



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Sostenibilidad agroecológica en dos sistemas
diversificados, El viejo, Chinandega, Nicaragua,
2020-2021

Autor

Br. Silvio Rene Balladares

Asesor

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González

Managua, Nicaragua
Abril, 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Sostenibilidad agroecológica en dos sistemas
diversificados, El viejo, Chinandega, Nicaragua,
2020-2021

Autor

Br. Silvio Rene Balladares

Asesor

Ing. MSc. Hugo René Rodríguez González

Presentado a la consideración del Honorable
Comité Evaluador como requisito final para optar al
grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Abril, 2022

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

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

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

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

A mi hija: Keyri Yaneisi Balladares Vargas, que con su ternura y amor de hija se ha convertido en el pilar fundamental en mi día a día para lograr cada una de mis metas.

A mi madre: Carla Patricia Balladares, que con su amor, empeño y sacrificio se esforzó por brindarme todo el apoyo incondicional para lograr la culminación de mi carrera.

A mi abuelita: Natividad Mercedes Valladares, que siempre me mantuvo con sus consejos, cariño y confianza para que continuara en mi lucha para lograr la meta.

A la Lic. Adriana Esmeralda Ayola Pavón que ha estado presente con su apoyo incondicional, consejos y sabiduría en cada una de las etapas de mi vida universitaria.

Br. Silvio Rene Balladares

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme alcanzar este sueño.

A mis Padres: Carla Patricia Balladares y Silvio Rene Estrada por todo su apoyo para culminar esta meta.

A mi abuela: Natividad Mercedes Valladares, por ser la principal impulsadora de este logro.

A mi asesor: MSc. Hugo René Rodríguez Gonzáles, quien con sus conocimientos científicos fue mi guía orientándome para cumplir con la culminación de esta tesis.

A todos mis amigos y compañeros de clases que estuvieron presente en todo este recorrido llamado universidad.

A la Universidad Nacional Agraria por haberme dado la oportunidad de haber pertenecido a esta Alma Mater de donde me quedan gratos recuerdos y por brindarme todo su apoyo, desde su programa de becas, durante todo el período de mis estudios superiores.

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

A todos ellos infinitas gracias.

Br. Silvio Rene Balladares

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | SECCIÓN | PÁGINA |
|------------|--|---------------|
| | DEDICATORIA | i |
| | AGRADECIMIENTO | ii |
| | ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| | ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| | ÍNDICE DE ANEXOS | vi |
| | RESUMEN | vii |
| | ABSTRACT | viii |
| I | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II | OBJETIVOS | 3 |
| | 2.1 Objetivo general | 3 |
| | 2.2 Objetivos específicos | 3 |
| III | MARCO DE REFERENCIA | 4 |
| | 3.1. La agroecología | 4 |
| | 3.2. Principios de la agroecología | 4 |
| | 3.3. La biodiversidad en los agroecosistemas | 5 |
| | 3.4. Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad | 6 |
| | 3.5. Manejo agroecológico | 6 |
| | 3.6. Manejo convencional | 6 |
| | 3.7 La calidad y salud de los suelos | 6 |
| | 3.8. Sostenibilidad | 7 |
| | 3.9. Reconversión | 9 |
| | 3.10. Principios flujo de energía y materia en los ecosistemas | 9 |
| IV | MATERIALES Y MÉTODOS | 10 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Ubicación y fechas del estudio | 10 |
| 4.2. Diseño de la investigación | 11 |
| 4.3. Consulta con los productores | 11 |
| 4.4. Manejo del estudio | 11 |
| 4.5. Datos evaluados | 12 |
| 4.5.1. Clima y suelo | 12 |
| 4.5.2. Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad | 13 |
| 4.5.3. Grado de sostenibilidad | 14 |
| 4.5.4. Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad del Agroecosistema HESOFI | 14 |
| 4.6. Análisis de los datos | 15 |
| V RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 5.1. Caracterización de los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón | 17 |
| 5.1.1. Climograma | 17 |
| 5.1.2. Suelo | 18 |
| 5.2. Flujogramas de las fincas | 20 |
| 5.3. Diagnóstico de los diseños y manejo de la biodiversidad de los agroecosistemas | 23 |
| 5.3.1. Diseños y manejo de la biodiversidad productiva | 24 |
| 5.3.2. Manejo y conservación del suelo | 26 |
| 5.3.3. Manejo y conservación del agua | 27 |
| 5.3.4. Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos | 29 |
| 5.3.5. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar | 31 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| | 5.3.6. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada | 33 |
| | 5.3.7. Coeficiente del manejo de la biodiversidad | 34 |
| | 5.4. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas | 37 |
| | 5.4.1. Índice o grado de sostenibilidad general de los agroecosistemas | 38 |
| | 5.4.2. Índice de la sostenibilidad de los componentes de cada dimensión | 40 |
| | 5.4.3. Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes | 41 |
| VI | CONCLUSIONES | 46 |
| VII | RECOMENDACIONES | 47 |
| VIII | LITERATURA CITADA | 48 |
| IX | ANEXOS | 52 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | PÁGINA |
|---|---------------|
| 1. Indicadores y fórmula para calcular el componente y el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) | 13 |
| 2. Criterios o dimensiones, componentes y número de indicadores por componente de HESOFI | 14 |
| 3. Nivel de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en el agroecosistema | 15 |
| 4. Taxonomía de suelos de Nicaragua (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015) | 19 |
| 5. Rubros que componen los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón, El viejo, Chinandega 2020 – 2021 | 23 |
| 6. Dimensiones o criterios, componentes, indicadores e índices de sostenibilidad en los agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021 | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PÁGINA |
|--|---------------|
| 1. Mapa de ubicación de las fincas Hermanos Rivas y Pantaleón, El viejo, Chinandega, 2020-2021. | 10 |
| 2. Línea de tiempo del trabajo de investigación, 2020 – 2021. | 12 |
| 3. Precipitación y temperatura media mensual perteneciente a El viejo Chinandega, 2010 – 2020. | 17 |
| 4. Mapa de clasificación de los suelos de Chinandega, Nicaragua (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015). | 19 |
| 5. Flujograma del agroecosistema Pantaleón, 2020 – 2021. | 21 |
| 6. Flujograma del agroecosistema Hermanos Rivas, 2020 – 2021. | 22 |
| 7. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón, El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021. | 24 |
| 8. Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021. | 26 |
| 9. Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021. | 28 |
| 10. Manejo de las interacciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021. | 29 |
| 11. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DAMBAu) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021. | 31 |
| 12. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021. | 33 |

| | |
|--|----|
| 13. Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021. | 35 |
| 14. Índice o grado de sostenibilidad general de dos agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021. | 39 |
| 15. Nivel o grado de sostenibilidad por componente de los agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021. | 40 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | PÁGINA |
|---|---------------|
| 1. Metodología de Vásquez para el levantamiento de datos | 52 |
| 2. Indicadores y escalas para evaluar el componente de los diseños y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr) | 52 |
| 3. Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo y conservación del suelo (MCS) | 54 |
| 4. Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo y conservación del agua (MCA) | 55 |
| 5. Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) | 56 |
| 6. Indicadores y escalas para evaluar el componente de los diseños y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) | 57 |
| 7. Indicadores para evaluar el componente del estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) | 59 |
| 8. Grado de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad durante la reconversión de Sistema de Producción Agropecuario | 61 |
| 9. HESOFI estilo encuesta para levantamiento de datos | 61 |

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el municipio de El Viejo departamento de Chinandega 2020 - 2021, en las fincas Hermanos Rivas de la Sra. Amalia Rivas y finca Pantaleón del Sr. Santos Munguía, con el fin de evaluar la complejidad y sostenibilidad de dos agroecosistemas a través de manejo de biodiversidad en los agroecosistemas y determinar el nivel de sostenibilidad en el aspecto sociocultural, económico y agroambiental. Se aplicaron dos metodologías. 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 evalúa seis indicativos y 64 indicadores, se miden con un rango de (0-4) siendo este un valor estándar para medir el nivel de complejidad de los sistemas de producción. La metodología Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad del Agroecosistema (HESOFI) evalúa 71 indicadores, 12 componentes y 3 criterios: sociocultural, económicos y agroambiental. Para cada criterio en HESOFI se asigna un valor de 100. El coeficiente y manejo de la biodiversidad en la finca Hermanos Rivas y Pantaleón es poco complejo con un nivel del 2.05 y 2.04 determinándose como sistemas de producción con índices medianamente satisfactorios. El nivel de sostenibilidad que miden las dimensiones socio-cultural, económica y agroambiental para la finca Hermanos Rivas fue de 192/300, su fuerza radica en lo sociocultural con (78%), agroambiental con (72%) y económico con un (43%). Pantaleón presentó un valor de 166/300, su mayor fuerte fue lo sociocultural (79%), agroambiental (50%) y económico (37%). Estos resultados indican que la finca Hermanos Rivas cuenta con un grado de sostenibilidad del (64.12%), y Pantaleón con (55.22%).

Palabras clave: agroecosistema; complejidad; sostenibilidad; económica; sociocultural; resiliencia.

ABSTRACT

This research was carried out in the municipality of El Viejo, department of Chinandega 2020 - 2021, in the Hermanos Rivas farms of Mrs. Amalia Rivas and Pantaleón of Mr. Santos Munguía, in order to evaluate the complexity and sustainability of two agroecosystems through management of biodiversity in agroecosystems and determine the level of sustainability in the sociocultural, economic and agro-environmental aspects. Two methodologies were applied. Diagnosis of the complexity of the designs and management of biodiversity in agricultural production systems in transition towards sustainability and resilience, which evaluates six indicators and 64 indicators, measured with a range of (0-4), this being a standard value. to measure the level of complexity of production systems. The Agroecosystem Sustainability Assessment Tool (HESOFI) methodology evaluates 71 indicators, 12 components and 3 criteria: socio-cultural, economic and agro-environmental. For each criterion in HESOFI a value of 100 is assigned. The coefficient and management of biodiversity in the Hermanos Rivas y Pantaleón farm is not very complex with a level of 2.05 and 2.04, determining as production systems with moderately satisfactory indices. The level of sustainability measured by the socio-cultural, economic and agri-environmental dimensions for the Hermanos Rivas farm was 192/300, its strength lies in the socio-cultural with (78%), agri-environmental with (72%) and economic with a (43 %). Pantaleón presented a value of 166/300, its greatest strength was sociocultural (79%), agro-environmental (50%) and economic (37%). These results indicate that the Hermanos Rivas farm has a degree of sustainability of (64.12%), and Pantaleón with (55.22%).

Keywords: agroecosystem; complexity; sustainability; economic; sociocultural; resilience.

I. INTRODUCCIÓN

En su estudio Gliessman (2002) menciona que “la agroecología consiste en aplicar conceptos y principios ecológicos que proveen el conocimiento necesario para desarrollar una agricultura adecuada, productiva y económicamente viable” (p.17).

Altieri (2001) plantea que “la agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventajas de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones que optimiza las funciones y procesos de los agroecosistemas” (p.33).

Brunett (2004) mencionan que “se reconoce la escasez de propuestas metodológicas que permitan estudiar de forma práctica e integral el estado de sustentabilidad que guardan los sistemas de producción para identificar en que parte son débiles y en cuales son fuertes” (p.25).

Las condiciones climáticas (temperaturas, precipitaciones y otros factores) y algunos atributos del suelo, son elementos fundamentales que determinan la distribución de las especies vegetales.

De acuerdo con Yungiang et al. (2011):

Conocer las condiciones ambientales en las zonas de producción y comprender el ámbito geográfico en la que se conjunta dicha combinación de factores ambientales, adecuadas para la producción de los cultivos, permitirá ubicar con precisión las zonas con mayor potencial de producción para las especies de importancia agrícola, pecuaria y forestal en las principales zonas productoras de una región determinada (p.22).

Al mencionar a los cultivos, mediante sus residuos de cosecha:

Estos tienen un efecto sobre la humedad y temperatura del suelo, mejoran la infiltración de éste, contribuyen a fomentar la actividad biológica que favorecen la agregación del suelo, protegen al suelo contra la erosión superficial, proveen de hábitat y recursos para la biodiversidad agrícola asociada (organismos del suelo benéficos, plagas, patógenos y sus agentes de control), y mejoran los niveles de materia orgánica. (Moreira et al., 2012, p.237)

Altieri y Toledo, (2011), al referirse a la agroecología afirma que:

Adicionalmente la agroecología está aportando las bases científicas, metodológicas y técnicas para una nueva “revolución agraria” a escala mundial. Los sistemas de producción fundados en principios agroecológicos son biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, socialmente justos y constituyen la base de una estrategia energética y productiva fuertemente vinculada a la soberanía alimentaria (p.165).

En los últimos años, el estudio de la agricultura se ha venido desarrollando, considerando fundamentalmente áreas del conocimiento altamente especializado, tratando de profundizar en cada problema que tiene relación con la producción de los cultivos y a partir de ello manejar los sistemas de producción.

Desde esta óptica, muchas fincas con enfoque de producción convencional tienen la oportunidad de cambiar su filosofía de producción por otra más sustentable a largo plazo y la agroecología es la ciencia que contribuye a cambiar este paradigma.

Vásquez (2013) menciona que: “Afortunadamente, en este milenio, científicos agroecológicos han desarrollado metodologías que facilitan el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en fincas que conlleve a la sostenibilidad y la resiliencia de sus agroecosistemas a largo plazo” (p.19).

Las metodologías y herramientas descritas fueron aplicadas en dos agroecosistemas en el municipio de El viejo del departamento de Chinandega, cuyo propósito fue caracterizar, identificar el nivel de sostenibilidad y diagnosticar el grado de complejidad de los diseños de dos agroecosistemas.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar la sostenibilidad agroecológica en dos agroecosistemas mediante el diagnóstico de los diseños, manejo y complejidad de la biodiversidad y el grado de sostenibilidad social, económica y ambiental.

2.2. Específicos

1. Caracterizar de los componentes productivos y la funcionalidad del diseño presente en dos agroecosistemas
2. Diagnosticar el grado de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en dos agroecosistemas.
3. Determinar el nivel de sostenibilidad social, económica y agroambiental en dos agroecosistemas.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. La agroecología

Al referirnos a la agroecología, podemos referir que:

La agroecología es una disciplina científica que se basa en aplicar conceptos y principios ecológicos con el fin de optimizar las interacciones entre las plantas, los animales y es un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción. Como movimiento social, persigue papeles multifuncionales para la agricultura, promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las zonas rurales. (FAO, 2020, p. 3)

Al referirse a la agroecología CII-ASDENIC (2016) menciona que:

El término nace en América Latina en los años 80, y se nutre de los movimientos ecologistas que surgen en los 60, con el objetivo de promover formas de producción y consumo alternativas al sistema agroindustrial imperante para acabar con la crisis ecológica y social. Se basa en la búsqueda de alternativas para el manejo de los recursos naturales a través de la capacitación y la investigación participativa, e integra ciencias como la ecología, la sociología, agronomía, antropología y política, entre otras. Se puede entender la soberanía alimentaria como la dimensión política de la agroecología (p.4).

3.2. Principios de la agroecología

El diseño de tales sistemas está basado en la aplicación de los siguientes principios ecológicos:

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.

- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves. (Altieri y Toledo 2011, p.29)

3.3. La biodiversidad en los agroecosistemas

Al hablar de la biodiversidad en los agroecosistemas podemos decir que:

En los agroecosistemas hay una gran biodiversidad presente que incluye componentes tan variados como son árboles, cultivos, vegetación espontánea, artrópodos, macro y microorganismos asociados, así como los factores de situación geográfica, climáticos, edáficos, humanos y socioeconómicos. (Altieri y Nicholls, 2009, p.246)

Hablando en general “el grado de biodiversidad en los agroecosistemas depende de cuatro características principales del agroecosistema” (Gutiérrez y Altamirano, 2016, p.13), estas son:

- i. La diversidad de la vegetación dentro y alrededor del agroecosistema.
- ii. La permanencia de los diversos cultivos del agroecosistema.
- iii. La intensidad del manejo.
- iv. El grado de aislamiento del agroecosistema de la vegetación natural.

Hablando un poco sobre el tema de la clasificación de los elementos de la biodiversidad en los agroecosistemas expuesto por (Altieri y Nicholls, 2009) quienes sostuvieron que “los elementos de biodiversidad de los agroecosistemas se pueden clasificar según el papel que desempeñan en el funcionamiento de los sistemas de cultivo. De acuerdo con esto, la biodiversidad agrícola se puede agrupar de la siguiente manera” (p.248).

1. Biota productiva: cultivos, árboles y animales elegidos por los agricultores, que desempeñan un papel determinante en la diversidad y complejidad del agroecosistema.
2. Biota beneficiosa: organismos que contribuyen a la productividad a través de polinización, control biológico, descomposición, entre otros.
3. Biota destructiva: vegetación espontánea, insectos plagas, microorganismos patógenos, entre otros.

3.4. Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

Altieri & Nicholls (2000) mencionan que:

El comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus componentes. Las interacciones potenciadoras de sistemas son aquellas en que los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente. La biodiversidad puede subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (p.19).

3.5. Manejo agroecológico

Es un proceso productivo donde se aprovechan al máximo los recursos locales y la sinergia de los procesos a nivel de agroecosistema: su estrategia es el manejo del sistema de producción o la finca, utiliza prácticas que favorecen su complejidad (agroforestería, silvopastoriles, policultivos). Adopta el control biológico, la biofertilización y la nutrición orgánica de manera óptima.

3.6. Manejo convencional

La agricultura convencional es la más extendida, todo ello, gracias al uso intensivo de maquinaria agrícola y de agroquímicos, esto responde que a través de las técnicas convencionales es posible realizar una explotación agrícola con grandes niveles de productividad. En este sentido, la agricultura convencional cuenta con la capacidad de obtener grandes producciones, por eso se le atribuye la ventaja de satisfacer elevadas demandas de alimentos, a la vez que requiere una mayor fuerza de trabajo.

3.7. La calidad y salud de los suelos

Al referirnos a los organismos del suelo, podemos referir que:

El edafón comprende la totalidad de los organismos del suelo, tanto la flora y la fauna en su forma macro y micro. “Solamente las bacterias y actinomicetos aportan dos tercios del carbono del suelo. Las bacterias viven como promedio media hora, forman colonias y son increíblemente móviles. Su rápido ciclo de vida y su enorme actividad metabólica mejoran la estructura del suelo, facilitan la movilización de compuestos a base de fósforo y hierro, difícilmente solubles.” (Kolsman, y Vásquez, 1999.p.8)

Al hablar de la calidad y salud de los suelos podemos afirmar que:

Es la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico (generado por el hombre), para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la polución del agua y del aire, favorecer la salud y la habitación del hombre. Enfoca en forma integral los efectos que pueden tener sobre el suelo los diferentes usos y las actividades tecnológicas (erosión, salinización, acidificación, pérdida de materia orgánica, contaminación química). Lo novedoso de este concepto es que calidad aquí no es sinónimo de producir, es decir el suelo de mejor calidad es el que produce cultivos de alta calidad, sino se considera al suelo como parte del sistema ecológico, en el que interactúa y afecta a otras partes. (Acton y Gregorich 1995.p.10)

Doran et al (1994) menciona que:

Los indicadores de calidad y salud son todas las propiedades positivas y negativas determinantes de la función y utilización del suelo, en arreglo a la productividad y a la calidad ambiental. Estos indicadores se seleccionan según el uso de la tierra (agrícola, ganadera, forestal, urbanos) y entre ellos se encuentran la acidez, salinidad, actividad microbiana, erosión, contenido de humedad, infiltración. La calidad y salud se mantiene mediante el cuidado del suelo, término propuesto por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. Es un conocimiento para que productores, técnicos, políticos y el ciudadano puedan trabajar para salvaguardar y preservar las tierras, para las futuras generaciones, usándolas en forma sostenible (p.8).

3.8. Sostenibilidad

Según Gliessman (2013) al referirse a la sostenibilidad afirma que:

En una forma general la sostenibilidad es una versión del concepto de rendimiento sostenido es decir la condición o capacidad de cosechar a perpetuidad cierta biomasa de un sistema que tiene la capacidad de renovarse por si mismo o que su renovación no está en riesgo (p.11).

En su estudio Gliessman (2002) menciona que:

La sostenibilidad se puede alcanzar mediante prácticas de cultivo basadas en el conocimiento adecuado y profundo de los procesos ecológicos que suceden tanto en las parcelas de producción como en el contexto. Con estas bases podemos enfocarnos hacia los cambios sociales y económicos que promueven la sostenibilidad en todos los sectores del sistema alimentario (p.12).

Según Castro (2012):

Consideró que los agroecosistemas más sostenibles son aquellos que presentan características con mayor eficiencia en el uso de fertilizantes orgánicos, ligado a esto la calidad del suelo y por tanto los rendimientos y la calidad de la cosecha, con lo anterior, los Productores pueden reducir los costos de producción y mejorar sus estilos de vida mientras mantengan o mejoren la producción y calidad (p.30).

Katlyn et al., (2013) “Propone estudiar la sostenibilidad de los medios de vida analizada en lo referente a la pobreza, inseguridad alimentaria y la ausencia de acceso a recursos, siendo la inseguridad alimentaria un indicador de inestabilidad e insostenibilidad” (p.459).

Altieri & Nicholls (2000) mencionan que “La sostenibilidad es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la productividad a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas. La productividad de los sistemas agrícolas no puede ser aumentada indefinidamente” (p.24).

Torrez (2019) en su estudio menciona que:

HESOFI se compone de tres niveles de análisis. El primer nivel de análisis integra los criterios o dimensiones de la sostenibilidad (socio-político-cultural, económico y agro-ambiental) y permite tener una visión del agroecosistema. El segundo nivel de análisis engloba los componentes de cada criterio de la sostenibilidad en un nivel intermedio de análisis, que permite una mejor diagnosis de la sostenibilidad del agroecosistema. El tercer nivel está formado por los indicadores de cada componente que permiten evaluar la situación de campo (p.12).

3.9. Reconversión

Al referirse a la reconversión CII-ASDENIC (2016) menciona que:

Pasar de un sistema de manejo agrícola convencional-basado en el empleo sostenido de agroquímicos-para un sistema agroecológico no es una tarea de un día. La transición de un sistema a otro es un proceso paulatino que requiere conocimiento y asesoría para llevar adelante una serie preestablecida de pasos y condiciones de manejo ecológico de los suelos, las plantas y de la vida animal que se conjugan en una plantación. Así pues, la conversión ecológica es la transformación gradual de una unidad de producción agrícola para restaurar el sistema de fertilidad natural hasta cumplir con todas las 7 normas de agricultura orgánica (p.7).

3.10. Principios flujo de energía y materia en los ecosistemas

Al hablar del flujo de energía podemos afirmar que:

La energía almacenada por las plantas se mueve a través del ecosistema en una serie de etapas en los que los organismos comen y son comidos denominada la cadena trófica. La cadena trófica no es lineal, los recursos se comparten al inicio de la cadena, la misma planta sirve de alimento para una serie de mamíferos e insectos y el animal sirve de alimento a varios depredadores, de este modo la cadena trófica se conecta para formar una red trófica cuya complejidad varía entre ecosistemas y dentro de ellos. (CII-ASDENIC 2016, P.10)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y fecha del estudio

El estudio se llevó a cabo en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, de Agosto 2020 hasta marzo 2021 (Figura 1), este se encuentra localizado en el extremo noroccidental del país, ubicado a 139 kilómetros de la capital Managua, limita al norte con el Golfo de Fonseca y el municipio de Puerto Morazán, al sur con el Océano Pacífico, al este con los municipios de Chinandega y El Realejo y al Oeste con el Océano Pacífico, su posición geográfica es de $12^{\circ} 40''$ latitud norte y $87^{\circ} 10''$ longitud oeste, con una altura aproximada de 43 metros sobre el nivel del mar, cuenta con una población total de 83,856 habitantes, con un clima de sabana tropical y una temperatura promedio de 24°C . (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2002. P.4).

Las coordenadas de la finca Pantaleón son $12^{\circ}66.13'53''$ latitud norte y $87^{\circ}24.97'21''$ longitud oeste y La finca Hermanos Rivas $12^{\circ}63.52'29''$ latitud norte y $87^{\circ}21.14'46''$ longitud oeste, en las fincas se encuentran establecidos rubros de granos básicos (maíz y frijoles), caña de azúcar y ganado bovino y especies menores (gallinas y patos).

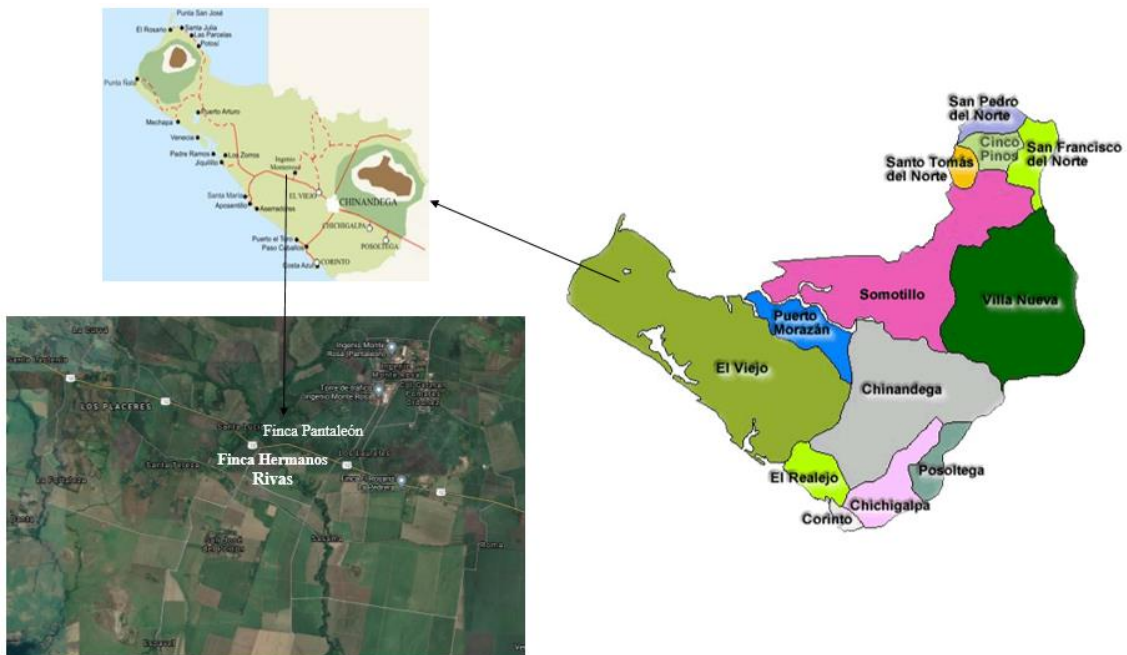


Figura 1. Mapa de ubicación de las fincas Hermanos Rivas y Pantaleón, El Viejo, Chinandega, 2020-2021.

4.2. Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación para la evaluación agroecológica de los dos agroecosistemas considerando indicadores ambientales, económicos y sociales es mixto (cualitativo y cuantitativo) y no experimental, cuyo diseño metodológico es descriptivo y correlacional del tipo transeccional.

Hernández et al (2014) definen que

Los estudios descriptivos son los que describen los hechos como son observados y los correlacionales estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes, se estudia la correlación entre dos variables. Estos autores definen a la investigación no experimental, según la temporalización, que pueden ser transeccional o transversal: Es decir que es un diseño de investigación que recolecta datos de un solo momento y en un tiempo único. El propósito del método es describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (p.9).

4.3. Consulta con los productores.

En agosto del año 2020 se realizó visita a los propietarios de las fincas objeto de estudio, Santos Munguía y Amalia Rivas, el objetivo de esta visita es consolidar los permisos para realizar la investigación. Habiendo obtenido los permisos de los propietarios, a finales del mes de agosto de este mismo año se realizaron las entrevistas con los productores para la aplicación de las metodologías. En los meses siguientes se realizaron cambios a las bases de datos conforme proporcionaban nueva información los productores, hasta la consolidación de la base de datos final y la redacción del primer borrador del documento de tesis en marzo del 2021.

4.4. Manejo del estudio

El estudio se llevó a cabo en condiciones de verano en el mes de noviembre, en las que se encontró que la finca Pantaleón propiedad del productor Santos Munguía que por sus características de monocultivo tiene un manejo convencional, en cambio la finca Hermanos Rivas propiedad de la señora Amalia Rivas tiene un manejo mixto (convencional y agroecológico), estos se evidencian en la aplicación de biofertilizantes, abonos orgánicos, el uso de obras de conservación de suelo, rotación de cultivo y el mínimo uso de agroquímicos.

En la Figura 2 se muestra la línea de tiempo del proceso de elaboración del documento de tesis, desde la elección del tema o título hasta la elaboración del documento final.



Figura 2. Línea de tiempo del trabajo de investigación, 2020 – 2021.

4.5. Datos evaluados

Las variables que se describen a continuación son las que se utilizaron para el diagnóstico del cumplimiento de los diferentes indicadores que cuantifican los coeficientes de manejo de la biodiversidad, grado de complejidad de los diseños e índice de sostenibilidad en los dos agroecosistemas, con el propósito de comparar los resultados entre ambos.

4.5.1. Clima y suelo

Las variables del clima seleccionadas fueron temperatura y precipitación y las de suelo fueron los tipos de suelos presentes en los dos agroecosistemas esto con el propósito de caracterizar ambientalmente de cada una de las fincas.

4.5.2. Complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad

Con esta variable se pretende diagnosticar el nivel de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad en las fincas Pantaleón y Hermanos Rivas. Para ello se realizó un diagnóstico (tipo encuesta).

La determinación del grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad, en los dos agroecosistemas diversificados, se realizó a través de la metodología de Vázquez (2013a), (anexo 1), que tiene seis componentes, 64 indicadores y un Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB), que categoriza al agroecosistema en diferentes grados de complejidad de sus diseños y manejos de la biodiversidad (cuadro 1). El valor de cada indicador oscila en el intervalo cerrado de 0 a 4.

