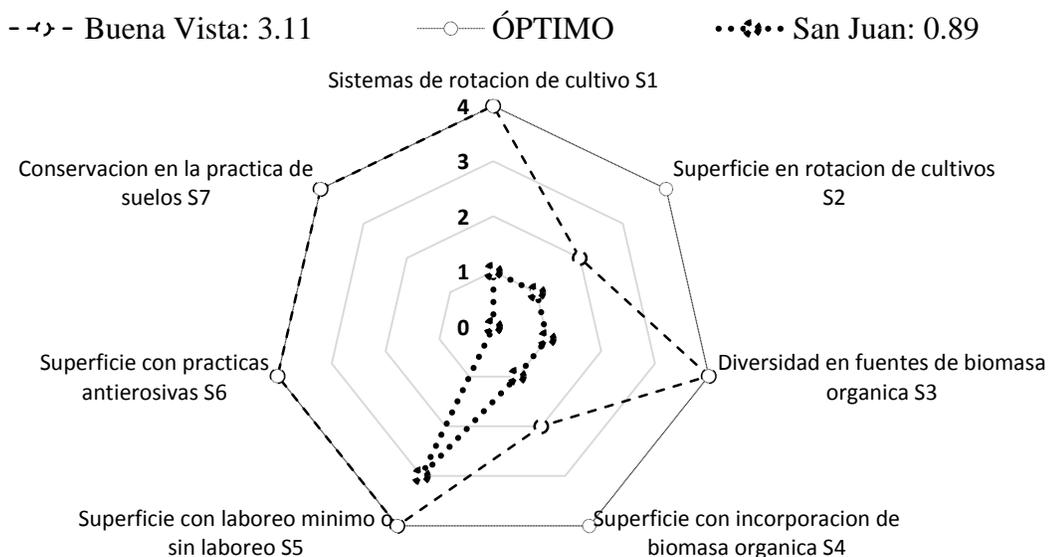


Figura 2. Manejo y Conservación del Suelo (MCS), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

En la Figura 2 se presenta el resultado sobre el diagnóstico de “Manejo y Conservación de Suelos” (MCS), obteniendo 3.11 para el agroecosistema Buena Vista, y 0.89 para el agroecosistema San Juan. El bajo resultado del agroecosistema San Juan se debe a que el productor no aplica ninguna enmienda para la conservación de los suelos a excepción del mínimo laboreo y rotación en menos del 25% de superficies de cultivos, lo que conlleva al cese paulatino de la producción y el constante incremento de los insumos para lograr la misma producción, disminuyendo la fertilidad de los suelos, erosión y el desequilibrio que tales métodos están produciendo.

En el agroecosistema Buena Vista se aplican diferentes técnicas que mejoran las funciones de la biota; entre ellas se encuentran prácticas de conservación de suelo, mínimo laboreo, y anti erosivas; aunque la incorporación de materia orgánica de fuentes externas (compost, vermicompost, harinas verdes, rastrojos de cultivos, raleo y poda de árboles) principales agentes mejoradores del suelo, no se incorporan a la totalidad de las áreas solo hasta un 75%, en cambio en el agroecosistema San Juan no se incorporan.

4.1.3 Manejo y conservación de agua

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.

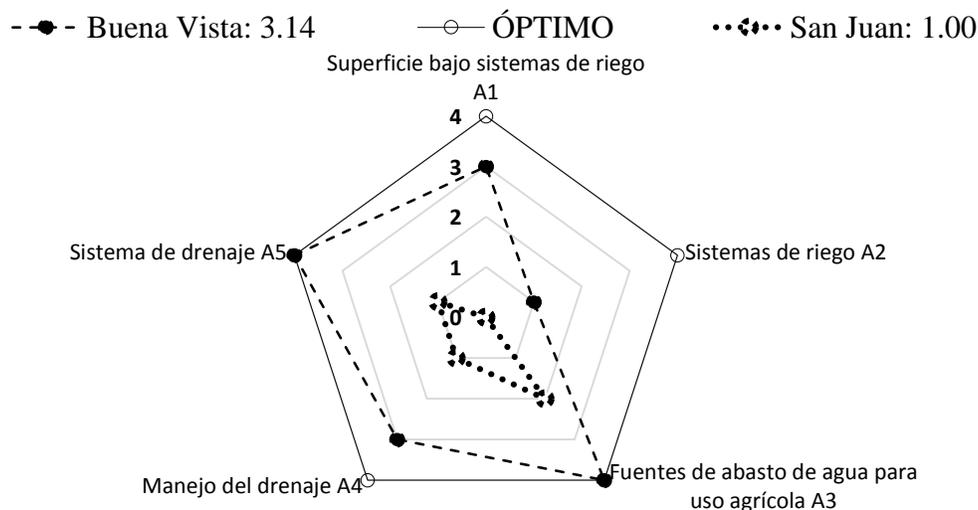


Figura 3. Manejo y Conservación del Agua (MCA), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

Aunque la diferencia entre las escalas de los dos sistemas sea grande el uso racional del agua es lo que determina un nivel óptimo, no obstante, la capacidad de los agroecosistemas en captar y retener agua está ligada a la biodiversidad, la cubierta vegetal en sus diferentes estratos, su función es de reponer su contenido de agua y controla el anegamiento al aumentar la infiltración y reducir el escurrimiento superficial (Altieri, 1992).

En sistemas ganaderos la preservación del recurso agua esta regida por el manejo del hato, una mala gerencia provocaría fuerte difusa de nutrientes como nitrógeno, fósforo, bacterias fecales y sedimentos. La transferencia de estos materiales al agua puede resultar en un deterioro significativo de la calidad de los cuerpos receptores (Arocena *et al.* 2013).

El diagnóstico sobre “Manejo y Conservación de Agua” (MCA), demostro los valores de 3.14 para el agroecosistema Buena Vista y 1.0 para el agroecosistema San Juan (Figura 3); en el agroecosistema Buena Vista se realiza un manejo más sistémico respecto al recurso agua dando lugar a un mejor aprovechamiento para la ganadería y/o cultivos, gracias a que se provee de diferentes fuentes hídricas naturales y artesanales. El abastecimiento del agroecosistema San Juan corresponde a un único pozo artesanal y no tiene a disposición mecanismos para trasladar el agua a otros sectores de la unidad de producción.

4.1.4 Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

Son 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.

Altieri y Nicholls, (2002) mencionan que la utilización de recursos locales genera una retroalimentación positiva aumentando las poblaciones benéficas para su uso; mejorando la autosuficiencia de los sistemas, provocando una disminución de insumos químicos externos y aumentando la sinergia entre componentes.

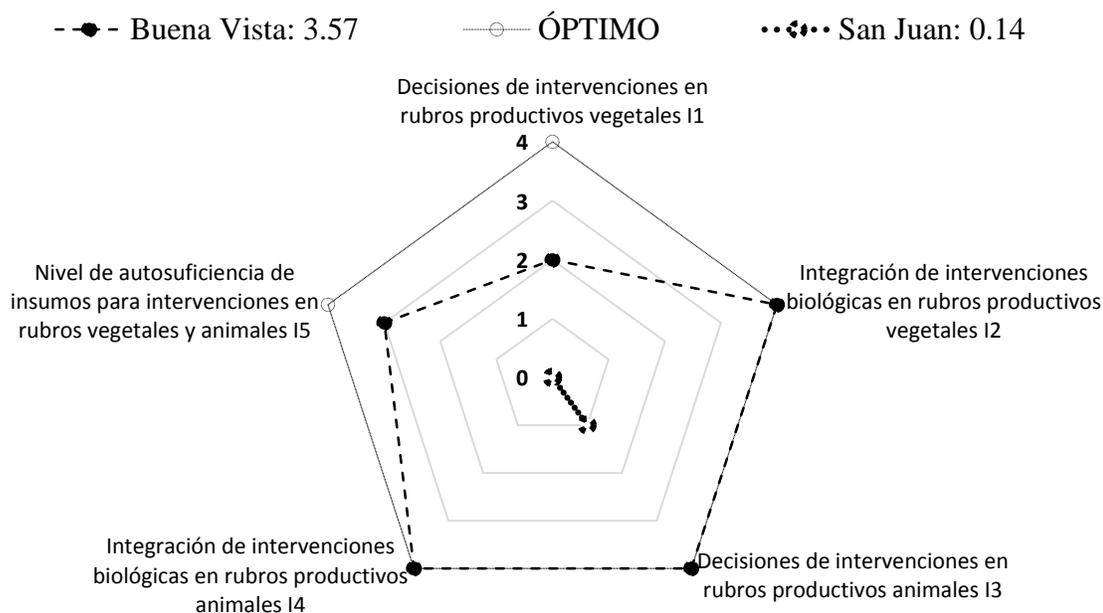


Figura 4. Manejo de las Intervenciones Sanitarias en Rubros Productivos (MISRPr), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

Muchas de las afecciones en el recurso animal en ambos sistemas eran provocadas por el acaro *Boophilus microplus*. En el agroecosistema Buena Vista gracias a cambios en la composición vegetal y la rotación de potreros a reducido considerablemente las afecciones de este acaro evitando largos periodo de permanencia del hato en las pasturas, rompiendo el ciclo biológico del acaro. Así lo exponen (Rodríguez, 2014). En el agroecosistema San Juan el productor realiza control químico en sus áreas productivas, ambas pasturas presentaban *Aeneolamia posticae*, se debe a que el productor ha utilizado por varios años insecticidas sistémicos como el Decis para el control de esta plaga lo que ha permitido mayor resistencia en la plaga.

4.1.5 Manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar

La biodiversidad auxiliar es la flora no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se utiliza para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad (Vázquez, 2013).

La vegetación auxiliar en un sistema de producción agropecuaria puede estar integrada por: cortina rompevientos, cercas vivas (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.

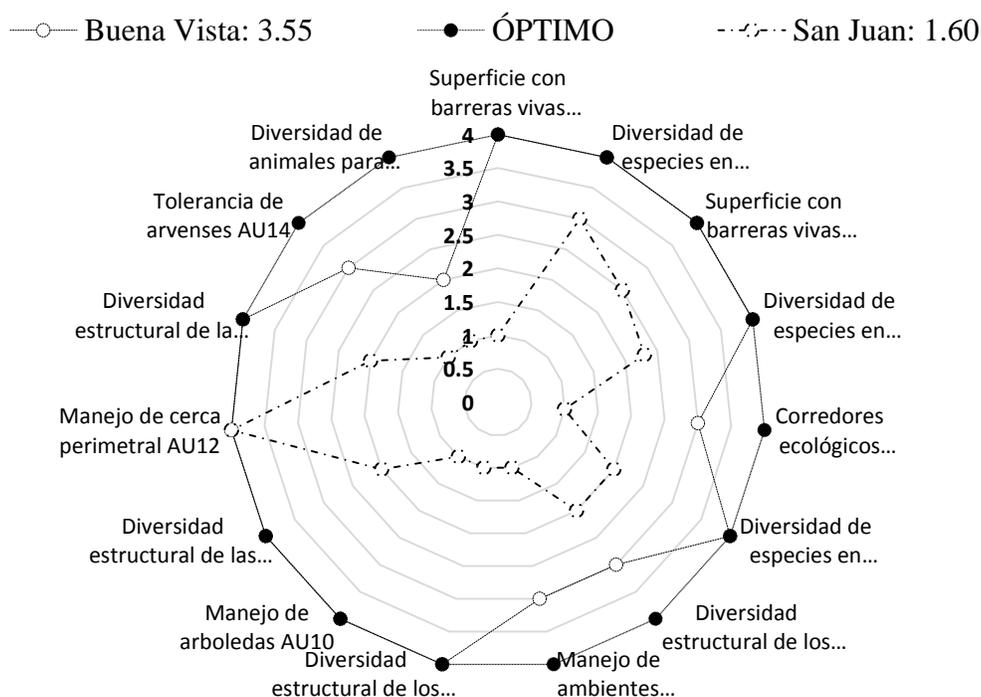


Figura 5. Manejo de los Elementos de la Biodiversidad Auxiliar (DMBAu), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

Se obtuvo el valor de 3.55 para el agroecosistema Buena Vista y 1.60 para el agroecosistema San Juan (Figura 5). Las especies que más predominan en la diversidad arbórea estructural de los componentes internos y externos de los subsistemas del agroecosistema Buena Vista fueron: Guaba Negra (*Inga densiflora*), Jobo (*Spondias mombin*), y Madero Negro (*Gliricidia sepium*), que cumplen roles funcionales específicos dentro de cada subsistema, entre ellos está la disminución de la radiación solar en el suelo, recurso forrajero, fuente materia orgánica, modificadores de la estructura física del suelo, delimitación física de las áreas de producción, entre otras; manejados en forma tradicional y con un valor empírico alto.