Cuadro 1. Indicadores y fórmula para calcular el componente y el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB)

| Componentes | Indicadores | Fórmula | CMB |
|--|--------------------|--|--|
| Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr) | 18 | $DMBPr = \frac{\sum (2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18)}{23}$ | Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) |
| Manejo y conservación del suelo (MCS) | 7 | $MCS = \frac{\sum (2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7)}{9}$ | |
| Manejo y conservación del agua (MCA) | 5 | $MCA = \frac{\sum (A1 + A2 + 2A3 + 2A4 + A5)}{7}$ | |
| Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) | 5 | $MISRPr = \frac{\sum (I1 + 2I2 + I3 + 2I4 + I5)}{7}$ | |
| Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) | 15 | $DMBAu = \frac{\sum (2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15)}{22}$ | |
| Elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) | 14 | $EBAs = \frac{\sum (As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6 + As7 + As8 + As9 + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14)}{16}$ | |
| CMB = $\frac{\sum (DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs)}{6}$ | | | |
| 6 | 64 | | 1 |

4.5.3. Grado de sostenibilidad

Con esta variable se pretende identificar el grado de sostenibilidad en las fincas Pantaleón y Hermanos Rivas. Para ello se realizó un diagnóstico (tipo encuesta), (Anexo 9), basado en la metodología de Favio Bertinaria (2016), llamada HESOFI en la que se presentan 71 indicadores, 12 componentes y 3 criterios, sociocultural, económicos y agroambiental.

4.5.4. Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad del Agroecosistema HESOFI

HESOFI es una herramienta de diagnóstico que permite adoptar estrategias encaminadas a mejorar la gestión sostenible de las explotaciones y apoyar los procesos de toma de decisiones de los productores.

Los componentes, número de indicadores y su valor respectivo se muestran por dimensiones o criterios (Cuadro 2).

Cuadro 2. Criterios o dimensiones, componentes y número de indicadores por componente de HESOFI

| Dimensiones o criterios | Componentes | Indicadores |
|----------------------------------|--|--------------------|
| Socio-político-cultural (100) | Bienestar (100/4) | 6 (25/6) |
| | Relaciones internas (100/4) | 6 (25/6) |
| | Relaciones externas (100/4) | 7 (25/7) |
| | Cultura y territorio (100/4) | 5 (25/5) |
| Sub Total | | 24 |
| Económica (100) | Desarrollo (100/2) | 5 (50/5) |
| | Eficiencia y dinamismo (100/2) | 8 (50/8) |
| Sub Total | | 13 |
| Agro-ambiental (100) | Biodiversidad (100/6) | 5 (16.7/5) |
| | Territorio (100/6) | 2 (16.7/2) |
| | Suelo y agua (100/6) | 7(16.7/7) |
| | Protección/defensa de cultivos (100/6) | 6 (16.7/6) |
| | Energía (100/6) | 2 (16.7/2) |
| | Crianza (100/6) | 12 (16.7/12) |
| Sub Total | | 32 |
| Σ 300 | Total, de Indicadores | 69 |

4.6. Análisis de los datos

Los datos de los componentes productivos y la funcionalidad del diseño presente en los dos agroecosistemas, la variable clima; se presentan en gráficos de barras elaborados usando el programa Excel.

La variable suelo; usando un mapa de clasificación de suelos del departamento de Chinandega, y para analizar los componentes del sistema se realizó un flujograma en cada finca.

El sistema se clasificó respecto al nivel de complejidad alcanzado por el diseño y el manejo de los elementos de la biodiversidad que se refleja mediante rangos los grados de complejidad de la Biodiversidad, que se pueden encontrar en las fincas al aplicar esta metodología. Donde cada indicador es calificado según esta escala y al final se suman los valores o grados de cada componente, se dividen entre el total de componentes evaluados y se halla el promedio, que es el resultado final y con este valor se clasifica el sistema de producción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nivel de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en el agroecosistema

| Coefficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) | Grados de complejidad |
|---|------------------------------|
| 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) |

La cuantificación del grado de sostenibilidad de los dos agroecosistemas diversificados se hizo a través de La Herramienta (HESOFI); elaborada por Bertinaria (2016), que contiene indicadores con puntaje, esto permite una comparación numérica que pone en relación con uno o diferentes agroecosistemas en diferentes ambientes.

HESOFI se compone de tres niveles de análisis. El primero integra los criterios o dimensiones de la sostenibilidad (socio-político-cultural, económico y agroambiental), este permite tener una visión del agroecosistema. El segundo nivel engloba los componentes de cada criterio de la sostenibilidad en un nivel intermedio, que permita un mejor diagnóstico de la sostenibilidad de la finca. El tercero está formado por los indicadores de cada componente que permite evaluar la situación de campo.

Esta herramienta metodológica determinó tres niveles de índices. El primer nivel corresponde al agroecosistema. Este se determinó haciendo la relación de la sumatoria de los valores reales de cada dimensión entre la suma de los valores máximos teóricos de cada dimensión ($300=100+100+100$) por cien. El segundo nivel corresponde a los componentes de cada dimensión, se estima al dividir el valor real de cada componente entre el valor teórico de cada componente por cien. El último nivel corresponde a cada indicador, se divide el valor real del indicador entre su valor teórico por cien. Basados en estos resultados se categoriza el nivel de sostenibilidad como bueno si el valor del índice oscila entre 80 y 89%, como muy bueno si oscila entre 90 y 95%, excelente entre 96 y 99% y óptimo 100%. Los índices de sostenibilidad con valores inferiores al 80% no son considerados aceptados.

Finalmente, los resultados de Bertinaria (2016) y Vasques (2013) se presentan en gráficos de barras y radiales; elaborados a través del programa EXCEL.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón

La caracterización de los sistemas es importante porque permite conocer su condición actual y tendencia ya que el sector agropecuario de nuestro país ha estado sujeto a importantes procesos de intensificación y especialización, cambios que levantan interrogantes sobre la sustentabilidad social, económica y ambiental en el mediano y largo plazo.

5.1.1. Climograma del departamento de Chinandega año 2020

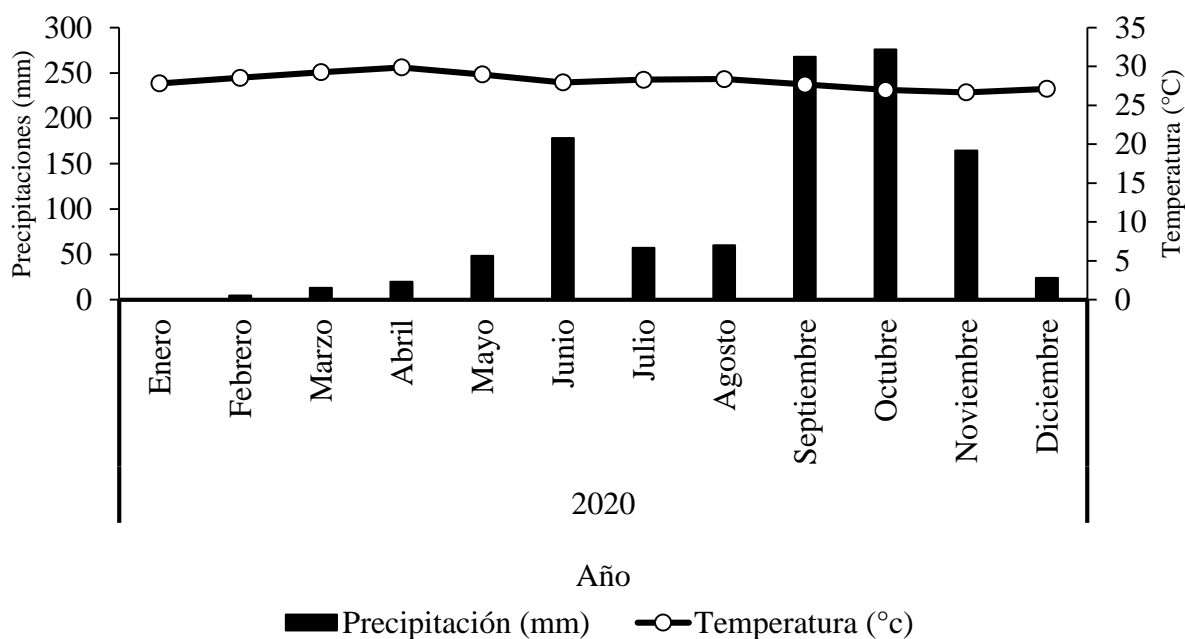


Figura 3. Precipitación y temperatura media mensual perteneciente a El viejo Chinandega, 2020.

La Figura 3 nos muestra de una manera más detallada e ilustrativa la interpretación de los datos obtenidos en el año 2020 con respecto a la temperatura y las precipitaciones de la localidad seleccionada. La temperatura se marca con la línea continua horizontal que sube y baja; las barras muestran las precipitaciones mensuales de cada año.

En el año 2020 se registraron meses con presencia de lluvias, entre ellos junio, octubre siendo el que registró más lluvias y septiembre. Ese año la precipitación acumulada fue de 1 470.7 mm de agua lluvia.

Se presenció canícula benigna (<15 días) en los meses de julio y agosto con días donde llovió menos de 3mm de agua.

Se obtuvieron rangos altos de temperatura donde sobresalen los meses de marzo y abril con temperaturas medias de hasta 30 grados Celsius, con altas de hasta 37- 38 grados Celsius y mínimas de 25 grados Celsius en la madrugada.

Con estas condiciones de temperatura y precipitaciones los cultivos dieron buenos resultados debido a las condiciones climáticas que se presentaron en el año 2020. Muchos cultivos como el maní y plátano se desarrollan y alcanzan todas sus etapas fenológicas sin complicaciones con esas dos variables (precipitaciones y temperatura), siempre que no haya plagas que lo ataquen. Cultivos como la caña de azúcar, maíz y sorgo son cultivos que son más resistentes a condiciones secas, pero se adaptan a las condiciones de la zona.

Bajo estas condiciones climáticas todos los cultivos nativos de la zona se pueden desarrollar de forma eficiente y tener un ciclo agrícola normal.

5.1.2. Suelo

Suelos del departamento de Chinandega

Arévalo et al (2008) menciona que:

En general son suelos derivados de ceniza volcánica, porosos, bien estructurados, con alta afinidad por la materia orgánica. Estos suelos varían en la profundidad efectiva, limitados por roca o lava consolidada conocida comúnmente como talpetate. La profundidad del suelo varía con la distancia desde el volcán, presentando suelos muy superficiales más cerca del volcán y profundos a mayor distancia y son suelos muy susceptibles a erosión (p.10).

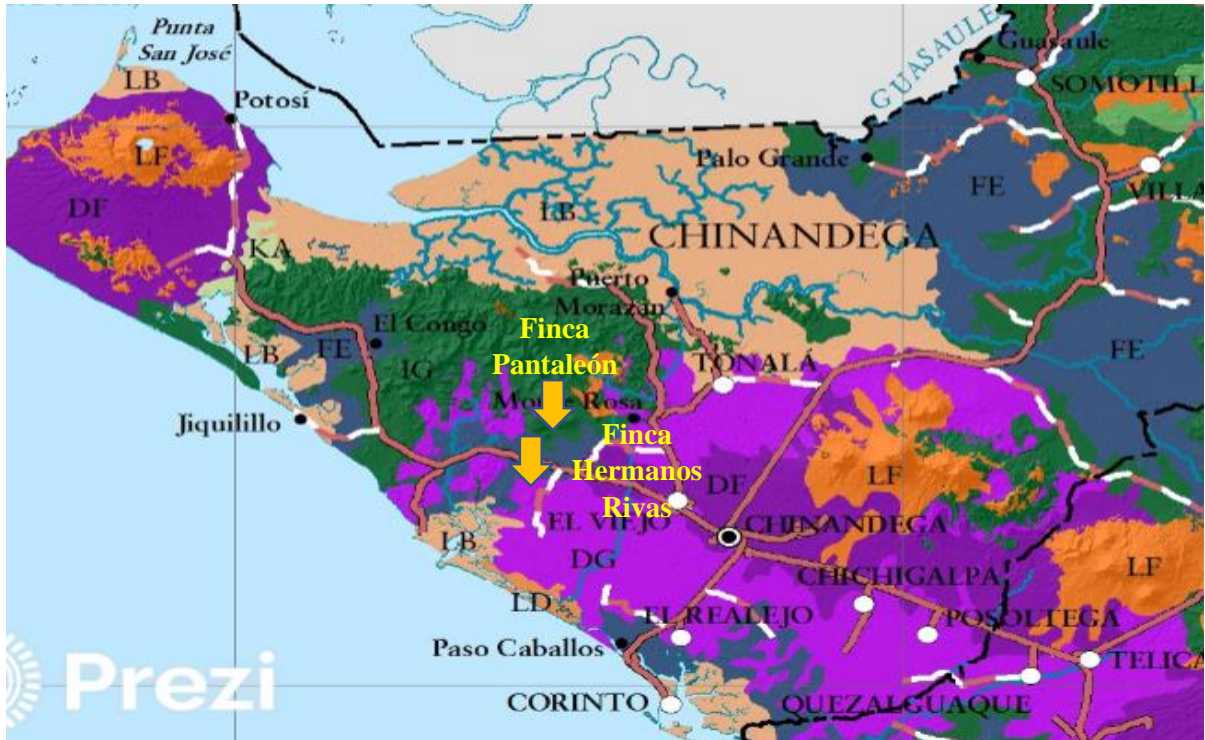


Figura 4. Mapa de clasificación de los suelos de Chinandega, Nicaragua (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015).

Taxonomía del suelo

En el Cuadro 4 se muestra la taxonomía de suelo entre las cuales se encuentran los tipos de suelo de los dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón).

Cuadro 4. Taxonomía de suelos de Nicaragua (MAG, MARENA, UNA, INAFOR, INETER, 2015)

| Orden y suborden de suelos | |
|----------------------------|---|
| ENTISOLES | |
| LB | Saturados con agua todo el año |
| LD | Suelos arenosos en todo el perfil |
| LE | Suelos formados a partir de sedimentos de río |
| LF | Suelos en laderas escarpadas de poco espesor |
| ANDISOLES | |
| DF | De texturas arenosas con presencia de vidrios volcánicos |
| DG | Permanecen secos más de 90 días consecutivos a lo largo del año |
| INCEPTISOLES | |
| IG | Permanecen secos más de 90 días consecutivos a lo largo del año |
| IH | Permanecen húmedos más de 90 días consecutivos en el año |
| IB | Se saturan con agua durante épocas de lluvia |

Los suelos del agroecosistema Hermanos Rivas pertenecen a la clasificación (DG) de color morado que son denominados andisoles, estos se caracterizan por ser suelos porosos con alta capacidad de infiltración de agua al manto acuífero (Figura 4). Pineda (2021) Menciona que “estos se originan a partir de la descomposición de las cenizas volcánicas, así como a partir de otros materiales piroclásticos, de colores oscuros, siendo altamente porosos, ligeros, permeables de buena estructura y fácil de trabajar”. Estos suelos pueden permanecer secos por más de 90 días consecutivos al año ya que están definidos por el régimen de humedad del suelo, estos están distribuidos en climas del trópico seco del país y están ubicados principalmente en la región del pacifico de Nicaragua, su uso está basado en el alto potencial productivo haciendo posible la producción de cultivos como granos básicos, maní y caña de azúcar.

El agroecosistema Pantaleón presentó suelos que pertenecen a la clasificación (IG) de color verde, estos suelos son típicos de pastizales los cuales presentan un horizonte superficial fértil de al menos 25 cm de espesor, con un color pardo oscuro a negro (Figura 4). Estos están enriquecidos por los altos contenidos de materia orgánica, son suelos suaves, estructurados, no son duros ni masivos cuando secos. Poseen una alta fertilidad natural. Al igual que el agroecosistema Hermanos Rivas estos suelos están caracterizados por poder permanecer secos por más de 90 días consecutivos durante el período lluvioso lo que hace difícil que se cultiven en período de secano debido a que dependen de la distribución de la lluvia y no retienen suficiente agua en el período de desarrollo del cultivo, estos suelos están ubicados dentro de la región central del país.

5.2. Flujogramas de las fincas

En la Figura 5 y 6, se muestran las principales entradas que obtienen las fincas las cuales son: Las naturales (radiación solar, precipitaciones, CO₂, O₂ y humedad relativa), capital, mano de obra (Jornales), insumos (combustible, fertilizantes, medicamentos y veterinarios), equipos y materiales (machetes, palas, entre otros).

Los flujogramas cuentan con diversas interacciones, entre las más importantes están: La de producción agrícola, y algunos árboles maderables.

Dichos flujogramas presentan las siguientes salidas: Venta de semilla, abonos orgánicos, venta de plántulas, venta de lechones, caña de azúcar, y hortalizas.

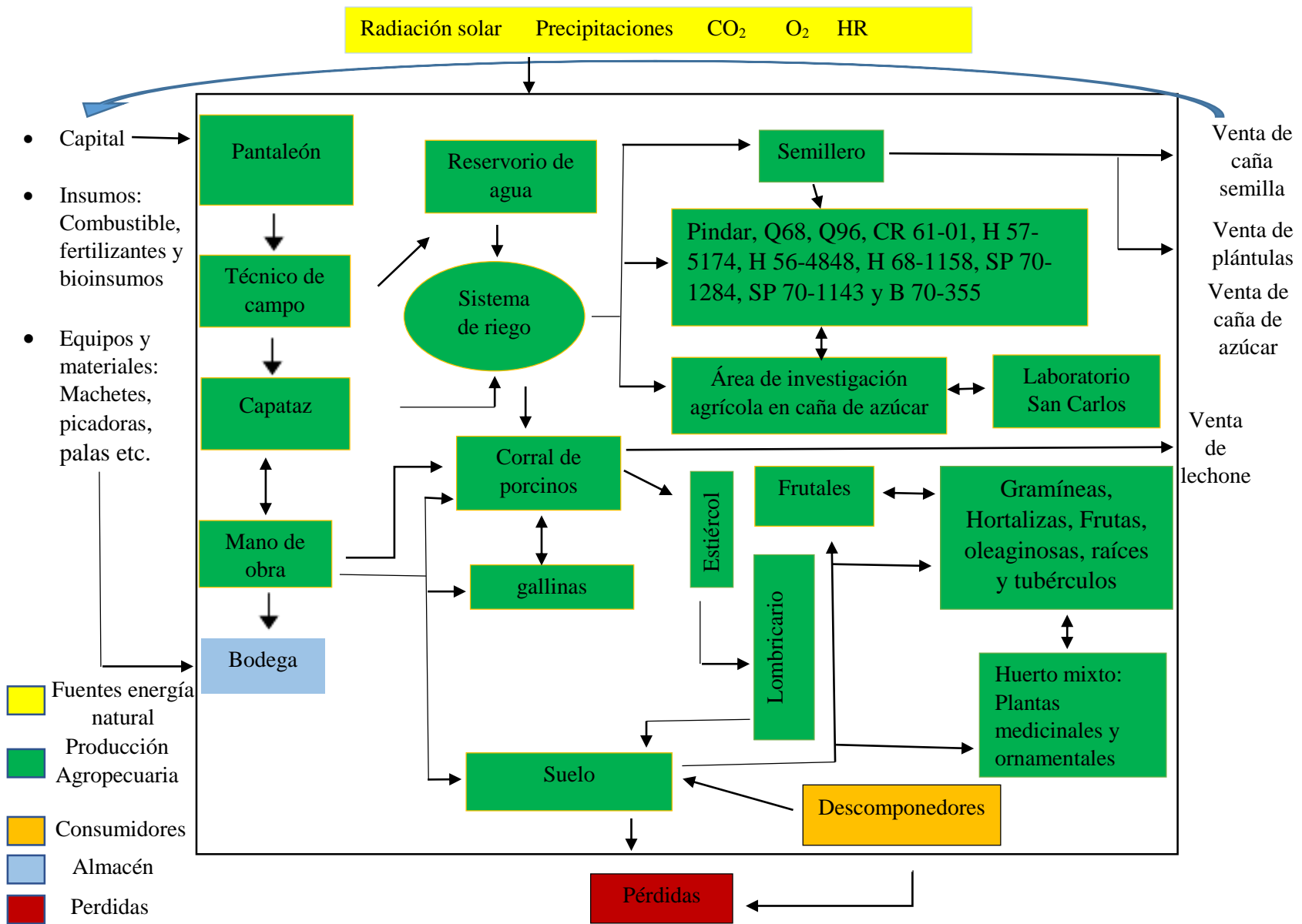


Figura 5. Flujograma del agroecosistema Pantaleón, 2020 – 2021.

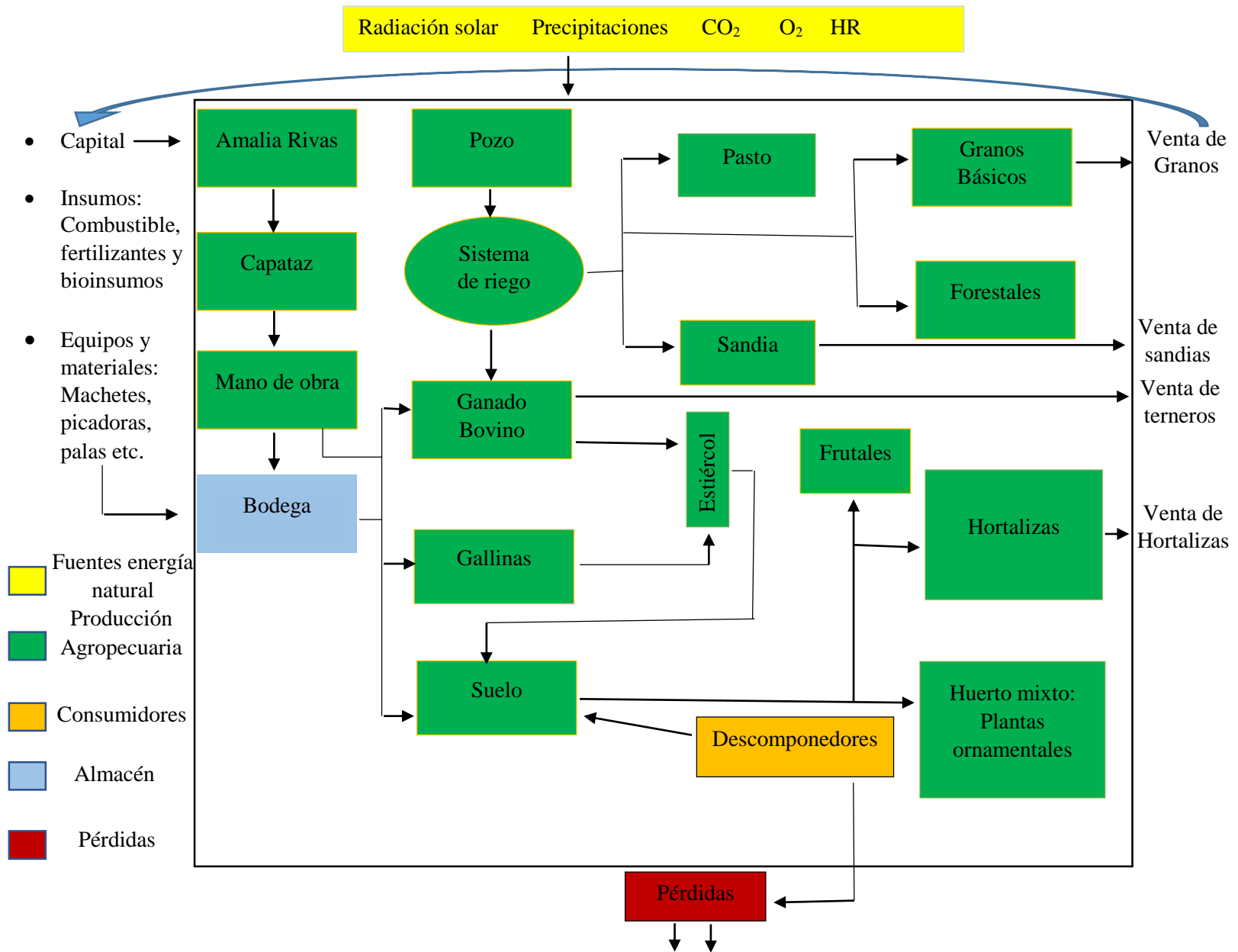


Figura 6. Flujo de energía y materia del agroecosistema Hermanos Rivas, 2020 – 2021.

En el Cuadro 5 se detallan los rubros que componen los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón, además se detalla el área en la que está establecido cada rubro en los sistemas.

Cuadro 5. Rubros que componen los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón, El viejo, Chinandega 2020 – 2021

| Rubros que componen los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón | | | |
|---|--------------|-----------------------------|---------------|
| Hermanos Rivas | | Pantaleón | |
| Rubro | Área (ha) | Rubro | Área (ha) |
| Granos básicos | 7 | Caña de azúcar | 180 |
| Pasto | 0.7 | Forestales | 40 |
| Sandia | 2 | Porcino | 0.2 |
| Ganado bovino | 0.77 | Hortalizas | 5 |
| Gallineros | 0.5 | Gallineros | 0.77 |
| | | Huerto mixto ornamentales y | |
| Forestales | 4 | medicinales | 0.15 |
| Pastoreos | 2 | Semillero | 10 |
| Frutales | 2 | Lombricario | 0.15 |
| Ornamentales | 0.25 | | |
| Hortalizas | 1.5 | | |
| Totales | 20.72 | | 236.27 |

5.3. Diagnóstico de los diseños y manejo de la biodiversidad de los agroecosistemas

En los resultados expuestos por Rodríguez et al., (2017) menciona que:

En Nicaragua, se han publicados resultados de la aplicación de la metodología de Vázquez (2013) en diferentes zonas agroecológicas y agroecosistemas con café, granos básicos y con ganado bovino con el propósito de determinar sus diseños y manejos de la biodiversidad (p.17).

5.3.1. Diseños y manejo de la biodiversidad productiva

El valor del componente de los diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr), es superior en el agroecosistema Hermanos Rivas (1.91); debido a que de los dieciocho indicadores, dos de ellos alcanzan el valor óptimo (4) y seis indicadores tienen un valor de 3 (Figura 7).

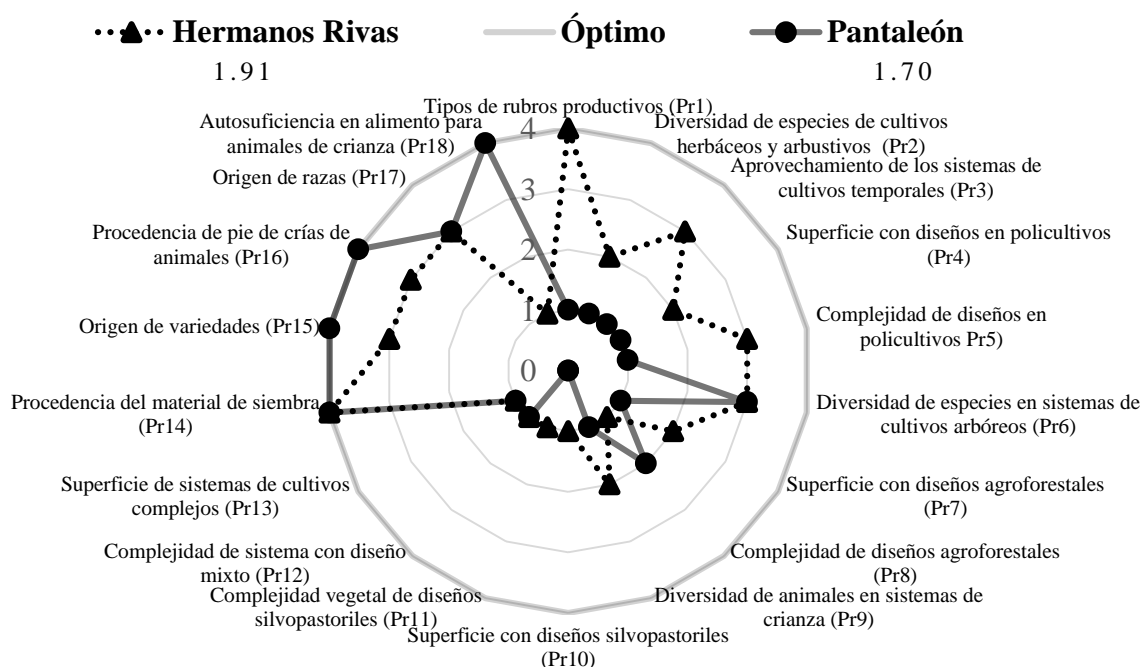


Figura 7. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón, El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021.

Vázquez et al., (2014) en su estudio menciona que:

La biodiversidad productiva (Anexo 2), es la biota introducida que se planifica y se cultiva o cría con fines económicos, donde se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; la procedencia y origen del material genético que se utiliza (p.158).

El productor ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales con una diversidad de especies de cultivos tales como, plátano y guineo (*Musa spp.*), frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.) maíz (*Zea mays* L.), pipián (*Cucurbita moschata* L.), ayote (*Cucurbita sp.*) y 5 especies de árboles, cuyas funciones son frutales, medicinales y maderables. Tiene cerdos, ganado bovino y aves de corral (gallinas criollas), con diseños de policultivos de más de cuatro especies asociadas o intercaladas.

El agroecosistema cuenta con sistemas agroforestales en más del 45 % del área con una complejidad de diseños mixtos aprovechando la mayoría de los espacios disponibles en el agroecosistema.

En el agroecosistema Pantaleón el valor del componente de los diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr), es inferior (1.70); cuatro de los 18 indicadores están en su valor óptimo (4) y 1 de ellos alcanzan un valor de 3. Esto se debe a que se tiene el agroecosistema con, plátano y guineo (*Musa spp.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) maíz (*Zea mays L.*), pipián (*Cucurbita moschata L.*), ayote (*Cucurbita sp*) y 6 especies de árboles, cuyas funciones son frutales, medicinales, aromáticos y maderables.

En el sistema agroforestal se encontraron especies arbóreas maderables, cuyas funciones son energéticas, cercas vivas, cortinas rompe vientos, sombra, alimento para ganado y manejo del bosque.

Vázquez y Simonetti (2013), describen que:

Los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejos, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y esto puede o no beneficiar los cultivos (p.2).

Aquellos agroecosistemas con diseños donde integran los componentes de plantas y animales con el ambiente buscan aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y auto regulatoria de los agros ecosistemas (Márquez, 2013, p.34).

5.3.2. Manejo y conservación del suelo

Carrasco y Riquelme (2003) afirman que:

Las técnicas de conservación de suelo y agua (Anexo 3), son aquellas actividades que se ejecutan para evitar las pérdidas de los suelos por causa de la erosión, son muy diversas y deben ser seleccionadas en función de la pendiente del terreno, del largo de ella, de la vegetación existente en cada lugar y del costo y obedecen a tres principios fundamentales; favorecer la cobertura vegetal del suelo, mejorar la infiltración del agua y reducir o evitar que ella escurra sobre la superficie (p.47).

La Figura 8 muestra los indicadores del componente manejo y conservación de suelo (MCS) conforme lo establecido en la metodología (anexo 3) que los productores realizan en sus agroecosistemas.