El agroecosistema San Juan, presenta un manejo de cerca perimetral adecuado al igual que una alta variedad de especies que conforman la diversidad arbórea, pero la funcionalidad y uso potencial de los mismos se ve reducida debido a que no se fomentan interacciones ecológicas, simplificando de esa manera la estructura de los cultivos asociados.

Adicional a ello, la biodiversidad auxiliar que cohabita junto con la flora es la macrofauna (benéfica, perjudicial y otros) como reguladores de poblaciones de organismos nocivos (fitófagos, fitopatógenos, fitoparásitos), pero su rol funcional estará en dependencia de las especies vegetales que sustenten sus poblaciones (Vázquez *et al.*, 2012).

4.1.6 Estado de los elementos de la biodiversidad asociada

La biodiversidad asociada son los organismos (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, representado por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. Se considera la insidencia y diversidad de los grupos que pueden ser observados con facilidad.

La biota benéfica y negativa ejerce una acción compleja sobre el agroecosistema que puede ser reflejada en el aspecto sanitario y al mismo tiempo ejerce un efecto autoregulatorio en el sistema (Vázquez, 2013., Altieri, 1992); considerando que gran parte de las enfermedades son desequilibrios asentados en un manejo deficiente desde un punto de vista ecopatológico, que son el conjunto de características ambientales o del animal que pueden ser controlada por la acción del hombre aumentando la aparición y desarrollo de enfermedades como factores de riesgo (Romero, *et al.*, 2014).

El estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) los valores fueron de 3.24 y 2.25 Figura 6, para el agroecosistema Buena Vista y el agroecosistema San Juan, correspondientemente.

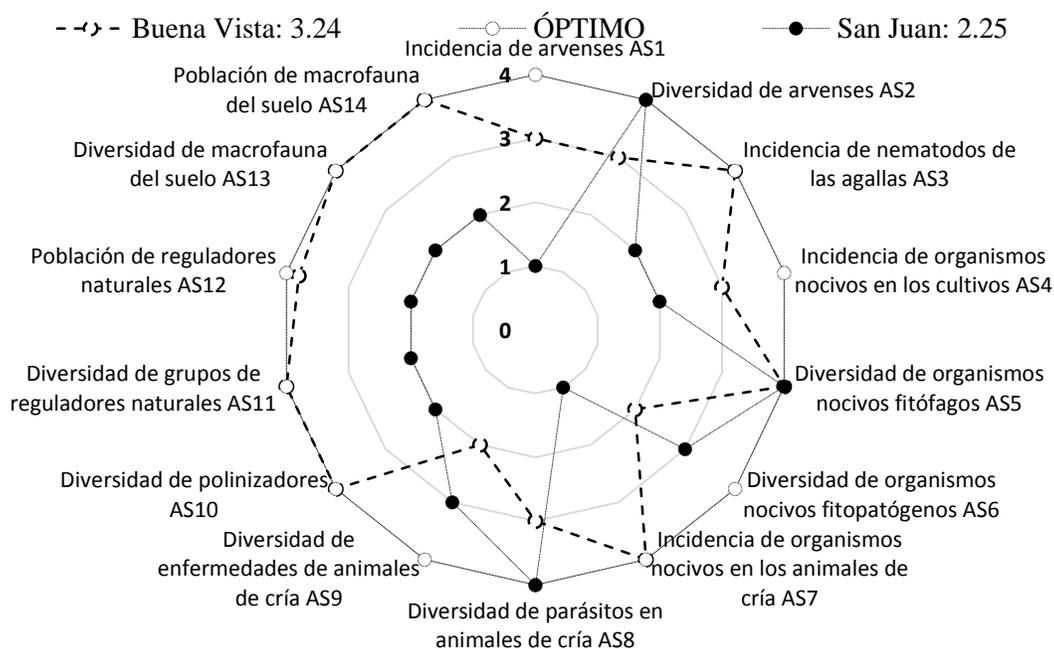


Figura 6. Estado de los elementos de la Biodiversidad Asociada (EBAs), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

La biodiversidad asociada es la biocenosis que emigra de los ambientes adyacentes hacia la biota productiva de los agroecosistemas para colonizarlo, causando efectos indirectos (positivos o negativos) según el tipo de manejo adoptado, permitiendo su asentamiento o emigración (Nicholls, 2008).

Dentro de la macrofauna presente, las clases que más predominaban en ambos sistemas fueron: Clitellata, Insecta y Arachnida.

4.1.7 Coeficiente de manejo de la biodiversidad

El coeficiente de manejo de la biodiversidad permite clasificar los agroecosistemas respecto a sus niveles de complejidad alcanzados por los diseños y manejo de su biodiversidad.

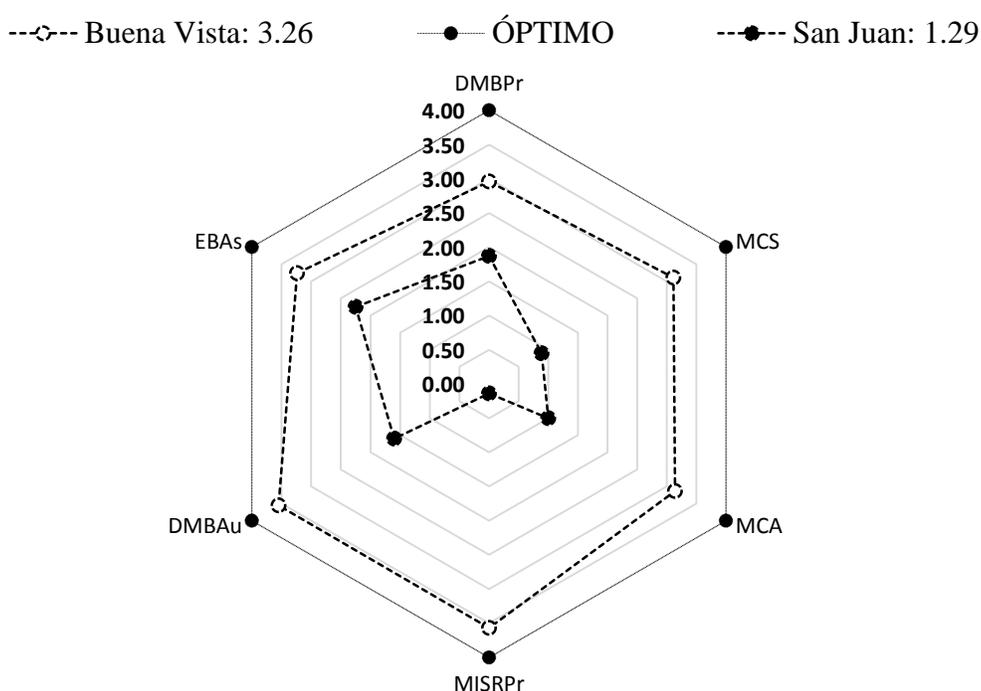


Figura 7. Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB), en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

Diferentes autores (Dumont y Carlos, 2000., Murgueito, 2003., Carmona, *et.al*, 2005), FAO, 2014., y Cingolani, *et.al.*, 2008, han evidenciado que la ganadería extensiva de forma muy generalizada es más compatible con la conservación de la biodiversidad en comparación con la ganadería a gran escala, su influencia en áreas no aptas para su desarrollo puede llegar a ser perjudicial para el agroecosistema, por la carga ganadera de un sitio sobre su biodiversidad, su suelo y su producción por unidad de superficie.

En este apartado se evidencia como la gerencia sobre los diferentes indicativos de la biodiversidad (DMBpr, MCA, MCA, MISRPr, DMBAu, y EBAs) son afectados en un sistema ganadero bajo dos enfoques de producción.

Las bases agroecológicas demuestran que incorporando un grupo de técnicas que reducen la erosión, aumenten la circulación de nutrientes y la retención del agua en el suelo, el equilibrio biológico de los sistemas, y el uso de especies autóctonas adaptadas a las condiciones locales asegurando niveles de producción aceptable con un gasto de insumos externos mínimos, mantienen niveles de biodiversidad superiores, incrementando las posibilidades de poseer sistemas ganaderos más resilientes, en comparación a sistemas más convencionales.

Mantener niveles de plagas por debajo del umbral de daño económico es un reto constante para la agricultura ecológica. Sin plagas no hay auxiliares, el concepto de regulación biológica toma más sentido, lo que confiere una estabilidad a largo plazo de las poblaciones de insectos, flora y fauna nativa.

4.2 Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica

4.2.1 Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de clases

En el cuadro 3 se presenta la mayor abundancia con ocho clases en el agroecosistema Buena Vista y el agroecosistema San Juan que obtuvo siete clases no presentándose la Clase Gastropoda y siendo la clase Insecta que se encuentra mayor representada por su número de organismos, seguida por Clitellata en ambos agroecosistemas.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica a nivel de clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016

Clase	Organismos encontrados por agroecosistemas	
	Buena Vista	San Juan
Arachnida	54	28
Chilopoda	8	6
Clitellata	367	66
Diplopoda	5	11
Diplura	5	7
Gastropoda	24	-
Insecta	1096	338
Malacostraca	18	6
Total	1 577	462

Un aspecto importante que favorece al mayor número de individuos en el agroecosistema Buena Vista es la incorporación de residuos del control de maleza y hojarasca de los árboles, contribuyendo con retención de humedad, creándose un microclima favorable para el hábitat de la macrofauna.

Masters (2004) afirma que los cambios en las condiciones de temperatura y humedad del suelo como consecuencia de la menor cantidad de residuos, afecta a algunas unidades taxonómicas; que normalmente requieren de la humedad permanente para adaptarse en los agroecosistemas.

Resultados similares obtuvieron Moran y Alfaro, 2015., Gómez y Gonzalez, 2015. encontrando mayor abundancia en sistemas de Marango manejados con prácticas agroecológicas en la Finca Santa Rosa propiedad de UNA. Esta abundancia de organismos es debido a la diversidad de plantas y actividades agroecológicas de manejo que proporcionan condiciones adecuadas.

Según (Primavesi, 1982), los agroecosistemas manejados con enfoque agroecológico producen un ambiente con temperatura y humedad adecuada y una considerable biomasa radicular que proporciona mayor disponibilidad de alimento y refugios.

4.2.2 Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de órdenes

La causa más importante que afectó la presencia de macroinvertebrados en el agroecosistema San Juan, es la pobre cobertura vegetal, no hay aporte de biomasa, es más fuerte la intensidad lumínica, el impacto de las gotas de lluvia es mayor y además no hay temperatura adecuada del suelo ofreciendo un medio inestable para la vida de la macrofauna.

Las predominancias de estos grupos ecológicos están determinadas por un conjunto de factores ambientales, se considera que la temperatura, seguido de la disponibilidad de recursos y de la variación de la humedad, son los principales determinantes para que se encuentren en los agroecosistemas (Lavelle y Spain, 2001).

En el cuadro 4 se muestra que los órdenes mayor representados en el agroecosistema Buena Vista son: Hymenoptera, Haplotaxida, Isoptera y Coleoptera y el agroecosistema San Juan el orden Isoptera presenta el mayor número de organismo seguido del orden Hymenoptera, Haplotaxida y Coleoptera.

Según Rodríguez *et al.*, (2009); Rodríguez y Crespo, (2009), encontraron resultados similares donde concluyen que los altos valores de biomasa de la fauna edáfica encontrados en el sistema con mayor diversidad se deben, entre otros factores la presencia de una mayor diversidad vegetal, mayor cantidad de hojarasca de mejor calidad y un microambiente favorable para la actividad de la macrofauna a causa de un mayor contenido de humedad en el suelo.

Cuadro 4. Clasificación taxonómica a nivel de órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016

Órdenes	Organismos encontrados por agroecosistemas	
	Buena Vista	San Juan
Araneae	50	22
Blattodea	24	14
Coleoptera	278	38
Diplura	5	7
Diptera	32	3
Geophilomorpha	2	-
Haplotaxida	340	47
Hemiptera	9	7
Hymenoptera	380	95
Isopoda	18	6
Isoptera	337	134
Ixodida	-	1
Julida	5	9
Lepidoptera	23	24
Lithobiomorpha	3	-
Mantodea	1	-
Mesostigmata	1	-
Opiliones	3	4
Orthoptera	12	22
Polydesmida	-	2
Pulmonata	24	-
Scolopendromorpha	2	5
Scorpiones	-	1
Spirostreptida	1	1
Total	1 550	442

4.2.3 Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica a nivel de familias

En el cuadro 5 se observan las familias mayores representadas en el agroecosistema Buena Vista: Formicidae, Lumbriscidae, Rhinotermitidae y Scarabaeidae en orden descendente. De igual forma en el agroecosistema San Juan: Rhinotermitidae, Formiscidae, Lumbriscidae y Scarabaeidae.

Transformaciones más comunes son el laboreo de mayor impacto utilizado al momento de preparar el suelo, la chapia frecuente, entre otras. Las transformaciones en las condiciones ambientales del suelo, originadas por las actividades que demandan los sistemas convencionales y la consecuente destrucción mecánica de los hábitats, tienen una repercusión negativa sobre los principales grupos descomponedores de la materia orgánica, reduciendo su número y muchas veces desapareciéndolos del área (Linares, 2009).

Cuadro 5. Clasificación taxonómica a nivel de familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016

Familias	Organismos encontrados por agroecosistemas	
	Buena Vista	San Juan
Acanthosomatidae	1	-
Acrididae	4	-
Agelenidae	18	5
Amaurobiidae	-	1
Anthocoridae	1	-
Apidae	2	-
Araneidae	1	1
Arctiidae	1	-
Blaberidae	5	2
Blattellidae	15	6
Blattidae	4	6
Carabidae	5	-
Cephalidae	1	-
Cerambycidae	2	2
Chactidae	-	1
Chrysomelidae	1	2
Cicindelidae	-	1
Clubionidae	1	-
Cosmetidae	2	4
Crabronidae	1	-
Ctenizidae	1	-
Culicidae	6	-
Curculionidae	1	-
Dictynidae	2	1
Dipluridae	1	-
Elateridae	19	6
Erotylidae	1	-
Eumastacidae	-	1
Formicidae	370	95
Gelastocoridae	-	2
Geometridae	1	-
Geophilidae	2	-
Geotrupidae	1	-
Gnaphosidae	2	1
Grapholithidae	3	-
Gryllacrididae	2	-
Gryllidae	3	4
Gryllotalpidae	1	-
Gyrinidae	2	-

Cuadro 5. Continuación...

Familias	Organismos encontrados por agroecosistemas	
	Buena Vista	San Juan
Heteropodidae	3	-
Ighneumanidae	4	-
Ixodidae	-	1
Japygidae	5	7
Julidae	5	9
Laelapidae	1	-
Lampyridae	-	1
Leiobunidae	1	-
Linyphiidae	3	-
Lithobiidae	3	-
Lumbricidae	340	47
Lycosidae	-	2
Lygaeidae	-	1
Mantidae	1	-
Meloidae	9	2
Miridae	4	-
Noctuidae	3	21
Nymphalidae	1	-
Papilionidae	1	-
Paradoxosomatidae	-	1
Passalidae	5	4
Pisauridae	1	-
Polydesmidae	-	1
Pompilidae	1	-
Pyralidae	11	2
Reduviidae	3	2
Rhinotermitidae	337	134
Salticidae	7	2
Scarabaeidae	222	18
Scolopendridae	2	5
Sicariidae	3	-
Spirostreptidae	1	1
Staphylinidae	1	2
Styloniscidae	18	6
Tenebrionidae	2	2
Tettigoniidae	2	17
Theridiidae	6	9
Thomisidae	1	-
Total	1 490	438

En el agroecosistema Buena Vista hay mayor abundancia de organismos debido al manejo: aplicación de residuos de cosecha, compost y asociación de especies arbóreas dentro del sistema. En un estudio realizado por (Sánchez y Reyes, 2009) concluyeron que al hacer asociados de leguminosas es una alternativa viable para lograr mayor densidad y diversidad de invertebrados. Las especies arbóreas mantienen la estabilidad en el comportamiento de la macrofauna (Rodríguez *et al.*, 2009).

4.3 Rol funcional de la macrofauna edáfica por familias taxonómicas

La fauna edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, troncos podridos, hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópico hasta vertebrados de talla mediana; además desde el punto de vista de la alimentación incluye individuos que son fitófago, depredadores, omnívoros (Brown *et al.*, 2001). Estos organismos aparecen en escalas de tiempo y espacio que los individuos más pequeños. Una de ellas, quizás la más útil, es la que divide a la macrofauna del suelo de acuerdo al comportamiento alimenticio (Zerbino, 2005).

Los artrópodos tienen una alimentación muy variada, a veces los estadios inmaduros tienen las mismas costumbres alimentarias que los adultos lo más común es que sean especies: depredadores, detritívoros, fitófagos y parásitos (Mc Gavin, 2000).

3.3.1 Depredadores

Según Jiménez (2009) los depredadores son organismos de vida libre que a través de toda su vida matan a varias presas para completar su desarrollo. En este estudio se encontró un total de 450 organismos depredadores para el agroecosistema Buena Vista versus el agroecosistema San Juan que se encontraron 145 organismos tal como se presenta en el cuadro 6. La mayor abundancia de estos organismos en el agroecosistema Buena Vista contribuye a mantener niveles bajos de insectos plaga para sus cultivos, disminuyendo los costos de producción para el productor.

3.3.2 Herbívoros o fitófagos

Se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo; una de las familias es la Scarabaeidae y Gryllidae con un número de organismos similares en ambas fincas. La familia Staphylinidae con representatividad en el agroecosistema Buena Vista ha sido reportada como importante plaga de raíces de cultivos, se comportan como detritívoros y fitófagos en su estado larval y como adultos su grupo funcional es de depredadores. Estos insectos tienen metamorfosis completa, tienen un hábitat y alimentación variable se alimentan de materia vegetal y animal viva o muerta (Jiménez, 2009).

Se encontro un total de 1 366 para el agroecosistema Buena Vista y 372 en el agroecosistema San Juan, estos organismos se encontraron presentes con actividad en ambos agroecosistemas, se reportan las familias Scarabaeidae, Gryllidae y Staphylinidae, donde se encontraron en diferentes estados larvarios descomponiendo los residuos vegetales sobre la superficie del suelo y destruyendo raíces del cultivos.

Cuadro 6. Rol funcional de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016

Familias	Depredadores		Familias	Fitófagos	
	Buena Vista	San Juan		Buena Vista	San Juan
Agelenidae	18	5	Acrididae	4	-
Amaurobiidae	-	1	Anthocoridae	1	-
Anthocoridae	1	-	Apidae	2	-
Araneidae	1	1	Arctiidae	1	-
Carabidae	5	-	Blaberidae	5	2
Cercopidae	-	2	Blattellidae	15	6
Chactidae	-	1	Blattidae	4	6
Cicindelidae	-	1	Cephalidae	1	-
Clubionidae	1	-	Cerambycidae	2	-
Cosmetidae	2	4	Cercopidae	-	2
Ctenizidae	1	-	Chrysomelidae	1	2
Dictynidae	2	1	Curculionidae	1	-
Dipluridae	1	-	Elateridae	19	6
Formiscidae	370	95	Erotylidae	1	-
Gelastocoridae	-	2	Eumastacidae	-	1
Geophilidae	2	-	Formiscidae	370	95
Gnaphosidae	2	2	Gelastocoridae	-	2
Gyrinidae	2	-	Geometridae	1	-
Heteropodidae	3	-	Grapholithidae	3	-
Ixodidae	-	1	Gryllacrididae	2	-
Japygidae	5	7	Gryllidae	3	4
Laelapidae	1	-	Gryllotalpidae	1	-
Leiobunidae	1	-	Lampyridae	1	-
Linyphiidae	3	-	Lumbricidae	340	47
Lithobiidae	3	-	Lygaeidae	-	1
Lycosidae	-	2	Meloidae	9	2
Mantidae	1	-	Miridae	4	-
Pisauridae	1	-	Noctuidae	3	21
Pompilidae	1	-	Nymphalidae	1	-
Reduviidae	3	2	Papilionidae	1	-
Salticidae	7	2	Passalidae	5	4
Scolopendridae	2	5	Pyralidae	1	2
Sicariidae	3	-	Reduviidae	3	-
Staphylinidae	1	2	Rhinotermitidae	337	134
Theridiidae	6	9	Scarabaeidae	222	18
Thomisidae	1	-	Tettigoniidae	2	17
Total	450	145		1 366	372

Cuadro 6. Continuación...

Familias	Detritívoros		Familias	Omnívoros		Familias	Parásitos	
	Buena Vista	San Juan		Buena Vista	San Juan		Buena Vista	San Juan
Acrididae	4	-	Acrididae	4	-	Acanthosomatidae	1	-
Blaberidae	5	2	Blaberidae	5	2	Culicidae	6	-
Blattellidae	15	6	Blattellidae	15	6	Ighneumanidae	4	-
Blattidae	4	6	Blattidae	4	6			
Eumastacidae	-	1	Crabronidae	1	-			
Formiscidae	370	95	Eumastacidae	-	1			
Gryllacrididae	2	-	Formiscidae	370	95			
Gryllidae	3	4	Geotrupidae	1	-			
Gryllotalpidae	1	-	Gryllacrididae	2	-			
Julidae	5	9	Gryllidae	3	4			
Lumbricidae	340	47	Gryllotalpidae	1	-			
Polydesmidae	-	1	Lumbricidae	340	-			
Rhinotermitidae	337	134	Rhinotermitidae	337	134			
Scarabaeidae	222	18	Tettigoniidae	2	17			
Spirostreptidae	1	1						
Styloniscidae	18	6						
Tenebrionidae	2	2						
Tettigoniidae	2	17						
Total	1 331	349		1 085	265		11	

3.3.3 Detritívoros

Los detritívoros son organismos que viven en la hojarasca e intervienen en la descomposición de la materia orgánica y se encargan de la trituración de restos vegetales y animales que componen la hojarasca (Cabrera, 2014). En el cuadro 6 se presentan 1 331 organismos encontrados en el agroecosistema Buena Vista y 349 en el agroecosistema San Juan.

La familia Lumbricidae esta mayor representada y algunos autores destacan su excelente papel como reguladores de la dinámica de la hojarasca y la materia orgánica del suelo.

3.3.4 Omnívoros

Según el diccionario de la real academia española los omnívoros son aquellos animales que se alimentan de toda clase de sustancias orgánicas.