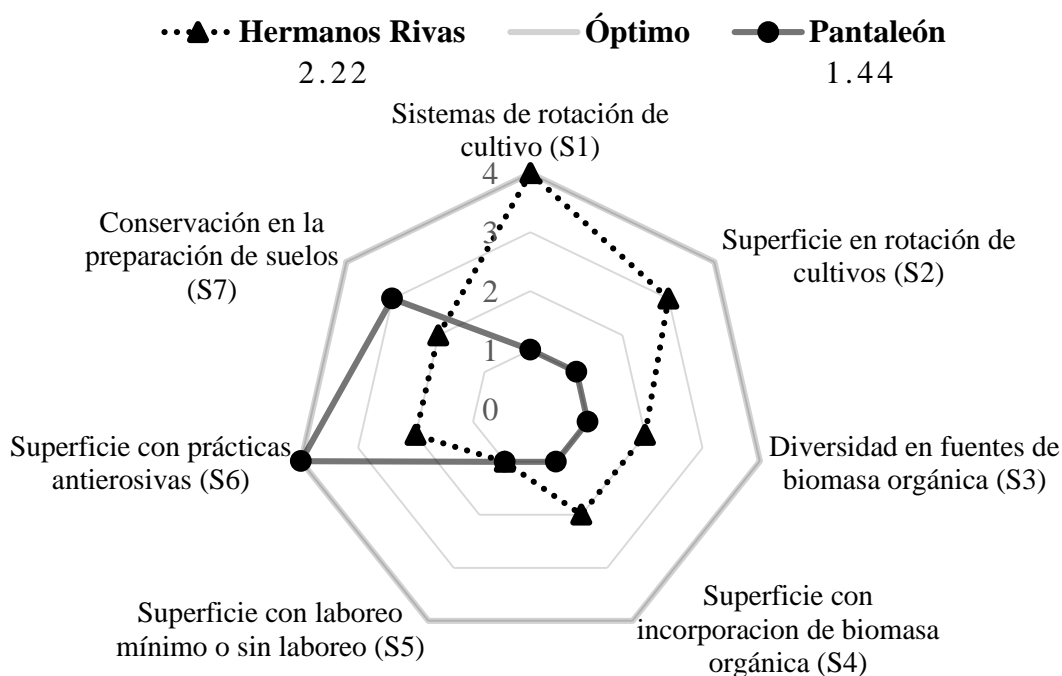


Figura 8. Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021.

En el agroecosistema Hermanos Rivas por su manejo cuenta con mejor conservación de suelo. Adicionalmente cuenta con superficie para rotación de cultivos en granos básicos (maíz, frijol común), durante el año. Cuenta con prácticas anti erosivas como barreras vivas y muertas, con una diversidad de fuente de biomasa orgánica. El agroecosistema Pantaleón realiza rotación de cultivos, pero en mínima superficie y tiene superficies con prácticas antierosivas, el realizar rotación de cultivo en poca superficie hace más vulnerable y frágil a este agroecosistema referente al de los Hermanos Rivas.

Altieri y Nicholls (2013), afirma que:

El manejo de los cultivos de cobertura y los abonos verdes mejoran la cobertura del suelo protegiéndolo de la erosión, pero lo más importante, adicionan biomasa, la que a su vez contribuye a un mayor nivel de materia orgánica en el suelo (p.14)

En ambos agroecosistemas, Hermanos Rivas y Pantaleón, de los siete indicadores del manejo y conservación de suelo, dos de ellos son similares en su punto óptimo (4); en la forma de preparación y conservación del suelo, ya que ambos productores realizan laboreo mínimo o sin laboreo, utilizando herramientas como el espeque y macana que provocan poca perturbación en el suelo.

5.3.3. Manejo y conservación del agua

Para la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola (FHIA, 2004):

La conservación de suelo y agua (Anexo 4), consiste en aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Con las técnicas de conservación de suelos se reduce o elimina el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y con esto, la buena producción de los cultivos (p.1)

En la Figura 9 se muestra el manejo y conservación del agua (MCA) en ambos agroecosistemas. Los productores cuentan con superficies bajo sistemas de riego, con sistemas de riego, realizan manejo del drenaje y sistema de drenaje debido a que la estación lluviosa es de siete meses en el año y lo consideran necesario porque los meses que no llueve son muy severos para las plantas provocando un fuerte déficit hídrico a los vegetales.

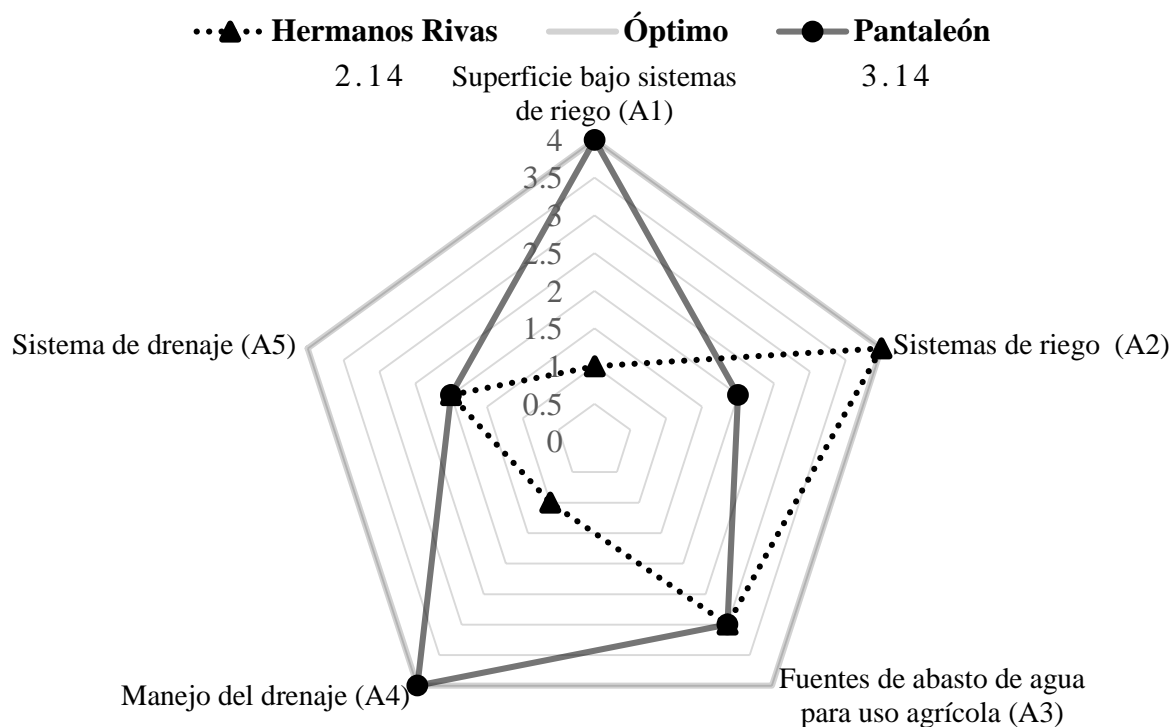


Figura 9. Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021.

En el caso del agroecosistema Hermanos Rivas es recomendable aumentar las superficies bajo sistemas de riego, mejorar los sistemas de drenaje y su manejo.

Según el (CCRECRL, 2009):

La evaluación de las prácticas de conservación y manejo del agua requiere de indicadores más detallados, sea mediante estudios específicos o sistematizando experiencias de los productores u otros agricultores, ya que ésta tiene múltiples efectos sobre la biodiversidad en el agroecosistema. En el sector agropecuario se ha desarrollado una cultura de conservación y explotación sustentable de los recursos (p.9)

Se observan prácticas de manejo inadecuadas de los suelos, los cultivos y el agua; la erosión y el desperdicio de agua caracterizan la mayor parte del territorio de la entidad; incluso, se han abandonado y destruido muchas obras de conservación de suelos que se hicieron en décadas pasadas en lugar de mantenerlas y rehabilitarlas.

5.3.4. Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

En el agroecosistema Hermanos Rivas el valor del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos es de 2.29 (figura 10). Este productor realiza intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales, aprovechando parte de los recursos de su agroecosistema. Para el manejo de plagas y enfermedades elabora té de estiércol, insecticidas naturales y bocashi como fertilizante orgánico. Esto indica que el productor no es dependiente de insumos sintéticos. Desde la perspectiva agroecológica, lo ideal es ser cada vez menos dependientes de insumos externos, cuya finalidad es alcanzar la soberanía tecnológica. En este agroecosistema, el uso insumos biológicos contribuye a mejorar el estado agroecológico de la finca y a preservar las fuentes de agua sin contaminación por agroquímicos y aumentar la diversidad biológica en el suelo y el río de este sistema.

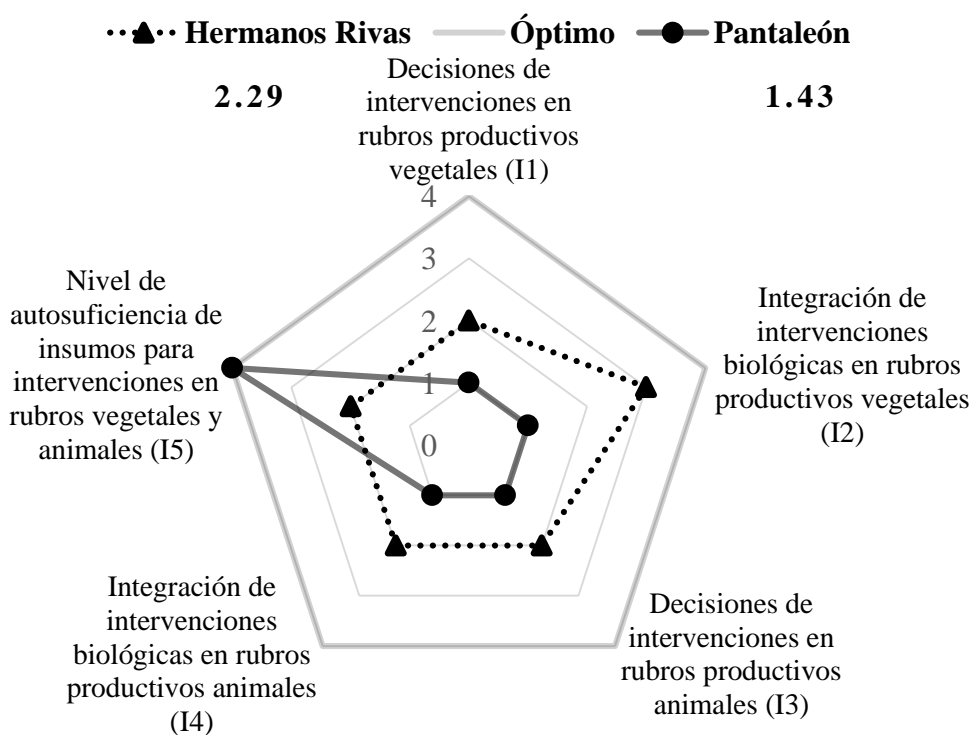


Figura 10. Manejo de las interacciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021.

Vázquez et al., (2014) afirma que:

El manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (Anexo 5), se refiere a productos y técnicas para reducir la incidencia de organismos nocivos a las plantas cultivadas y los animales de crianza, y para fortalecer su crecimiento y desarrollo. Los indicadores utilizados consideran la reducción de intervenciones, la integración de productos biológicos y de éstos, los que se obtienen en el propio agroecosistema (p.158)

Yong, (2010) En su estudio menciona que:

La diversidad en la agricultura ha demostrado ser una vía para proteger a los agricultores de plagas y enfermedades, por el contrario, el camino de la especialización y el monocultivo provocan el aumento de la contaminación, por el uso de agrotóxicos y fertilizantes y la degradación de recursos naturales, como consecuencia se asiste a un proceso acelerado de erosión genética de las especies cultivadas (p.1).

En el agroecosistema Pantaleón, el valor del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos es de 1.43 (figura 10).

El productor utiliza insumos biológicos en sus intervenciones sanitarias en los rubros productivos vegetales. Decide utilizar insumos biológicos en algunas intervenciones en rubros productivos animales, que es la aplicación de desparasitantes y vitaminas. Las decisiones de intervenciones en rubros productivos vegetales se han disminuido. Todo esto contribuye a que este productor sea menos dependiente de insumos externos, característica de una gestión agroecológica del agroecosistema por parte del productor.

En ambos agroecosistemas se realizan intervenciones biológicas en rubros productivos animales y se desparasitan y vitamina a bovinos, caballos y aves de corral.

5.3.5 Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar

En el agroecosistema Hermanos Rivas, el manejo de la biodiversidad auxiliar logra un valor de 1.73 (figura 11). De los 15 indicadores 1 obtienen el valor óptimo (4), mientras que éste, en el agroecosistema Pantaleón el valor es de 2.59, con cuatro indicadores en su valor óptimo (4).

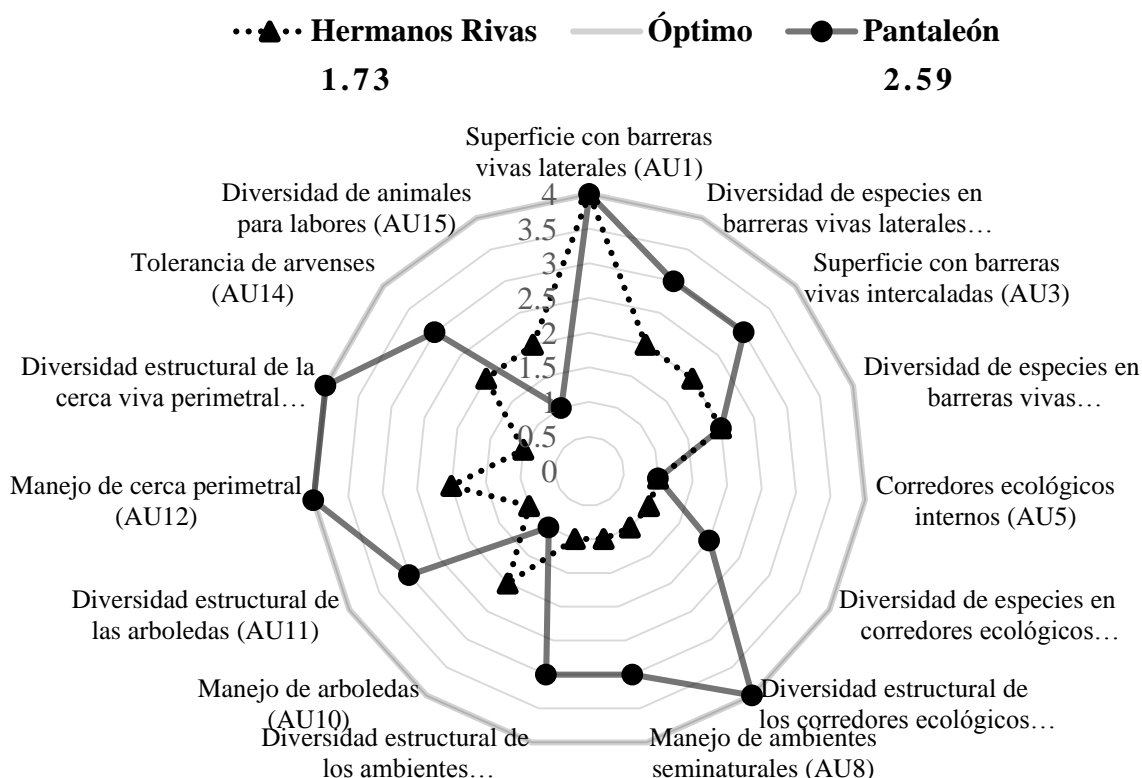


Figura 11. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DAMBAu) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021.