Con mayor presencia en el agroecosistema Buena Vista, se presenaron los omnívoros con un total de 1 085 versus el agroecosistema San Juan con 265, estos organismos en el ámbito ecológico se alimentan de cualquier tipo de restos, aunque demuestran una especial tendencia hacia materiales con fécula, sustancias dulces y productos cárnicos, también pueden comer muchos otros materiales, y por supuesto, especímenes de su misma especie. Contribuyen a que los procesos de degradación de la materia orgánica sean efectivos, porque ayudan como indicadores eco climáticos, de humedad y de cantidad de luz presente en el sistema (Arango y Agudelo, sf).

La familia Formicidae en ambos agroecosistemas se alimentan de gran cantidad de especies causando daño principalmente al follaje de los cultivos, se convierten en plagas cuando las poblaciones aumentan, depredan a los invertebrados que sirven como controladores biológicos, se conoce que presentan un rol importante a la transformación de la estructura del suelo. Lavelle, (2000) menciona que los representantes de este grupo tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso.

Holldobler y Wilson, (1990), señalan que lugares donde las hormigas llegan a densidades elevadas, pueden mover la misma cantidad de suelo que las lombrices debido a que transportan restos de animales y plantas dentro de sus nidos bajo el suelo, mezclan estos materiales con la tierra excavada y el área del nido es cargada con altos niveles de carbono, nitrógeno y fósforo, consecuentemente el suelo se fragmenta en un mosaico de concentración de nutrientes.

La diversidad biológica, amplia o estrecha, tiene que mantenerse para el equilibrio de la población de artrópodos. Dicha diversidad se reduce significativamente con el uso inapropiado de plaguicidas o con cualquier práctica agrícola aplicada erróneamente (Matson *et al.*, 1997).

En todo sistema hay variedad de especies aparentemente irrelevante para el éxito de las cosechas y que sin embargo son claves para la estabilidad del mismo (Troyo *et al.*, 2009). La diversificación de los agroecosistemas constituye una práctica exitosa para lograr que se mantenga el equilibrio biológico entre especies vegetales y animales, lo que beneficia las condiciones de pastoreo (Valenciaga *et al.*, 2009).

El aumento de la biodiversidad (tanto cultivada como no cultivada, a través de diferentes estrategias) juega un rol central no solo para favorecer la permanencia de los enemigos naturales que se liberan al medio sino para potenciar el desarrollo de enemigos naturales nativos que pueden regular a las potenciales poblaciones plaga (Sarandon y Flores, 2014).

3.3.5 Parásitos

Segun Jimenez (2009) son organismos generalmente mas pequeños que el hospedero y se alimentan del cuerpo de este sin matarlo o al menos no de inmediato.

En el cuadro 6 se muestra que en el agroecosistema Buena Vista se encontró 11 organismos parásitos, en cambio en el agroecosistema San Juan no se registró la presencia de estos organismos. La presencia de estos organismos se debe a la mayor riqueza presente en el agroecosistema los que junto a los otros grupos funcionales son importantes por sus interacciones dentro del agroecosistema.

4.4 Comportamiento de la macrofauna edáfica según índices de biodiversidad

4.4.1 Perfiles de Renyi de la biodiversidad alfa a nivel de clases taxonómicas de la macrofauna edáfica

La actividad, riqueza y diversidad de la macrofauna pueden ser afectadas por variaciones en el tipo de cobertura vegetal, la calidad del material vegetal y las variaciones estacionales (Velásquez, 2004). Los arreglos agroforestales protegen la macrofauna del suelo alterada por las variaciones de temperatura, por estrés y sequía (Lavelle *et al.*, 2003); la optimización del manejo de estos arreglos contribuye a la estabilidad de las poblaciones de macrofauna (Barros *et al.*, 2003) y en consecuencia a la calidad del suelo (Velásquez *et al.*, 2007).

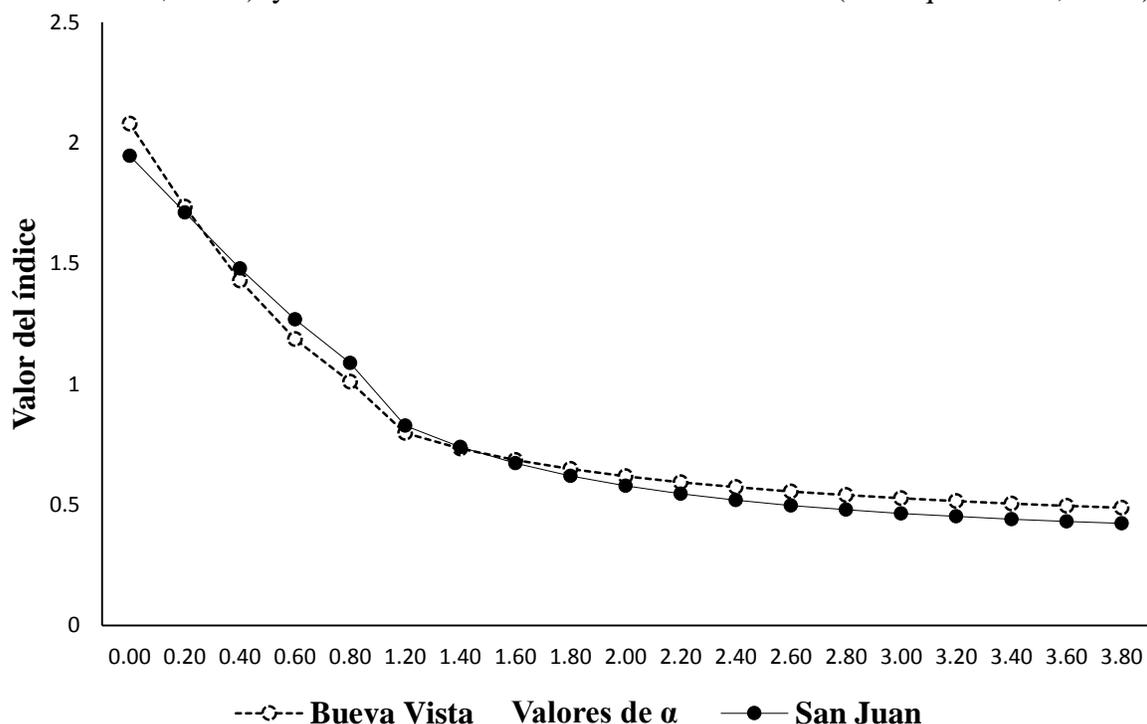


Figura 8. Perfiles de Renyi a nivel de clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

Al medir la biodiversidad para el taxón de clases según los perfiles de Renyi, el punto más alto lo obtuvo el agroecosistema Buena Vista en alfa igual a cero, indicando que hay mayor riqueza de clases comparada con el agroecosistema San Juan.

Cuando en el perfil de Renyi alfa se acerca a uno se comporta como el índice de Shannon-Wiener mostrando mayor uniformidad de las clases en el agroecosistema San Juan; si alfa está en dos, el perfil se comporta como Simpson donde hay mayor dominancia en el agroecosistema Buena Vista cuando alfa va de dos al infinito el perfil se comporta como el índice de Berger-Parker donde muestra equidad superior más estable.

Las zonas cálidas tienen mayor diversidad de especies y de hábitats que las zonas frías, la biodiversidad disminuye con el aumento de la latitud y la altitud, lo que indica que la precipitación también tiene influencia sobre este factor, en la zona con mayor precipitación la biodiversidad es mucho mayor que en zonas seca, de hecho en los bosques tropicales que representan menos del 10% de la superficie del planeta contienen más del 90% de las especies, de lo antes dicho se desprende que la diversidad de especies está íntimamente relacionada con la diversidad de ecosistemas, esta estrecha relación conduce a la certeza de que no podemos conservar la diversidad de especies si no conservamos los ecosistemas (Gómez, 2008).

El modelo agrícola dominante (derivado de la Revolución Verde), es una de las principales amenazas contra la biodiversidad debido al uso intensivo de agroquímicos que conducen a la pérdida de especies beneficiosas por su rol ecológico en los ecosistemas naturales (Sarandón y Flores, 2014). Al existir mayor macro fauna del suelo en el sistema con diseños y manejos de su biodiversidad la fertilidad se manifieste de manera ascendente en el tiempo, no así en los sistemas convencionales (Zerbino, 2010), y esto afecta negativamente la diversidad de la macrofauna del suelo (Larios, 2014). Esta es la razón, que en la finca con diseños y manejos de su biodiversidad pocos complejo existies en una menor cantidad de macrofauna edáfica.

4.4.2 Índice de disimilitud a nivel Clases taxonómicas de macrofauna

Se encontraron con los valores más altos en las clases: Chilopoda, Diplura y Arachnida indicando que estas se encuentran presentes con numero similares de organismos en ambos agroecosistemas y disimilitud intermedia se muestran las clases: Diplopoda Malacostraca, e Insecta.

La clase Clitellata se encuentra en disimilitud alta y esto se debe a que en el agroecosistema Buena Vista hay mayor abundancia de estos organismos. Según (Benito y Pasini, 2002), el ambiente que se crea en los primeros estratos de profundidad favorece a los organismos cavadores, en particular a las lombrices, a los depredadores y a los individuos saprófagos.

En este sentido, la asociación de pastizales con árboles produce efectos muy favorables (Crespo, 2009). Nicholls, (2008) asume que las aplicaciones de plaguicidas, eliminan de forma temporal las plagas en los sitios específicos donde se aplican, pero a la vez unos pocos individuos pueden sobrevivir, debido de algún modo porque evitan el contacto con la toxina o porque pequeñas diferencias en su metabolismo les permite tolerarla.

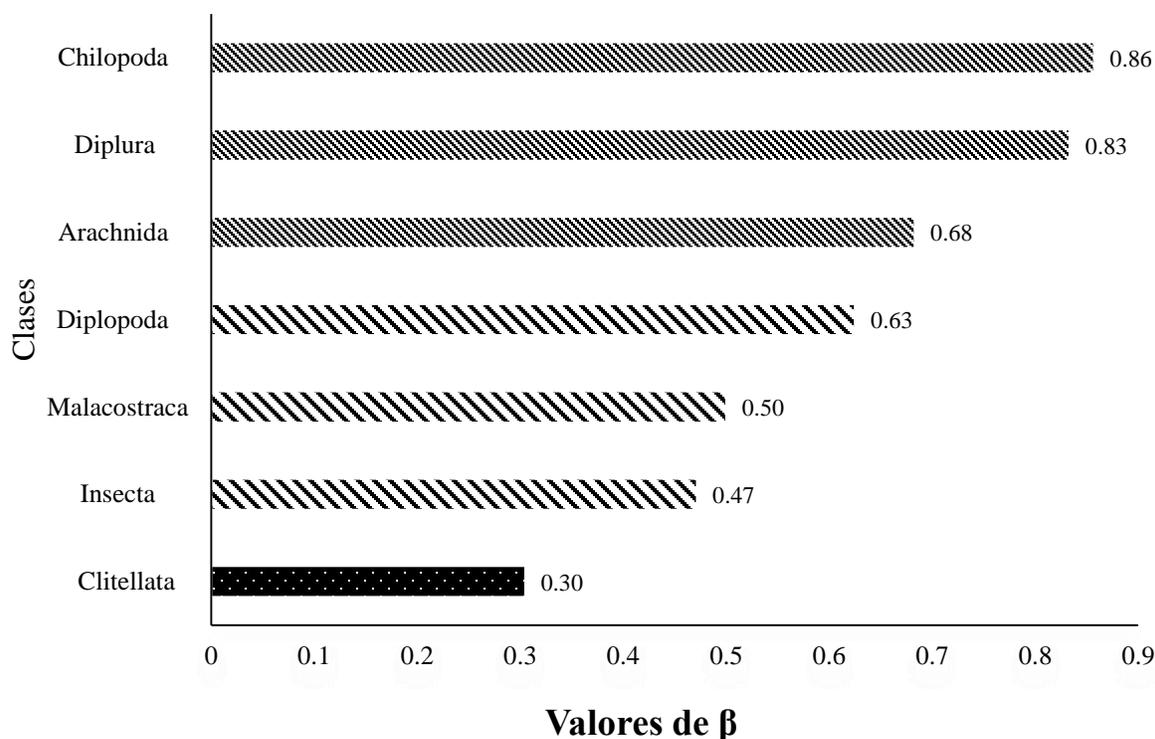


Figura 9. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las clases de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

4.4.3 Perfiles de Renyi de la diversidad alfa a nivel de órdenes taxonómicas de la macrofauna edáfica

El agroecosistema Buena Vista, presenta mayor riqueza de órdenes, mostrando el punto más alto en alfa igual a cero según el perfil de Renyi. Cuando alfa se acerca a uno en el perfil de Renyi este se comporta como el índice de Shannon-Wiener donde muestra mayor uniformidad de los órdenes de macrofauna en el agroecosistema San Juan, cuando en el perfil de Renyi alfa esta en dos se comporta como Simpson, mostrando mayor dominancia en el agroecosistema Buena Vista. Cuando alfa va de dos al infinito el perfil se comporta como el índice de Berger-Parker donde muestra equidad similar en los agroecosistemas.

El orden Haplotaxida domina en ambos sistemas, pero el agroecosistema Buena Vista presenta una mayor abundancia de individuos, esto permite que la curva perteneciente al agroecosistema Buena Vista se muestre superior a la curva del agroecosistema San Juan. Un aspecto importante que favoreció el mayor número de individuos fue la incorporación de residuos del control de maleza producto de la chapia en el agroecosistema Buena Vista, esto además contribuye con retención de humedad.

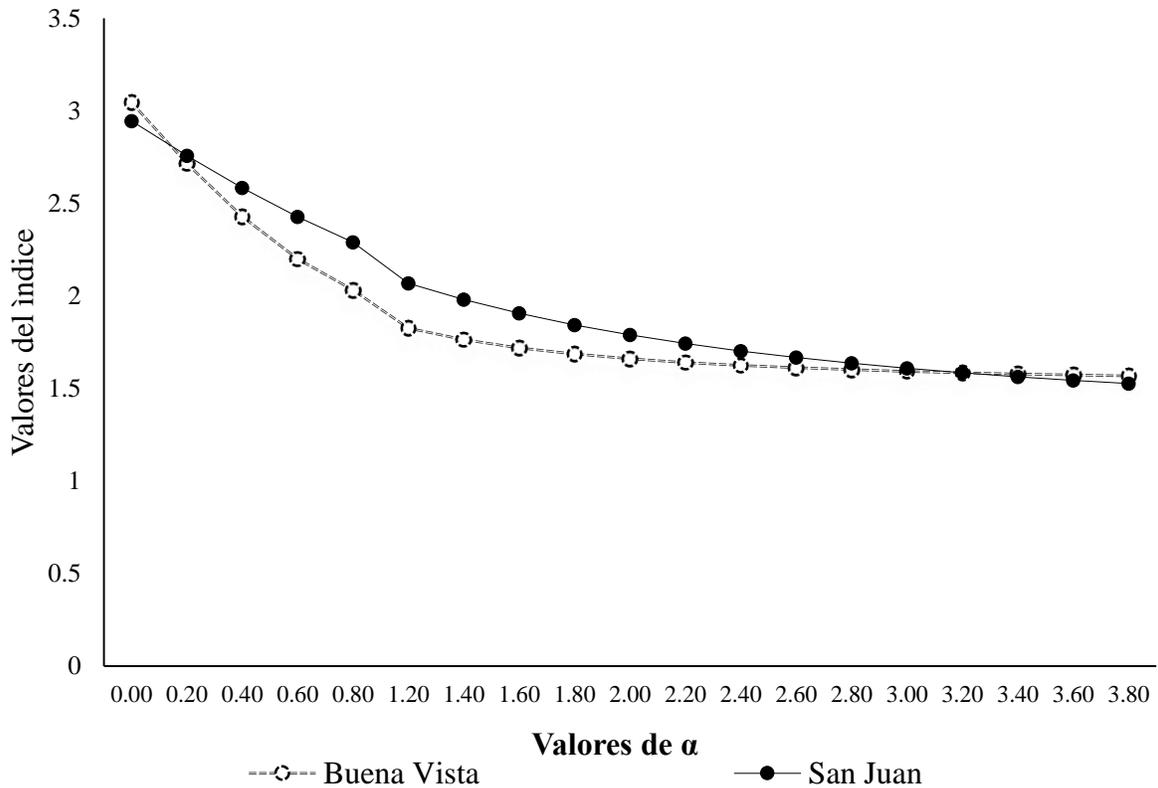


Figura 10. Perfiles de Renyi a nivel de órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

La baja presencia de organismos en el agroecosistema San Juan, se debe a la sensibilidad de las comunidades de la macrofauna ante el manejo del suelo, los cambios en la cobertura y la transformación de la vegetación, así como el efecto negativo de las perturbaciones impuestas por los sistemas de cultivo (Cabrera *et al.*, 2011).

Según Brown *et al.*, (2004), existe mayor riqueza y abundancia de comunidades de invertebrados en suelos con arreglos agroforestales comparado con suelos en pasturas, ésta diferencia se debe al aporte de hojarasca de las especies arbóreas, lo que favorece el microclima y es fuente de energía y nutrientes para la microfauna (Lavelle *et al.*, 2003., Velásquez, 2004., Huerta y Wal, 2012).

Zerbino, (2005), afirma que la riqueza, diversidad y equitatividad de las comunidades de la macro fauna del suelo, variaron de acuerdo a la intensidad y frecuencia de perturbación, cantidad y calidad de los recursos del sistema. (Brown *et al.*, 2001., Feijoo *et al.*, 2001, indica que el método de preparación del suelo, comparado con otras prácticas de manejo (rotación, fertilización, uso de agroquímicos, etc.) es el que tiene los mayores efectos en la distribución y abundancia de artrópodos.

Larios, (2014), indica que la combinación de café con árboles leguminosos , tienen la capacidad de permitir la sostenibilidad de los sistemas productivos cuando son usados en sistemas agroforestales, práctica asociada a los principios agroecológicos permitiendo la captura eficiente de la energía solar, favorece la absorción, retención y reciclaje de nutrientes, manteniendo al sistema en equilibrio dinámico al aumentar la biodiversidad.

4.4.4 Índice de disimilitud a nivel de órdenes taxonómicas de macrofauna

En disimilitud baja se encontró a los órdenes: Spirostreptida, Lepidóptera, Hemíptera, Opiliones, Diplura, Blattodea, Julida y Orthoptera, mostrándose en disimilitud intermedia los órdenes Araneae, Scolopendromorpha ,Isóptera ,Isópoda e Hymenoptera.

A si mismo se encontró que los órdenes Haplotaxida, Coleóptera y Díptera, se encuentran en disimilitud alta presentando mayor abundancia de estos organismos en el agroecosistema Buena Vista. De esta manera resultados similares obtuvieron (Moran y Alfaro, 2015), registrando la presencia de estos organismos únicamente en sistemas con enfoques agroecológicos.

En este caso se registró con mayor importancia el orden Haplotaxida y según Lavelle y Spain, (2001), tienen la función de transformar el material orgánico en humus e ingieren de manera selectiva una gran cantidad de material orgánico y mineral.

En seguida se menciona el orden coleoptera que ocupa uno de los primeros lugares en la cadena trófica. Los árboles en pastizales de gramíneas contribuye a estimular los organismos del suelo, en especial las lombrices de tierra, las que desempeñan un rol importante, al mejorar no solo los indicadores físicos y químicos, sino también como estimuladoras de otros organismos edáficos (Sánchez y Hernández, 2011).

El orden de Díptera registro mayor organismo en el agroecosistema Buena Vista lo que hace ser diferente al agroecosistema San Juan.

En comparación con estudios realizados en flora el valor de similaridad es mayor en las localidades de Santo Domingo y Wayrapata, pero no alcanzan ni el 30%, se debe a que no existen especies abundante en común, generalmente la similitud está relacionada con las especies más abundantes.

Esta gran disimilitud existente entre estas localidades puede obedecer a la variaciones en la composición florística, ya que están influenciadas por la presencia de especies raras adaptadas, los cambios graduales en las condiciones ambientales por cada cambio altitudinal, que es denotada por sitio, también indica que la diversidad beta en bosques tropicales es mayor, mostrando que estos bosques no son localmente más diversos, si no especialmente presentan una distribución más agrupada, lo cual podría reflejarse en la similitud entre las localidades (Sonco, 2013).

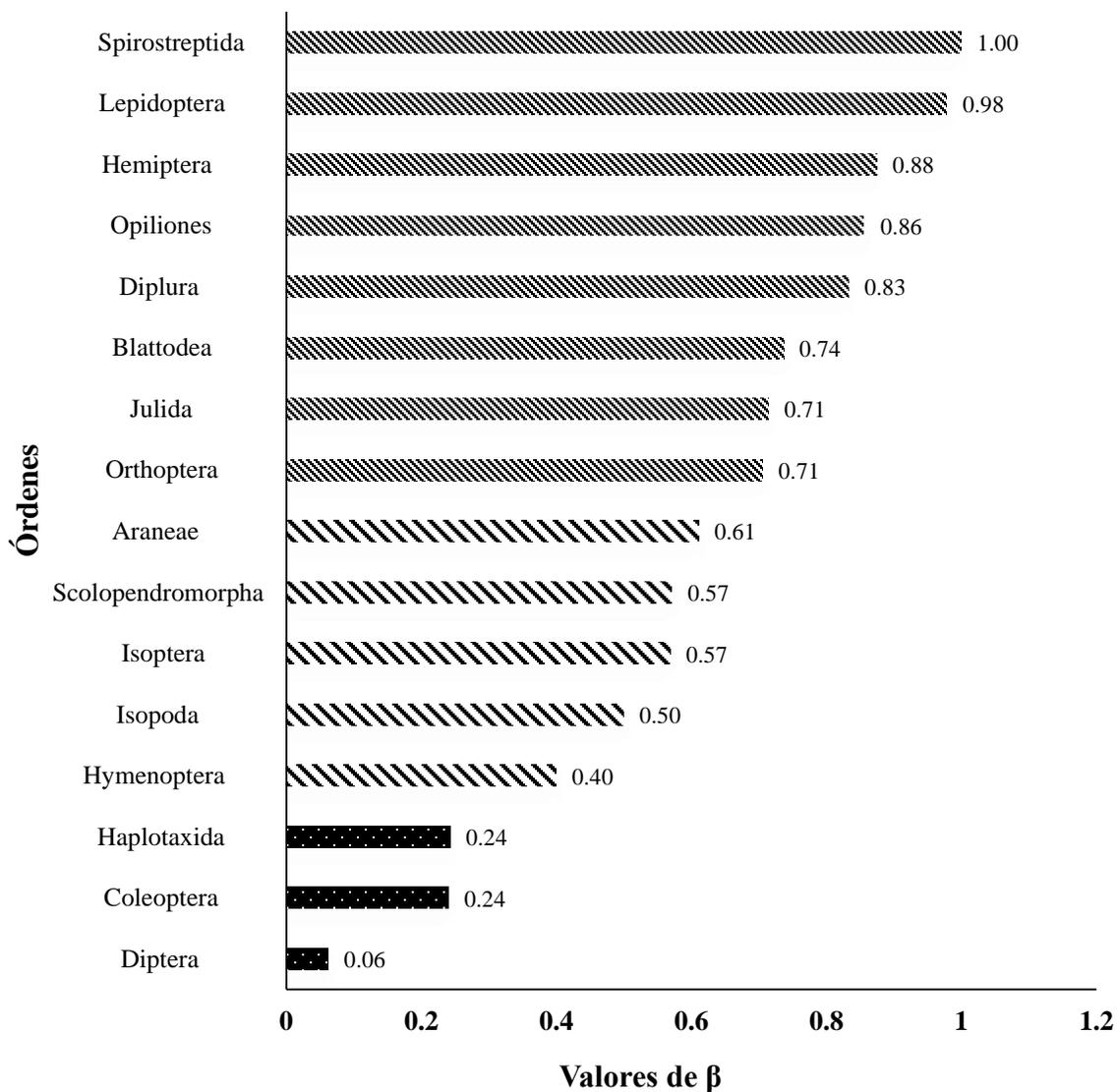


Figura 11. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para los órdenes de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

4.4.5 Perfiles de Renyi de la diversidad alfa a nivel de familias taxonómicas de la macrofauna edáfica

Al medir la biodiversidad en el taxón de familias según los perfiles de Renyi, cuando alfa está en cero, muestra mayor riqueza en el agroecosistema Buena Vista. Cuando en los perfiles de Renyi alfa se acerca a uno se comporta como al índice de Shannon-Wiener mostrando mayor uniformidad de las familias en el agroecosistema San Juan. Si alfa está en dos, el perfil se comporta como Simpson mostrando mayor dominancia en el agroecosistema Buena Vista. Cuando alfa va de dos al infinito el perfil se comporta como el índice de Berger-Parker donde muestra equidad similar en los agroecosistemas ganaderos.