Vázquez et al., (2014) menciona que:

La biodiversidad auxiliar (Anexo 6), es la vegetación no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se maneja para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad. La vegetación auxiliar en un agroecosistema puede estar integrada por cortinas rompe vientos, cerca viva perimetral e internas, arboledas, ambientes seminaturales, corredores ecológicos internos y barreras vivas laterales e intercaladas en los agroecosistemas. Se considera la estructura de los elementos que la integran, así como la complejidad de los diseños y manejos que se realiza (p.160).

Esto nos indica, que el agroecosistema Pantaleón cuenta con diversidad de especies en barreras vivas laterales e intercaladas, con diversidad de especies y estructuras en corredores ecológicos internos en un grado menor, así como el manejo y diversidad estructural de ambientes seminaturales, manejo y diversidad estructural de arboledas, diversidad estructural de la cerca viva perimetral y tolerancia a las arvenses.

En el agroecosistema Pantaleón, los valores obtenidos en los componentes son más altos; cuenta con superficie con barreras vivas laterales, diversidad de especies en barreras vivas laterales, con superficie con barreras vivas intercaladas, con diversidad de especies en barreras vivas intercaladas, con manejo de ambientes seminaturales. Solamente cuenta con diversidad estructural de los ambientes seminaturales, diversidad estructural de las arboledas y tolerancia de arvenses y tiene poca diversidad de especies en corredores ecológicos internos.

Según Vázquez, (2013):

Los diseños y manejos de la vegetación auxiliar pueden contribuir a múltiples funciones como, por ejemplo, la cerca viva perimetral, que mediante su diseño agroecológico puede lograrse entre 10 -15 funciones. En la agricultura de sistemas de producción y las bases agroecológicas, la biodiversidad constituye un recurso natural esencial que se puede diseñar, planificar, y manejar por el propio agricultor para favorecer su conservación y los procesos ecosistémicos que contribuyan a la eficiencia del sistema de producción (p.39).

Altieri y Nicholls, (2013) Mencionan que:

Los sistemas donde se encuentran una alta diversidad de especies arbóreas permiten la capturar carbono, propicia resiliencia para enfrentar las variaciones climáticas. Los sistemas agroforestales tienen una alta complejidad estructural y que sirva como amortiguador frente a grandes fluctuaciones de temperatura, manteniendo así el cultivo principal más cerca a sus condiciones óptimas (p.11).

5.3.6 Estado de los elementos de la biodiversidad asociada

El agroecosistema Hermanos Rivas, el estado de los elementos de la biodiversidad asociada obtiene un valor de 2.63 (Figura 12). De los catorce indicadores, tres de ellos están en su valor óptimo (4) y 6 de ellos alcanzan un valor de (3). En el agroecosistema Pantaleón, éste logra un valor de 2.56 que tiene 3 indicadores en su valor óptimo y siete de ellos alcanzan un valor de (3).

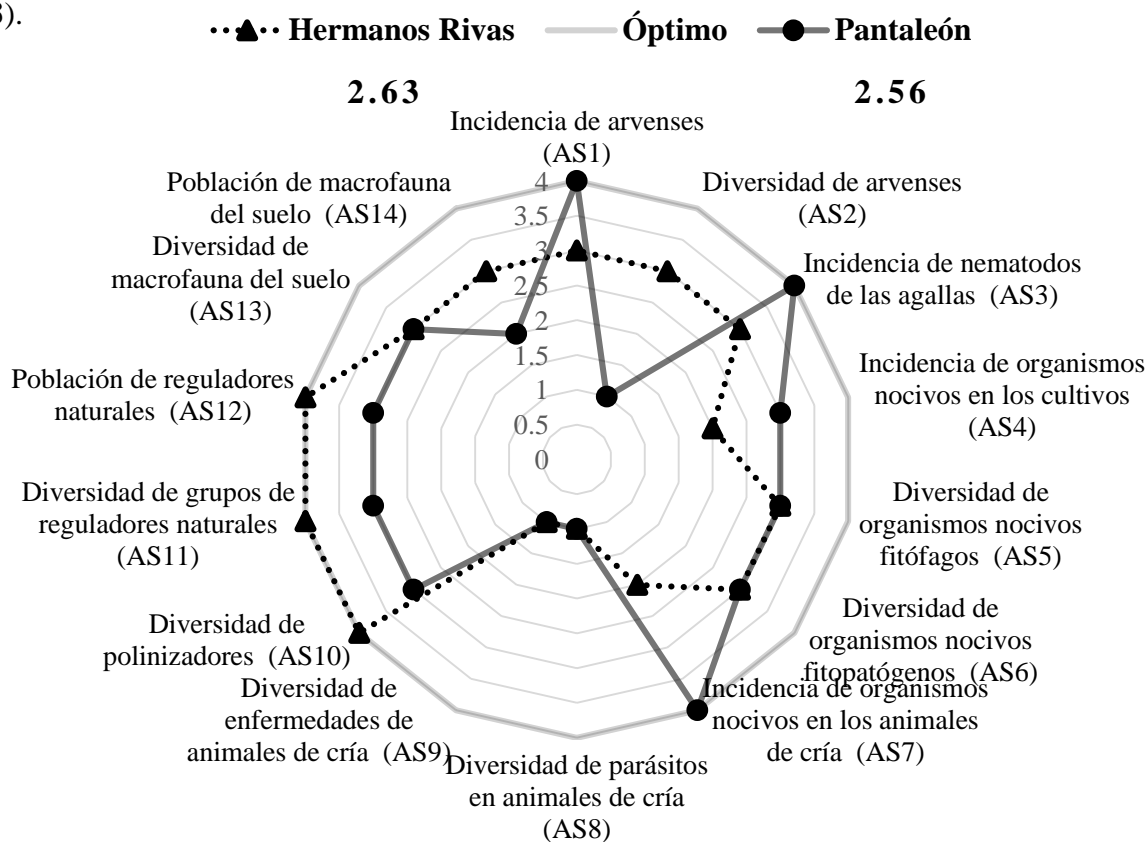


Figura 12. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021.

Vázquez et al., (2014) menciona que:

La biodiversidad asociada (Anexo 7), son los organismos, sean animales, vegetales y microorganismos, que se asocian a las plantas cultivadas y los animales de crianza, en unos casos con interacciones positivas y en otras negativas, representados por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. La biodiversidad asociada u organismos que influyen de manera directa, positiva o negativa, sobre el desarrollo fisiológico y la defensa de las plantas cultivadas (p.160).

El productor del agroecosistema Hermanos Rivas aprovecha la presencia de las arvenses por la diversidad que tiene como una forma de protección del suelo, son habitantes o alimento para muchos insectos por lo tanto hay menos incidencia de nemátodos de las agallas y organismos nocivos; existe más diversidad de organismos nocivos fitófagos por condiciones de humedad y acumulación de materia orgánica, así como la diversidad en macro fauna del suelo, de polinizadores y de grupos de reguladores naturales esto se debe a la gran variedad de plantas que existen en el agroecosistema.

El agroecosistema Pantaleón presenta muy buena diversidad de población de reguladores naturales, tiene una amplia diversidad de macrofauna de suelo y de polinizadores, y baja población de macrofauna del suelo, debido a que el productor aplica productos químicos sintéticos año con año, que se refleja en una alta diversidad de organismos nocivos fitófagos en la parte aérea de los vegetales.

Martínez y Vásquez (2013) ejemplifican que:

La diversidad y población o intensidad con que se manifiestan algunos elementos, pueden servir como referencia, sobre todo los que son organismos nocivos, sus reguladores naturales y la macrofauna del suelo, que pueden considerarse como representativos por su nivel de interacción con los rubros productivos (p.66).

5.3.7 Coeficiente del manejo de la biodiversidad

El coeficiente del manejo de la biodiversidad (Anexo 8), permite clasificar al agroecosistema con respecto a la complejidad alcanzada de sus diseños y manejo de la biodiversidad y a partir de ahí elaborar un plan de reconversión agroecológica que permita a mediano y largo plazo complejizarlo y alcanzar la soberanía alimentaria.

Rodríguez et al., (2017) realizaron diagnósticos para determinar el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en diferentes zonas agroecológicas y agroecosistemas. En la zona del pacífico, con un periodo lluvioso de seis meses (1 200 a 2 000 mm*año), Rodríguez et al., (2017) determinaron que los diseños y manejos de la biodiversidad de agroecosistemas con granos básicos (75 a 468 msnm) pueden ser poco complejo y medianamente complejo, por ser éstos de agricultura familiar, a pequeña escala (2.1 a 9.1 ha), con diferentes grados de diversificación.

En la figura 13 se muestra el resultado del coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) de dos agroecosistemas diversificados, que se localizan en el km 148.5 de la carretera el Viejo – Potosí, cuya altitud no supera los 40 msnm, con precipitaciones de 2000 mm por año, cuyo periodo lluvioso oscila entre 5 y 6 meses, con suelos francos, fértiles y altamente productivos.

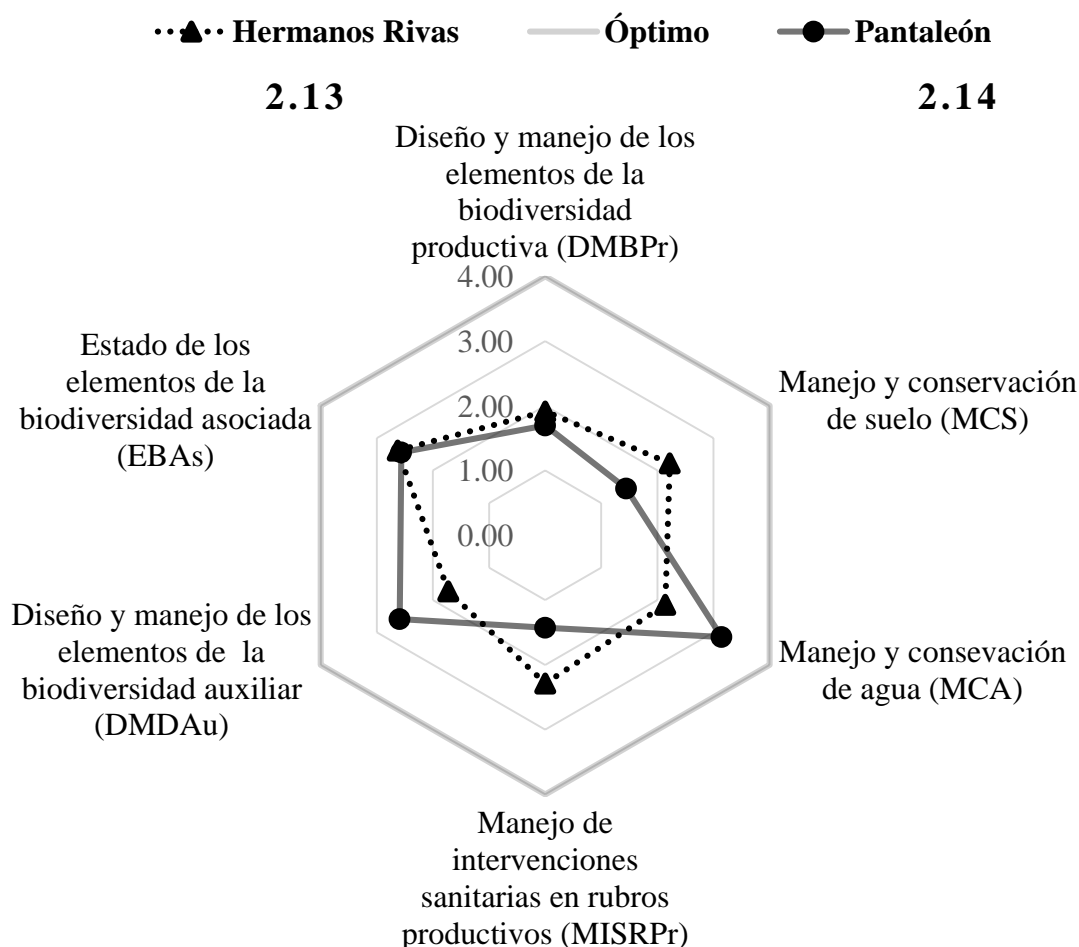


Figura 13. Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 - 2021.

En Boaco, en la zona de transición intermedia (360 msnm), con un periodo lluvioso de ocho meses (1200 a 2000 mm*año), en agroecosistemas con ganado bovino, a mediana escala (13 y 19.3 ha), los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo y complejo. (Rodríguez et al., 2017)

En Matagalpa y Condega, en la zona de transición alta (850 a 1200 msnm), con un período lluvioso de ocho meses (850 a 2400 mm*año), en agroecosistemas con café, a pequeña y mediana escala (3.5 a 39.2 ha), los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo, medianamente complejo y complejo, debido a que éste es un sistema agroforestal. (Rodríguez et al., (2017)

En el agroecosistema Hermanos Rivas “el coeficiente de manejo de la biodiversidad” tiene un valor de 2.13, esto significa que es clasificado como un agroecosistema con diseño y manejo de la biodiversidad “medianamente complejo”, que se caracteriza por integrar más de tres tipos de rubros productivos, con diseños de policultivos de más de cuatro especies asociadas o intercaladas, con sistemas agroforestales con una complejidad de diseños mixtos.

Cuenta con superficie para rotaciones de cultivo durante el año, realizándose prácticas anti erosivas (barreras muertas y barreras vivas), utilizándose laboreo mínimo que provoca poca perturbación en el suelo, produce el material de siembra y se elaboró insumos biológicos; que reduce su dependencia de insumos externos, tener un buen diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar y un buen estado de los elementos de la biodiversidad asociada.

Esta gestión es propia de un agroecosistema bajo el paradigma agroecológico. Lo ideal de la zona agroecológica es que se cuenta con agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad complejos y altamente complejos, gestionados agroecológicamente.

El agroecosistema Pantaleón reflejó un valor del coeficiente de manejo de la biodiversidad de 2.14, esto la caracterizó como un agroecosistema con diseño y manejo de la biodiversidad “medianamente complejo” que se caracterizó por integrar más de tres rubros productivos, con diseño de policultivo de más de 4 especies asociadas, con un sistema agroforestal en más del 25% del área con una complejidad de diseños mixtos, produjo su propio material de siembra y elaboro insumos biológicos, esto reduce su dependencia de insumos externos.

Altieri y Nicholls, (2000) mencionan que:

Las regiones agroecológicas con agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad complejos y altamente complejos por sus distribuciones y arreglos permiten disponer de mayor alimento, estabilidad ante variaciones climáticas y un equilibrio en sus agroecosistemas. Estos agroecosistemas presentan interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen y estas relaciones determinan en gran medida la salud del mismo (p.193).

Entre más complejos son los agroecosistemas mayor estabilidad presentan, esto indica que pueden llegar hacer sostenible desde las dimensiones o criterios socio-cultural, económico y agroambiental lo que garantizaría la soberanía alimentaria, tecnológica y energética.

Para garantizar la soberanía y la sostenibilidad de ambos agroecosistemas, es necesario que de manera urgente ambos propietarios implementen un plan de reconversión para complejizar sus diseños y manejo de la biodiversidad, para que las interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen determinen con seguridad la sostenibilidad de ambos.

En su estudio Vázquez y Matienzo, (2010) mencionan que:

A medida que un sistema de producción es más biodiverso, habrá menores condiciones para el arribo, establecimiento e incremento de poblaciones de organismos nocivos, sean insectos, ácaros, nemátodos, hongos, bacterias, virus, arvenses y otros, debido a diversos efectos, principalmente por reducción de la concentración de hospedantes preferidos, por confusión o repelencia y por incremento de enemigos naturales, entre otros factores (p.4).