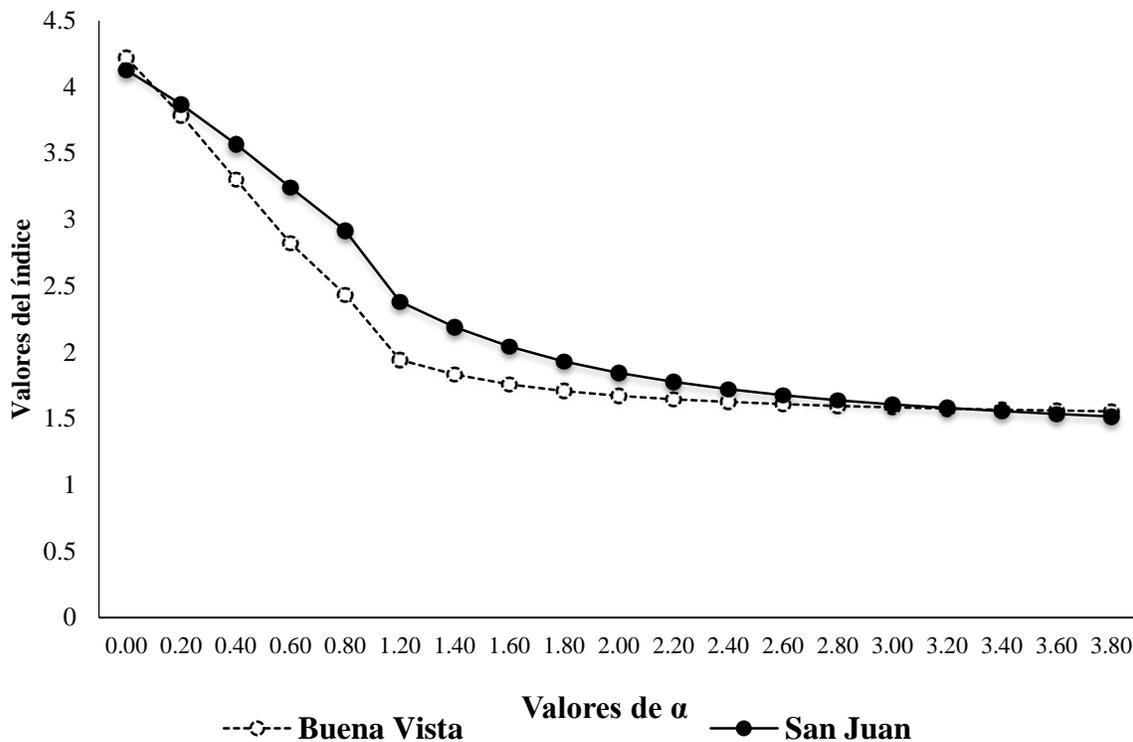


Figura 12. Perfiles de Renyi a nivel de familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

La mayor diversidad taxonómica presente en sistemas agroecológicos es considerada como valores muy bajos al relacionarlos con los sistemas naturales con cierto grado de conservación, como las selvas secundarias, que poseen gran riqueza taxonómica (Ararat *et al.*, 2002). Esto se debe a que en los sistemas no intervenidos por el ser humano hay una menor y casi nula alteración del suelo y la presencia de vegetación multiestratificada provee protección y fuentes de alimentos en diferentes grados de descomposición a los macro invertebrados, humedad constante, mayores contenidos de materia orgánica.

La biodiversidad fue mayor en el agroecosistema Buena Vista, lo que según Nicholls (2013), incrementa la función del agroecosistema dado que las especies tienen funciones diferentes y permiten que, ante cambios climáticos extremos, el agroecosistema continúe brindando servicios ambientales.

En los agroecosistemas la biodiversidad es afectada a través de las externalidades asociadas a la intensa tecnología agroquímica y mecánica usada para aumentar la producción del cultivo y necesaria una estrategia alternativa basada en el uso de los principios ecológicos para aprovechar al máximo los beneficios de la biodiversidad en la agricultura (Altieri y Nicholls, 2009), los costos medioambientales (incluyendo la pérdida de elementos claves de la biodiversidad, tales como polinizadores y enemigos naturales).

En relación con este estudio Delgado *et al.*, (2010), han demostrado que la eliminación de la sombra en los sistemas de producción genera impactos negativos en el hábitat de las diferentes especies de la macrofauna disminuyendo su diversidad debido a la falta de cobertura la cual le brinda alimento y un mejor microclima para su estabilidad.

Además, Zaldívar *et al.* (2009) plantearon que los suelos tropicales son actualmente los más amenazados, por los cambios ligados a una intensificación de la agricultura, cuya secuela es la disminución de la biodiversidad y se debe sumar al efecto que se ejerce con un inadecuado manejo transformando así sus propiedades físicas y por tanto el hábitat de las comunidades de macro invertebrados existentes en el ecosistema.

Villalobos *et al.*, (1999) Indica que la actividad agrícola afecta las condiciones ambientales del suelo y muchos grupos de la macrofauna son particularmente sensibles a estos cambios a largo plazo.

4.4.6 Índice de disimilitud a nivel de familias taxonómicas de macrofauna

Se encontró disimilitud baja en las familias: Tenebrionidae, Spirostreptida, Araneidae, Passalidae, Gryllidae, Japygidae, Teridiidae, Reduviidae, Blattidae, Julidae, Staphilinidae, Gnaphosidae, Dictynidae, Cosmetidae, y Chrysomelidae y en disimilitud intermedia se mencionan las familias Scolopendridae, Blattellidae, Blaberidae, Rhinotermitidae, Styloniscidae, Elateridae, Agelenidae, Formicidae y Meloidae.

Se encontró que las familias Pyralidae, Lumbricidae y Scarabaeidae tienen disimilitud alta, encontrándose más individuos en el agroecosistema Buena Vista en cambio las familias Noctuidae y Tettigoniidae registró menor abundancia en el agroecosistema Buena Vista.

Según Sonco, (2013), los bajos índices de similitud que se obtuvieron entre las parcelas y entre localidad, mostraron una elevada tasa de recambio de especies, resultado que se presenta por que las zonas en donde se encuentran estas localidades tienen un carácter de transición de la vegetación amazónicas a la andina y además se presenta como una respuesta a los diferentes factores ambientales y abióticos presente en cada localidad.

Nicholls, (2013), plantea que sistemas agrícolas manejados agroecológicamente o con prácticas asociadas a ella (agroforestería, uso de abonos orgánicos, biofermentados, manejo selectivo de arvenses), permiten mejorar la fertilidad del suelo al incrementar la materia orgánica y mejorar otros componentes como la capacidad de intercambio catiónico.

Diversos estudios indican que la mayoría de los productores desconocen el impacto de las prácticas agrícolas sobre el ambiente y particularmente sobre la macro fauna edáfica (Lagn *et al.*, 2011).

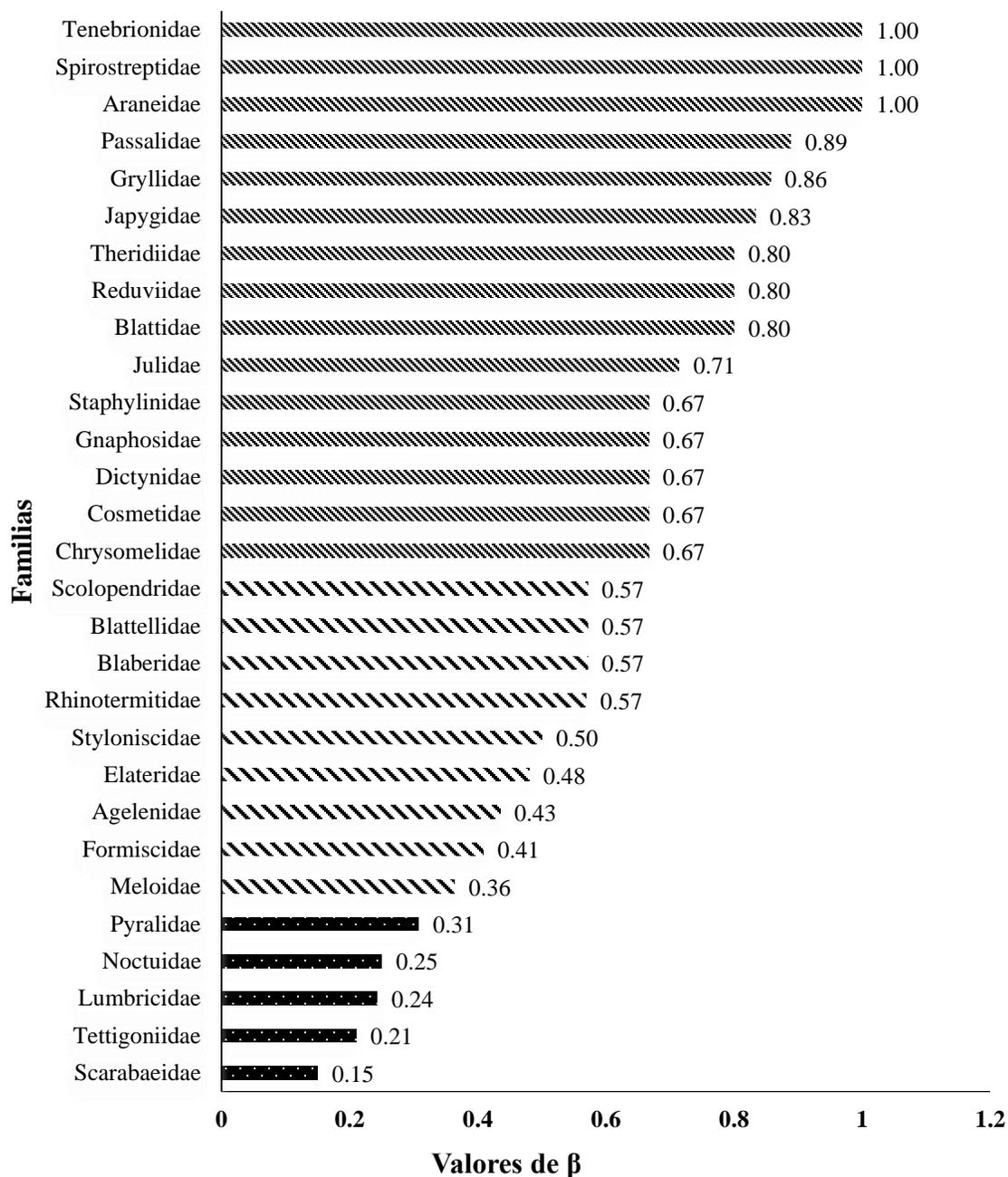


Figura 13. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las familias de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.

En un estudio realizado por Garcia *et al.*, (2014) demostraron que los distintos usos de la tierra, así como el grado de perturbación e intensidad del manejo, influyeron en la composición y la abundancia de la macro fauna edáfico La inclusión de los árboles, tanto de morera como leucaena, influyó positivamente en los valores cuantitativos de la macrofauna, después del establecimiento de las leñosas (Medina *et al.*, 2011).

V. CONCLUSIONES

El coeficiente de manejo de la biodiversidad clasifica los agroecosistemas Buena Vista con manejo y diseños de su biodiversidad Complejo y San Juan poco Complejo, siendo evidente la importancia de la biodiversidad como base de un enfoque agroecológico destinado a estabilizar su productividad conservando los recursos locales.

La presencia de macrofauna fue mayor en el agroecosistema Buena Vista estando influenciado por la presencia de cobertura vegetal producto del manejo de los cultivos, en el agroecosistema San Juan disminuye la macrofauna por la intensidad y frecuencia de las perturbaciones que se ocasionan.

El grupo funcional que predominó fueron los fitófagos seguido por detritívoros, omnívoros y depredadores donde se encontraron en mayores cantidades en el agroecosistema Buena Vista debido a la diversificación de diferentes estratos verticales y horizontales que proporcionan alimentos y habitats manteniéndose el equilibrio de poblaciones.

La mayor diversidad y riqueza fue presentada por el agroecosistema Buena vista a nivel de clases, ordenes y familias; obteniéndose disimilitud alta entre agroecosistemas Buena Vista y San Juan Lumbricidae, como un indicador de la fertilidad biológica del suelo en base a las perturbaciones de las diferentes actividades antropogénicas.

VI. LITERATURA CITADA

- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2013). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecologia*. Vol. 7(2). 65-83p.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2009). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Trad. M Altieri. Barcelona, ES. Icaria. 248 p. Recuperado de: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/BiodiversidadAltieriNicholls.pdf>
- Altieri, M. A., y Nicholls, C.I. (2004). Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el trópico.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica. p. 50 - 64.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (1999). Biodiversity, ecosystem function, and insect pest management in agricultural systems. In *Biodiversity in Agroecosystems*, WW Collins & CO Qualset, (Eds), CRC Press: 69-84.
- Altieri, M.A. (1999). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo. Ed. Nordan-comunidad. P, 1-325. Recuperado de: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Altieri, M.A. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. *Agroecología y desarrollo*, 4.
- Anderson, J.M. y J.S.I. Ingram. (1993). *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*. CAB International. Reino Unido. p. 221
- Arango Gutiérrez, G.P., y Agudelo Betancur L. M. (s.f). Valor biológico de las cucarachas en el compost. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1(1). P 1-3 Recuperado de: <http://www.lasallista.edu.co/xcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/096-98%20Valor%20biol%C3%B3gico%20de%20las%20cucarachas%20en%20el%20compost.pdf>
- Ararat, M.C., y Aristizabal, M. (2002). Efecto de cinco manejos agroecológicos de un Andisol (Typic Dystrandep) sobre la macro fauna en el municipio Piendamó, departamento del Cauca, Colombia.
- Arocena, R., Chalar, G., Fabián, D., Pacheco, J.P., González Piana, M., Olivero, V., y Perdomo, C.H. (2013). Impacto de la producción lechera en la calidad de los cuerpos de agua. In VII Congreso de Medio Ambiente.

- Barros, E., Neves, A., Blanchart, E., Fernandes, E., Wandelli, E., y Lavelle P. (2003). Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrisilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia* 47(3):273 - 280.
- Benito, N; y Pasini, A. (2002). Interference of agricultural systems on soil macrofauna. In International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystem for Sustainable Agriculture. Londrina, Embrapa Soja. FAO. Documentos/ Embrapa Soja. no.182. 90p
- Brown, G.G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, C., Bueno, J., Moreno, A.G., Lavelle, P., Ordaz, V., y Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macro fauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57500006>
- Brown, G.G., Moreno, A.G., Barois, I., Fragoso, V., Rojas, P., y Hernández, B. (2004). Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. *Agric. Ecosys. Environ.* 103(2):313 - 327.
- Cabrera Dávila, G.C. (2014). Manual práctico sobre la macro fauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Recuperado de: <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 346-363.
- Cabrera, G., Robaina., N y Ponce de León D. (2011). Riqueza y abundancia de la Macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, Vol. 34, No. 3, 313-330, 2011. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121083007> > ISSN 0864-039
- Cabrera, G.; Robaina, N. y Ponce de León, D. (2011). Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34:331.
- Carmona, J.C., Bolívar, D., y Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63.
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). Resultados Finales. (2011). Gobierno de Nicaragua. (En línea) Consultado 10 abr 2015. Consultado 21 ene. 2012. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>

- Cingolani, A.M., Noy-Meir, I., Renison, D.D., y Cabido, M. (2008). La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos?. *Ecología austral*, 18(3), 253-271.
- Crespo, G. (2009). Importancia de los sistemas silvo pastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42(4):329-336, 2008. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10345480>
- Crespo G. (2002). Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en los sistemas silvopastoriles. Conferencia Curso Internacional Silvopastoreo. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba.
- Delgado G., Bucardo A., Silva Parra, A. (2010). Evaluación de la macro fauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café (*Coffea arábica* L.). Colombia. *Revistas de Ciencias Agrícolas*, 28(1), pp 91-106.
- Díaz, P., Paz Silva, A., Sánchez Andrade, R., Suárez, J.L., Pedreira, J., Arias, M., y Morrondo, P. (2007). Assessment of climatic and orographic conditions on the infection by *Calicophoron daubneyi* and *Dicrocoelium dendriticum* in grazing beef cattle (NW Spain). *Veterinary parasitology*, 149(3), 285-289.
- Dumont, L., y Carlos, J. (2000). Impacto ambiental de la actividad ganadera. *Tierra Adentro*. (32), 31-34.
- FAO. (s.f). La Biodiversidad para el mantenimiento de las funciones de los agroecosistemas. Recuperado de ftp://ftp.fao.org/paia/biodiversity/agroeco_biod_es.pdf
- FAO. (2014). Programa de la FAO: Ganadería. Consultado 3 de Ene. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/gender-home/gender-programme/gender-livestock/es/>
- Feijoo, A., Knapp, E.B., Lavelle, P., Moreno, A.G. (2001). Quantifying soil macro fauna in Colombian watershed. In Jiménez, J.J.; Thomas, R. J. U (Eds.). *Nature's Plow: Soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia*. Cali, CIAT. Publicación CIAT no. 324. p. 42-48.
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, Saray. (2014). Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la Macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 313-321. Recuperado en 21 de marzo de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942014000300009&lng=es&tlng=es

- Gómez Anaya, 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. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Recuperado de: https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Ecologia%20de%20los%20ensamblajes.pdf
- Gomez Gutierrez, M. T y Gonzalez Cruz, I. C.(2015). Diversidad de artrópodos asociada a dos sistemas de manejo de plantación de Marango (*Moringa oleífera* Lam.)
- Hart, R.D. (1985). Conceptos básicos sobre agroecosistemas (No. 1). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Holldobler, B., y Wilson, E.O. (1990). The Ants. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts
- Huerta, E., y Wal, V. (2012). Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. *Eur. J. Soil Biol.* 50:68 - 75.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). (2012). Características del clima en Nicaragua. Dirección general de meteorología. (En línea) Consultado 20 abr 2015. Disponible en: <http://servmet.ineter.gob.ni/Meteorologia/PDF/caracteristicasdelclimaenNic.pdf>
- INIDE-MAGFOR. (2013). IV CENAGRO (2011). Departamento de Boaco, Nicaragua INIDE
- Jiménez Martínez , Edgardo. (2009). Manejo Integrado de Plagas. 1ed. Managua. 120 p
- Kindt, R., y Coe, R. (2005). Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies: World Agroforestry Centre (ICRAF) Nairobi. 207 p.
- Lagn Ovalle, F.P., Perez Vazquez A., Martinez Davila, J.P., Platas Rosado, D.E., Ojeda Enciso L.A., Gonzalez Acuña, I.J. (2011). Macro fauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, vol. 29, núm. 2, abril-junio, 2011, pp. 169-177 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México
- Larios Gonzales, R.C. (2014). Fertilidad del suelo bajo prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), Nicaragua 2009 – 2010. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2776/1/tnp351323f.pdf>
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M. Bureau. (2006). Soil Invertebrates and Ecosystem Services. *Eur. J. Soil Biol.* 42:3.15.

- Lavelle, P., Senapati, B., y Barros, E. (2003). Soil Macrofauna. En: Schroth, G. y Sinclair, F. L. (eds.). *Trees, crops and soil fertility*. CABI Publishing, Wallingford. p. 303 - 324
- Lavelle, P; Spain, AV. (2001). *Soil Ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654p.
- Lavelle, P. (2000). Ecological challenges for soil science. *Soil Sciences*. 165:73.
- Le Lous Fabrice y Vásquez Vladimir. (08 Mayo 2016). *De la vaca a la carne: ganadería en Nicaragua*. La Prensa.
- Linares, D. (2009). Macro fauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. *Lombricultura: desarrollo sostenible*. La Habana, CU: Editorial Universitaria. Recuperado de: <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10179678>
- Lobo, J. M., & Halffter, G. (1994). Relaciones entre escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae) y nidos de tuza (Rodentia: Geomyidae): implicaciones biológicas y biogeográficas. *Acta Zool. Mex.(NS)*, 62, 1-9.
- Masters, G.J. (2004). Belowground herbivores and ecosystem processes: *Ecological Studies* 173:93-112.
- Matson P.A., Parton W.J., Power A.G., Swift M.J. (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277 (5325): 504-509.
- McGavin G.C. (2000). *Manual de identificación. Insectos. Arañas y otros Artrópodos terrestres*. Barcelona. Universidad de Cambridge. Ed. Omega, S.A. P 1-129
- Medina, M.G., García, D.E., Moratinos, P., Clavero, T., e Iglesias, J. M. (2011). Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Tropical*, 29(3), 301-312. Recuperado en 21 de marzo de 2017, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692011000300006&lng=es&tlng=es
- Moran, M.M., y Alfaro Gutiérrez, F.R. (2015). Diversidad de macro fauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleífera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/3203/1/tnp34m829.pdf>
- Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development*, 15(10), 1-16.
- Nicholls Estrada, C.I. (2013). Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. *Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático*.