5.4 Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas

En Nicaragua se han publicado diversos estudios sobre índices o grado de sostenibilidad de agroecosistemas en diferentes zonas agroecológicas y a agroecosistemas con diferentes cultivos y animales, que se gestionan con enfoques diferentes o paradigmas diferentes (agroecológico, convencional o mixto). (Salazar et al., 2017)

En este estudio los índices o grado de sostenibilidad se llevaron a cabo en dos agroecosistemas diversificados, localizados en la ciudad de el viejo, departamento de Chinandega. Según la metodología de Vásquez (2013), los agroecosistemas Hermanos Rivas y Pantaleón tienen diseños y manejo de biodiversidad medianamente complejo.

5.4.1 Índice o grado de sostenibilidad general de los agroecosistemas

En la Figura 14 se puede apreciar el nivel general de sostenibilidad de los agroecosistemas. El índice general de sostenibilidad del sistema se obtiene haciendo la relación de la sumatorias de los valores reales de cada dimensión entre la suma de los valores máximos teóricos por dimensión ($300=100+100+100$) por cien.

Basados en los resultados obtenidos de los dos agroecosistemas se puede observar que en la medida que los diseños y manejos de la biodiversidad de los sistemas sean más complejos incrementan el grado de sostenibilidad.

El agroecosistema Hermanos Rivas tiene un índice de sostenibilidad general de 64% $(78+43+72)/300*100$, que es superior al del agroecosistema Pantaleón que tiene 55% $(79+37+50)/300*100$. No obstante, estos índices de sostenibilidad no se deben de considerar aceptables debido a que no alcanzan al menos, el 80%. Resultados similares se reportan en Diriamba, en agroecosistemas con granos básicos, cuyos diseños y manejos de su biodiversidad son medianamente complejo (El Chipote) y poco complejo (El Manantial), y sus índices de sostenibilidad general resultaron ser 66% y 62%, respectivamente, pero no se consideraron aceptables por no lograr al menos el 80%. (Salazar *et al.*, 2017b)

En Boaco, se constató una situación similar en agroecosistemas con ganado bovino, cuyos diseños y manejos de la biodiversidad son complejo (Buena Vista) y poco complejo (San Juan), y sus índices de sostenibilidad general reflejaron ser 79.48% y 41%, respectivamente, y éstos se consideraron no aceptables por no lograr al menos el 80% (Salazar *et al.*, 2017a). Caso similar se reporta en Condega, en agroecosistemas con café, cuyos diseños y manejos de su biodiversidad son medianamente complejo (Linda Vista) y poco complejo (El Milagro de Dios), y sus índices de sostenibilidad general resultaron ser 72% y 39%, respectivamente, y se consideraron no aceptables por no lograr al menos el 80%. (Salazar *et al.*, 2017c)

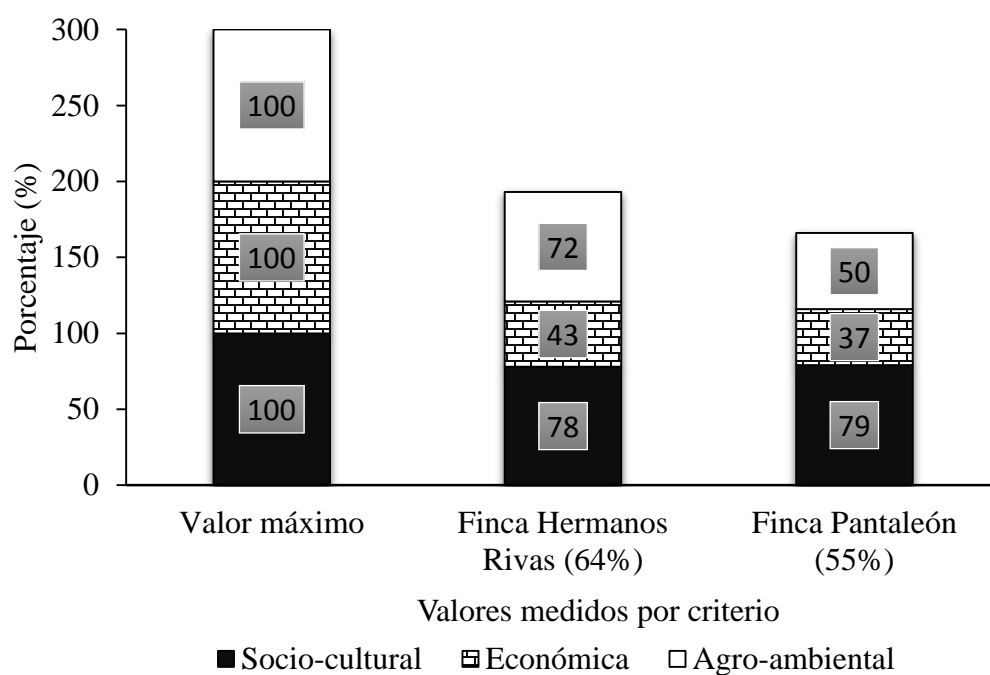


Figura 14. Índice o grado de sostenibilidad general de dos agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021.

5.4.2 Índice de la sostenibilidad de los componentes de cada dimensión

En la Figura 15, se presenta el nivel de sostenibilidad de los componentes de cada dimensión. La dimensión social-política-cultural está conformada por los componentes bienestar, relaciones internas, relaciones externas, cultura y territorio.

En el agroecosistema Pantaleón se debe mejorar el componente bienestar que pertenece a la dimensión socio-político-cultural (Figura 15), cuyo índice es de 68%, pero hay que resaltar que en ambos agroecosistemas el componente cultura y territorio obtienen un 92 y 84 % de sostenibilidad, que se considera bueno, respectivamente.

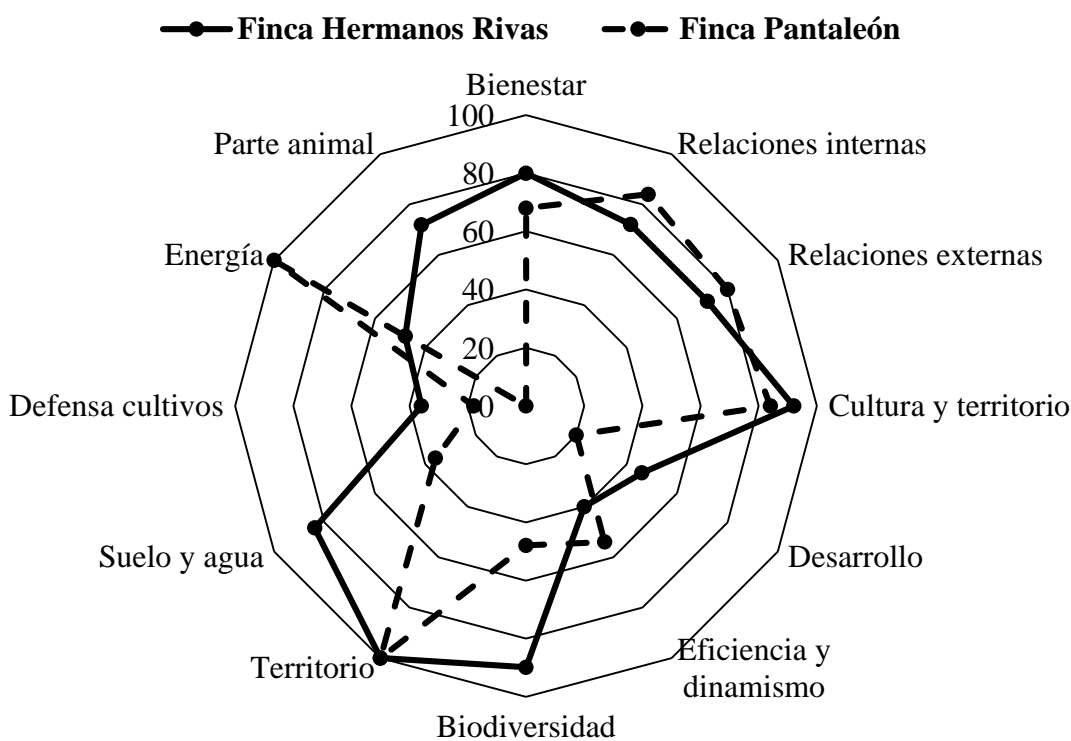


Figura 15. Nivel o grado de sostenibilidad por componente de los agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021.

La dimensión económica está conformada por los componentes desarrollo y eficiencia y dinamismo, en ambos agroecosistemas se debe trabajar en pro de mejorar los componentes de esta dimensión, cuyos índices de sostenibilidad oscilan entre 20 y 54 % (Cuadro 5), no logrando alcanzar un índice que se considere bueno.

La dimensión agro-ambiental está conformada por los componentes biodiversidad, territorio, suelo y agua, defensa de los cultivos, energía y parte animal (Cuadro 5). En ambos agroecosistemas se deben mejorar los componentes defensa de los cultivos y parte animal. Cabe destacar que el agroecosistema Pantaleón alcanzó un índice de 100% (óptimo) en el componente energía y en el componente territorio. Ambos agroecosistemas lograron alcanzar índices de 100%, en el agroecosistema Hermanos Rivas en los componentes biodiversidad, suelo y agua, se alcanza un índice que va desde 83 a 89% que son buenos. Con respecto al agroecosistema Pantaleón, los componentes biodiversidad, suelo y agua logran índices de sostenibilidad que van desde 35 a 47%, que no son aceptables.

5.4.3 Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes

En el cuadro 6 se presentan las dimensiones de la sostenibilidad con sus respectivos componentes, indicadores e índices de sostenibilidad. En los dos agroecosistemas se debe trabajar en los indicadores que no superan o igualan el índice de 80%.

Cuadro 6. Dimensiones o criterios, componentes, indicadores e índices de sostenibilidad en los agroecosistemas, (Hermanos Rivas y Pantaleón), El viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020 – 2021

| | | Nivel de sostenibilidad (%) | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|----------------|
| | | Pantaleón | Hermanos Rivas |
| Socio-político-cultural | Bienestar (Alimentación, salud y educación) | 66.67 | 79.17 |
| | Relaciones internas | 83.33 | 72.22 |
| | Relaciones externas | 80.94 | 70.23 |
| | Cultura y territorio | 85.00 | 90.00 |
| Económico | Desarrollo | 20.00 | 45.00 |
| | Eficiencia y dinamismo | 53.13 | 40.63 |
| Agroambiental | Biodiversidad | 48.32 | 88.32 |
| | Territorio | 100.00 | 100.00 |
| | Suelo y Agua | 35.71 | 85.71 |
| | Defensa de los cultivos | 16.67 | 33.33 |
| | Energía | 100.00 | 50.00 |
| | Parte animal | 0.00 | 72.50 |

En el agroecosistema Hermanos Rivas se debe superar índices de sostenibilidad de 34 indicadores, mientras que el agroecosistema Pantaleón 45, se debe implementar un plan de reconversión en cada agroecosistema, para el plan de reconversión se necesita voluntad para trabajar, un cambio de actitud, inversión en la propiedad con una visión empresarial y de futuro, es fundamental la planificación del agroecosistema con todos los integrantes de la familia para emprender cada uno de los trabajos necesarios en los sistemas.

El plan de reconversión para la transformación de un agroecosistema de estructura simple a uno de estructura altamente compleja es un proceso del que se puede saber su inicio, pero no su final. Esto depende de varios factores como: nivel académico de las familias campesinas y su grado de asociatividad, capacitación, asistencia técnica, financiamiento, políticas que fomentan este tipo de producción y de las condiciones agroecológicas (Salazar *et al.*, 2017). Vásquez (2013) establece que dicho proceso para el diseño de sistemas diversificados sostenibles en el trópico consta de: integración, transformación y complejizarían.

Los resultados obtenidos demuestran que los diseños y manejo de la biodiversidad de los agroecosistemas son más complejos como el caso de los Hermanos Rivas, estos son más sostenibles, pero no siempre se logra alcanzar un índice de sostenibilidad general del agroecosistema igual o mayor al 80%, dado que no solamente se deben implementar prácticas agroecológicas, sino cumplir con una serie de estándares o indicadores sociales y económicos.

Altieri (2001) menciona que:

En un agroecosistema agroecológico debe diversificarse desde el punto de vista agrícola, pecuario y forestal, que deben unificarse para desarrollar agroecosistemas que tomen ventajas de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales, que a su vez permita lograr un mayor sinergismo y resiliencia social, ambiental, y económica (p.28).

Salazar (2013) afirma que:

Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema autorregular su propio funcionamiento. Por consiguiente, consiste en fomentar una agricultura resiliente al cambio climático, productiva y eficiente (energética, económica y biodiversa), así como garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la familia campesina y la comunidad (p.64).

Al analizar los principales indicadores a mejorar, en los dos agroecosistemas (Cuadro 9), del componente bienestar de la dimensión socio-política-cultural, los indicadores conservación del producto (S1), autoconsumo (S3), jóvenes involucrados (S7), mujeres involucradas (S9), relaciones con instituciones públicas y privadas (S13) deben superarse, cuyos indicadores oscilan entre el 25 y 50%. En el agroecosistema Pantaleón se tiene que mejorar los indicadores oportunidades de formación para los productores (S18) y participación a eventos (S19) cuyos índices oscilan en el 75%.

En esta misma dimensión, en el componente relaciones internas, el propietario de agroecosistema Hermanos Rivas no realiza una planificación de la finca (S12). En ambos agroecosistemas los jóvenes y mujeres se involucran en las actividades del agroecosistema, su rol es activo y participan en los procesos democráticos internos (S8, S10, S11), es decir que tienen un papel dentro de la toma de decisiones.

En el componente de relaciones externas ambos productores deben de superar las relaciones con realidades colectivas (S14), se refiere a las interacciones con la red local de asociaciones como cooperativas, uniones, organizaciones y organismos de índole gubernamental (ONGs), que brinden beneficios a las actividades del agroecosistema; las oportunidades de formación de los productores (S18) y la participación en eventos (S19) lo que contribuye a la adopción de prácticas y técnicas agroecológicas que mejoren la sostenibilidad del agroecosistema, el indicadore de transmisión horizontal de conocimiento (S22) debe mejorarse en ambos agroecosistemas lo que ayudaría a la preservación del conocimiento en la comunidad.

El productor del agroecosistema Pantaleón el indicador transmisión de conocimiento entre generaciones (S23), que consiste en transferir o intercambiar conocimientos de generación en generación o entre diferentes generaciones.

En la dimensión económica y en el componente desarrollo, en ambos agroecosistemas se deben mejorar los indicadores área (E1), diversificación de la finca (E2). Para poder desarrollar este último es importante la diversificación del agroecosistema y el número de productos que se obtienen de este, desarrollo turístico (E5) este no depende exclusivamente del productor sino de políticas de estado para promover turismo ecológico en la zona. En este componente, en el agroecosistema Hermanos Rivas hay que mejorar la cantidad producida para la venta (E3) e invertir en este de forma que se logre el aumento de la producción. En el componente eficiencia y dinamismo, ambos productores deben mejorar la diversificación de sus mercados (E7), su capacidad de transformación de productos (E10), ser autosuficiente en insumos (E11) biológicos que se generen dentro del agroecosistema y sus alianzas económicas (E13). Para superar los indicadores E7, E10 y E11, ambos productores deben gestionar capacitaciones técnicas.