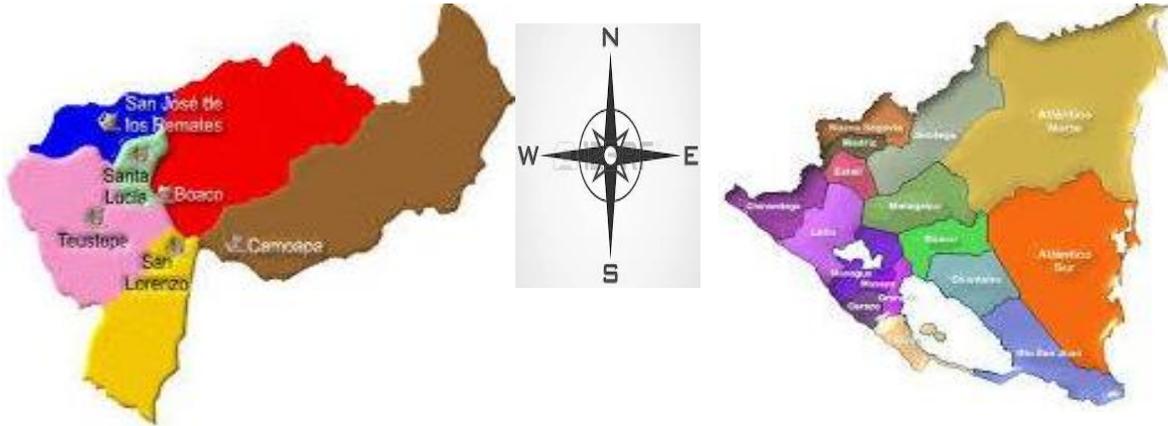
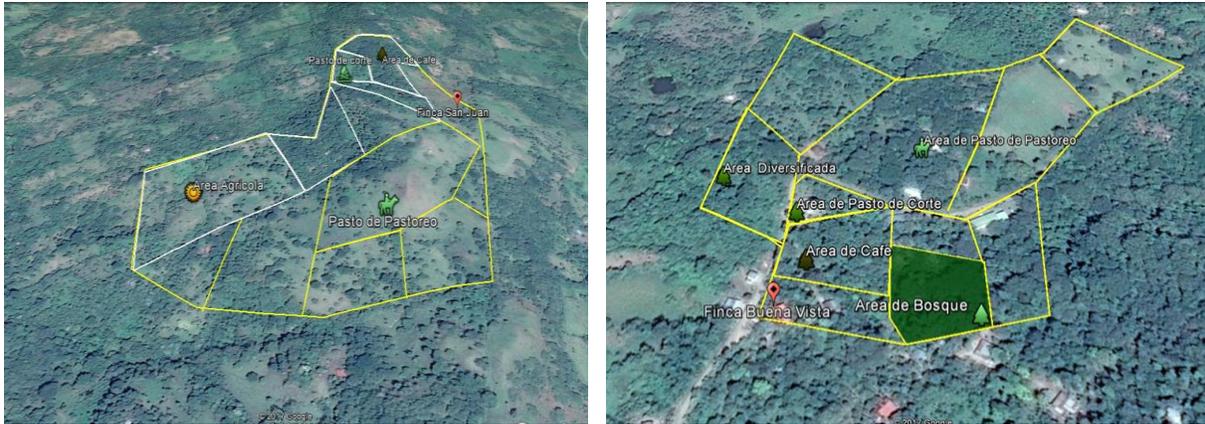
- Nicholls Estrada, C.I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. 1 ed. Medellín, CO. Editorial Universidad de Antioquia. 282p.
- Primavesi, A. (1982). Manejo ecológico del suelo. Ed. El ateneo, 5ta edic.
- Renyi, A. (1961). On measures of Entropy and information. In: Neyman, 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. Research and Development Center. 6 pp.
- Rodriguez González, Hugo René. (2014). Evaluación agronómica con enfoque agroecológico en un sistema diversificado de Guayaba (*Psidium guajaba* L.), Nopal (*Opuntia ficus* L), Piña (*Ananas comosus* L) y Papaya (*Carica papaya* L) utilizando vermicompost, Managua, Nicaragua 2009-2011. Maestria thesis, Univeersidad Nacional Agraria. UNA. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2206>
- Rodríguez, I., Torres, V., y Crespo, G. (2009). Biomasa y diversidad de la Macrofauna del suelo en diferentes pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 36 (4): 403-408, 2002. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10357351>
- Rodríguez, I., y Crespo, G. (2009). Comportamiento de la Macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceiba de toros. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 36(2):181-186, 2002. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10357540>
- Romero, R., Dey, S.K., y Fisher, S.J. (2014). Preterm labor: one syndrome, many causes. *Science*, 345(6198), 760-765.
- Rousseau, L., Fonte, S., Téllez, O., Hoek, R., Lavelle, P. (2013). Soil macro fauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27: 71-82.
- Sánchez, Saray., y Hernández, Marta. (2011). Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos. Pastos y Forrajes, 34(3), 359-365. Recuperado en 21 de marzo de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942011000300010&lng=es&tlng=es
- Sánchez, S., y Reyes, F. (2009). Estudio de la Macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. Pastos y Forrajes, Vol. 4, No. 1, 2003. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10306984>

- Sarandon, S.J., y Flores, C.C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. La Plata, AR: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=11201640>
- Sarandón, S.J. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. Agroecología: El camino para una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina.
- Sonco Suri, R. (2013). Estudio de la diversidad alfa y beta en tres localidades de un bosque montano en la región de Maddi, la Paz-Bolivia. (Tesis de grado). Universidad mayor de San Andrés. Recuperado de: http://www.mobot.org/PDFs/research/madidi/Sonco_2013_Thesis.pdf
- Troyo Diéguez, E., Servín Villegas, R., y Loya-Ramírez, J.G. (2009). Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible. México, D.F., MX: D - Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10293106>
- Valenciaga, N., Mora, C., y Noda, A. (2009). Comportamiento de la artropodofauna asociada a un área de *Lysiloma bahamensis*, destinada a la sombra de los animales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42 (3): 299-304, 2008. Editorial Universitaria
- Vázquez L, 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. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Habana, CU.
- Vázquez L, L., Matienzo, Y., Alfonso, J., Veitia, M., Paredes, E., y Fernández, E. (2012). Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Revista Agricultura Orgánica (La Habana)* 18 (3): 14-18.
- Velásquez, E., Lavelle, P., y Andrade, M. (2007). GIQS: a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biol. Biochem.* 39:3066 - 3080.
- Velásquez, E. (2004). Bioindicadores de calidad de suelo basado en las poblaciones de Macrofauna y su relación con características funcionales del suelo. Ph.D. tesis. Universidad nacional de Colombia sede Palmira. 189 p.

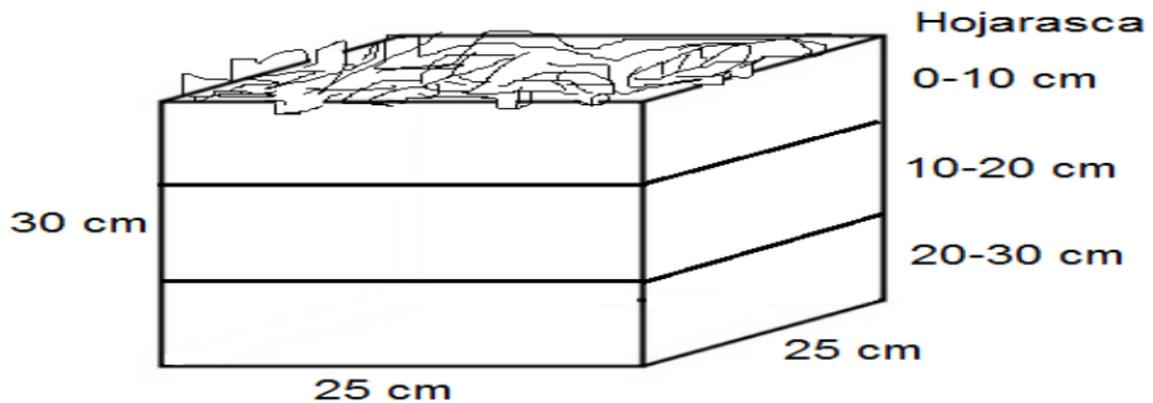
- Villalobos, F.J., Ortiz Pulido, C., Moreno, N.P., Pavón Hernández, H., Hernández Trejo, J., Bello, S.M. (1999). Patrones de la macro fauna edáfica en un cultivo de *Zea maíz* durante la fase postcosecha en "La Mancha", Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 80. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S006517372000000200009&script=sci_arttext
- Zaldívar Suarez, N., Benítez Jiménez, D., Pérez Machado, B., Fernández Verdecía, Y., Licea Castro, L. (2009). Efecto de la vegetación sobre la biodiversidad de macro invertebrados del suelo en ecosistemas ganaderos. Cuba. *Revista Electrónica Granma Ciencia*, 13(1), pp 1-8. Recuperado de: http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol13/1/2009_13_n1.a4.pdf
- Zerbino, M.S. (2010). Evaluación de la macro fauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número Especial 2: 189-202 (2010). Recuperado de: [http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM26-esp\(2010\)/AZM-Esp-14-Zerbino.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM26-esp(2010)/AZM-Esp-14-Zerbino.pdf)
- Zerbino Bardier, M.S. (2005). Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macro fauna del suelo en diferentes sistemas de producción. (Tesis de maestría). Universidad de la República de Uruguay. Reportado de: http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Stella_Zerbino.pdf

VII. ANEXOS

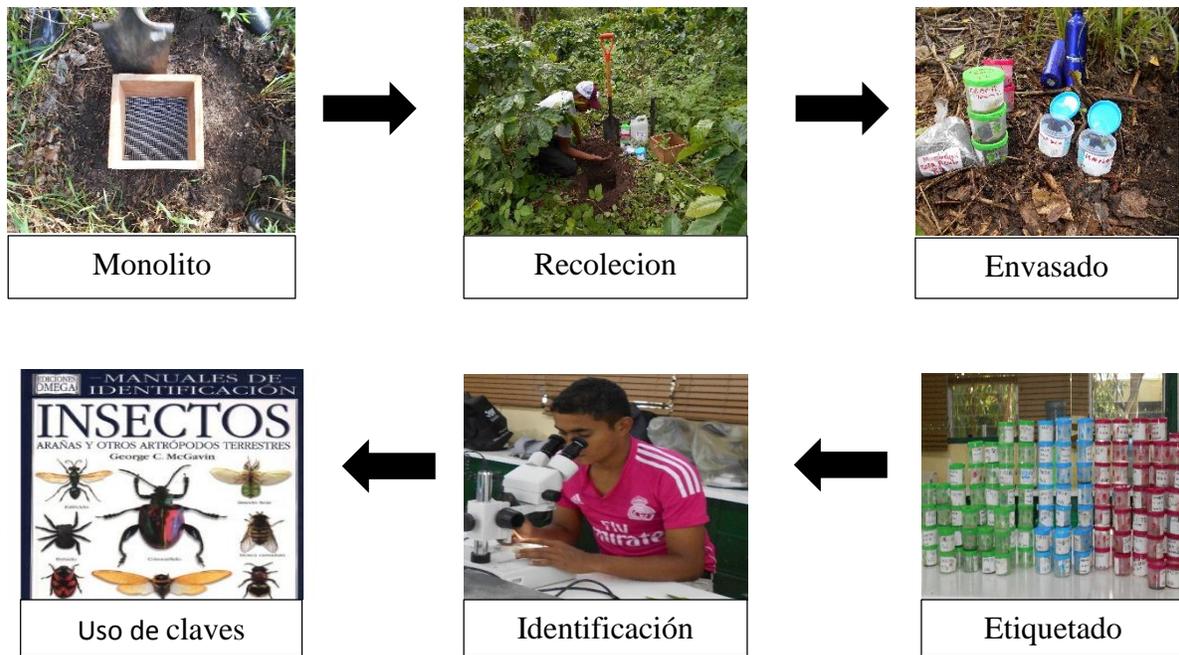
Anexo 1. Ubicación geográfica de los agroecosistema ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.



Anexo 2. Ilustración del monolito utilizado en la recolección de macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, 2016.



Anexo 3. Proceso metodológico para la identificación de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, las Lagunas, Boaco, 2016.



Anexo 4. Formato de campo utilizado para la colecta de macrofauna adáfica en dos agroecosistemas ganaderos, las Lagunas, Boaco 2015.

Fecha del muestreo	Finca (pc y c)	Lote (I, II, III, IV, V)	Número de Muestra (1,2,3,4,5)	Profundidad (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm)	Tipo de Organismo	Clase	Orden	Familia

Anexo 5. Escala de disimilitud de Bray-Curtis para el análisis de diversidad beta en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco 2016.