En la dimensión agroambiental, en el componente biodiversidad, ambos productores deben mejorar el asocio (G5) dado que la única tipología que tienen es el sistema agroforestal. En ambos agroecosistemas hay que mejorar el uso de variedades locales (G2) sobre todo con granos básicos. En el agroecosistema Pantaleón hay que hacer cercas con diversidad estructural (G3). En el componente territorio ambos productores manejan ambientes de regeneración natural (G6) y se realizan acciones de recuperación y protección del territorio (G7) en las que se destacan las técnicas de conservación de suelo y agua, del aire y de plantaciones forestales.

En el componente suelo y agua, ambos agroecosistemas practican muy poco la rotación de cultivos (G8) por ser principalmente plantaciones agroforestal y de monocultivo, y en el caso del agroecosistema Pantaleón no se hace el uso eficiente del agua por no contar con los sistemas de riego suficiente durante la época seca, ni cosechan agua (G10) para tal periodo, ambos deben mejorar la fertilización orgánica (G12), solo en el caso del agroecosistema Hermanos Rivas se realiza fertilización orgánica pero inferior al 55% del área total del agroecosistema.

En ambos agroecosistemas se debe dejar de realizar fertilización química síntesis (G11). En el componente defensa de los cultivos, en ambos agroecosistemas no se realizan tratamiento de

postcosecha con químicos (G19), y no se aplican técnicas alternativas o naturales (G20) usadas para tal propósito. Ambos productores aplican productos químicos sintéticos (G15) y no usan técnicas de defensa natural (G16), aplican herbicidas sintéticos (G17) y no realizan un control alternativo de arvenses (G18). En el componente energías renovables (G21), ambos productores utilizan material de empaque amigable con el medio ambiente (G22) utilizan leña como fuente de energía renovable (G21) para cocinar y solamente en el agroecosistema Pantaleón hay paneles solares para las bujías en el interior de la casa. En el componente parte animal, el agroecosistema Hermanos Rivas debe de hacer énfasis en mejorar las razas (G23) y sus razas locales (G24) con el propósito de ampliar la cantidad de razas dentro del agroecosistema, en el caso del agroecosistema Pantaleón debe de mejorar los indicadores razas (G23), razas locales (G24), reproducción (G25), pastoreo (G26), estructura de estabulación (G27), alimentación 1 (G28), alimentación 2 (G29), mutilación (G30), manejo de las excretas (G31) y el de sacrificio (G32), en general se debe trabajar en todo el componente de parte animal para este agroecosistema.

VI. CONCLUSIONES

Los agroecosistemas poseen diseños y manejos de su biodiversidad “medianamente complejos” y se gestiona mediante el paradigma agroecológico. Es importante mencionar que el agroecosistema Pantaleón a pesar de poseer esta categoría aplica agrotóxicos sintéticos propios del paradigma convencional.

El agroecosistema Hermanos Rivas tiene un índice de sostenibilidad general de 64% y el agroecosistema Pantaleón posee un índice general de 55%, lo que significa que los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influye sobre la sostenibilidad general.

Entre más complejos son los diseños y manejo de la biodiversidad el grado de sostenibilidad es aún más alto como es el caso de los Hermanos Rivas, pero no siempre se alcanza un índice de sostenibilidad del agroecosistema igual o mayor al 80% dado que esto no depende solamente de la implementación de prácticas agroecológicas, sino de cumplir muchos criterios o estándares sociales y económicos.

VII. RECOMENDACIONES

Priorizar en los agroecosistemas cambios de comportamientos y prácticas a favor de la adaptación al cambio climático y para mejorar los indicadores que presentaron porcentajes bajos en cada unidad de producción se deben ejecutar prácticas agroecológicas de manejo a corto y mediano plazo.

Fortalecer las capacidades de las unidades productivas en la introducción de buenas prácticas que contribuyan a la preservación de la biodiversidad (vegetal y animal) para alcanzar sostenibilidad social, económica y agroambiental.

En ambos agroecosistemas se necesita implementar un plan de reconversión agroecológica para que a mediano y largo plazo se pueda alcanzar índices de sostenibilidad deseados de hasta el 95%, lo que se consideraría excelente. Esto se debió a que en el agroecosistema Hermanos Rivas se deben de superar 34 indicadores y en el agroecosistema Pantaleón 45, para lo que se debe implementar el plan de reconversión en cada sistema.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acton, D.F. and Gregorich, L.J. (Editor). 1995. *The Health of our Soils, Toward Sustainable agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research. Research Branch. Agriculture and Agri-Food, Canad. Publication 1906/E. En: Suelos: Utilización de la cartografía para el uso sustentable de las tierras. INTA.
- Alcaldía Municipal de El Viejo. Comisión Ambiental Municipal. Plan Ambiental Municipal El Viejo. 2002-2006. 61 páginas.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª ed. México. D.F. pp. 57 301.
- Altieri, M. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sostenibles. En: Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva los recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria.
- Arévalo, G.; Castellanos, E.; Cruz, A. 2008 Calidad y Manejo de Suelos En la zona de Chinandega y León Nicaragua. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP30A683.pdf>
- Altieri, M y Nicholls, C. (2009). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Trad. M Altieri. Barcelona, ES. Icaria.
- Altieri, M y Toledo V. (2011). La revolución agroecológica en Latinoamérica. sociedad científica latinoamericana de agroecología. Berkeley
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921>
- Brunett, P. 2004. “contribución a la evaluación de la sustentabilidad; estudio de caso de dos agroecosistemas campesinos de maíz y leche del valle de Toluca”. Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bertinaria f. (2016). Agricultura di piccola scala in centro america: valutazione della sostenibilità di sistemi agricoli agroecologici. Università Degli Studi di Torino Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari corso di Laurea Magistrale in Scienze Agrarie p.28
- Carrasco J. J. y Riquelme S. J. (2003) *Métodos y prácticas de conservación de suelos y aguas* [en línea]. San Fernando: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no.
- CCRECRL (Comisión Coordinadora para la Recuperación de la Cuenca del Río Lerma). (2009). Manual de conservación de suelo y agua. México. Recuperado de: <http://cuencalerma.edomex.gob.mx/sites/cuencalerma.edomex.gob.mx/files/files/Manuales/Manual%20de%20Conservaci%C3%B3n%20de%20Suelo%20y%20Agua.pdf>103. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6997> (Consultado: 3 noviembre 2021).

- Castro-Tanzi, S.; Dietsch, T.; Urena, N.; Vindas, L.; Chandler, M. 2012. Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 155: 172181. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3416416&pid=S0718-3429201600020000300009&lng=es
- CII-ASDENIC (2016): Introducción Agroecológica disponible en: <http://www.asdenic.org/wp-content/uploads/2016/02/agroecologia.pdf>
- Doran J.N., Coleman D.C., Bezdicsek and Stewart B.A., 1994. *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication Number 335. Madison, Wisconsin USA. En: Suelos: Utilización de la cartografía para el uso sustentable de las tierras. INTA.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. La Lima Cortes Honduras.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nation, IT). 2020. Centro de conocimientos sobre agroecología. (En línea). Africa. Consultado el 22 de ago. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/agroecology/overview/es/>
- Gliessman, R. (2002). Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible, p.17. <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>
- Gliessman, S. 2013. Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología* 8(2): 19-26. Kibblewhite, M. G., Ritz, K. y Swift, M. J. (2008) 'Soil health in agricultural systems', *hilosophical Transactions of the Royal Society Series B*, (363): 685–701.
- Gutiérrez, Y. y Altamirano, N. (2016). Diseño, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica en dos agroecosistemas de granos básicos y ganado, La Grecia 2, Chinandega, Nicaragua 2015-2016
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista. 2014. Metodología de la investigación. 6ta ed. México. D.F. pp. 57
- Kolsman, E. y Vásquez D. 1999. Manual de agricultura ecológica, una introducción a los principios básicos y su aplicación, Habana, CUB pág. 14 tomo 163
- Katlyn S.M.; Méndez, V.E.; Olson, M.B. 2013. 'Los meses flacos': seasonal food insecurity in a Salvadoran organic coffee cooperative. *The Journal of Peasant Studies*, 40 (2): 457-480. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3416440&pid=S0718-3429201600020000300021&lng=es
- Moreira, F. M. S; Huising, J y Bignell, D. 2012. Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo. Instituto Nacional de Ecología, Mexico. p.337.
- MAG; MARENA; UNA; INAFOR; INETER. (2015). Atlas de Nicaragua. (H. R. Rodríguez González, Ed.) Managua, Nicaragua. Recuperado el 23 de febrero de 2022, de <https://prezi.com/egre9anqo2cj/atlas-de-nicaragua/>

- Márquez Girón, SM. 2013. Propuesta de conversión agroecológica para alcanzar la resiliencia en sistemas 86 ganaderos. Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático
- Martínez, A.; Vázquez, L. 2013. Características de la colindancia de cultivos en tres sistemas agrícolas convencionales y su relación con la incidencia de insectos nocivos y reguladores naturales (en línea). Fito sanidad. vol. 17(2). 1-73p. Consultado el 06 dic. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Luis_L_Vazquez_Moreno/publication/286646807_Andres_Martinez_y_Luis_L_Vazquez_Caracteristicas_de_la_colindancia_de_cultivos_en_tres_sistemas_agricolas_convencionales_y_su_relacion_con_la_incidencia_de_insectos_nocivos_y_reguladores_naturales_Fit/links/566cde6a08aea0892c4ff715.pdf.
- Pineda, J. 2021. T.S.U En Evaluación Ambiental, suelos andisoles y sus características. Encolombia. Recuperado de: <https://www.encolombia.com>
- Rodríguez, H.R; Chavarría, B.R; Martínez y J.A; Rocha, D.J. 2017. Macrofauna del suelo y su funcionalidad. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino en Las lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 31-42. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- Salazar, D.J. 2013. Nicaragua potencial faro regional para el diseño y evaluación de agroecosistemas agroecológicos. Revista científica LA CALERA, 13:20, p. 58-65. ISBN 1998-7646, www.una.edu.ni/diep/calera.
- Salazar, D.J.; Calero, C.; Rojas, H. y Rocha, J. 2017a. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 42-50. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- Salazar, D.J.; Morales, M.; Valverde, L.; García, O. y Cáceres, I. 2017b. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 58-71. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.
- Salazar, D.J.; Morales, M.; Valverde, L.; López, G.; y Medina, R. 2017c. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.), en San Ramón y dos en Condega Nicaragua. PP: 67-77. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Torrez, K.R. (2019). Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Siuna, Nicaragua. Consultado en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf08d542e.pdf>

- Vázquez L, L.; Matienzo Brito, Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Ministerio de la Agricultura. Habana, CU. 1 - 4 p.
- Vasquez L. (2013). Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad. *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV)*,, 10.
- Vázquez L, L.; Simonetti J, A. 2013. Sistema Biofincas: Proceso participativo de diagnóstico, aprendizaje e innovación para el diseño y manejo agroecológico de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Habana, CU.
- Vázquez L, L.; Matienzo Y; Griffon D. 2014. Diagnostico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. En Simposio Agroecosistemas y biodiversidad: taxonomía y manejo. III Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.
- Yong A. 2010. La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas. *Cultivos Tropicales* (en línea). vol.31 (4): p 1-13. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000400012
- Yungiang, W., mingan, S., Yuanjun Z and Zhipeng L. 2011. Impacts of land use and plant characteristics on drie soil layers in diferente climatic regions on the loess plateau of china. *Agricultural and forest Meteorology*. 151 (4): 437-448.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Metodología de Vásquez para el levantamiento de datos

Se aplica esta metodología con el objetivo verificar el nivel de complejidad de la biodiversidad que se encuentra en la unidad productiva que se diagnostica.

En las tablas siguientes se presentan los componentes del diagnóstico, sustituya la numeración en las columnas de la derecha conforme lo que vaya observando en fincas objeto del proceso de estudio.

DATOS GENERALES

Fecha: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

Comunidad: _____

Coordenada geográfica: _____

Nombre de la finca: _____

Área de la finca (ha): _____, Altitud (m): _____

Nombre del agricultor: _____

Anexo 2. Indicadores y escalas para evaluar el componente de los diseños y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr)

Resultado del diagnóstico de par de fincas: FA: Finca Agroecológica y FC: Finca Convencional o en conversión. Para obtener resultados globales de la tabla se aplica la fórmula:

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

| Indicadores | Complejidad | Fincas | |
|---|--|--------|----|
| | | FA | FC |
| Tipos de rubros productivos (Pr1) | 1: ha integrado 1- 2 tipos de rubros productivos; 2: ha integrado tres tipos de rubros productivos; 3: ha integrado más de tres rubros productivos; 4: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales. | | |
| Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivo (Pr2) | 1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos ;4: más de 10 cultivos | | |
| Aprovechamientos de los ecosistemas de cultivos temporales (Pr3) | 1: menos del 25% de la superficie con 2-3 siembras; 2: 25-50% de la superficie con 2-3 siembras; 3: más de 50% de la superficie con dos siembras; 4:más del 50% de la superficie con tres siembras | | |
| Superficies con diseños de policultivos (Pr4) | 1: menos 26%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: más del 75% | | |
| Complejidad en los diseños de policultivos(Pr5) | 1: dos especies asociadas o intercaladas; 2: tres especies asociadas o intercaladas; 3: cuatro especies asociadas o intercaladas; 4: más de cuatro especies asociadas o intercaladas | | |
| Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos(Pr6) | 1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies | | |
| Superficies con diseños agroforestales (Pr7) | 1:menos 26%; 2:26-50%;3: 51-75%; 4:más del 75% | | |
| Complejidad de los diseños agroforestales (Pr8) | 1:dos especies integradas; 2:tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas | | |
| Diversidad de animales en sistema de crianza(Pr 9) | 1: 2-1 especies; 2: 3-4 especies; 3: 5-6 especies; 4: más de 6 especies | | |
| Superficies con diseños silvopastoriles (Pr10) | 1:menos 26%; 2: 26-50%; 3:51-75%; 4: más del 75% | | |
| Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles (Pr11) | 1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas | | |
| Complejidad de sistema con diseños mixto (Pr12) | 1: integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2 rubros productivos; 2: integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos ;3: integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos | | |
| Superficie de sistemas de cultivos complejos (Pr13). (Pr4 +Pr7+ Pr10+Pr12). | 1: menos 26%; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4:más de 75% | | |

| Indicadores | Complejidad | Fincas | |
|---|--|--------|----|
| | | FA | FC |
| Procedencia del material de siembra (Pr14) | 1: 100% nacional; 2: 50-50%(nacional-provincia); 3: más de 50-70 % forma productiva propia; 4: más de 70% propia. | | |
| Orígenes de variedades(Pr15) | 1: 100% importado; 2: entre 40-60% nacional-importado; 3:mas 60% obtenido en la forma productiva y propia; 4: mas 70%(incluye autóctonas) | | |
| Procedencia de pie de crías de animales (Pr16) | 1: 100% nacional; 2: 50-50(nacional-provincia); 3: más 50-70%forma productiva; 4: más de 70% propia. | | |
| Origen de razas (Pr17) | 1: 100%importado; 2: entre 40-60% nacional-importado; 3: más de 60%obtenido en la forma productiva y propia; 4: más de 70% propia (incluye autóctonas) | | |
| Autosuficiencia en alimento para animales de raza (Pr18) | 1: genera hasta el 25%; 2: genera hasta el 50%; 3: genera hasta el 75%; 4: genera más del 75%. | | |
| $DMBPr = \frac{\sum (2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3 Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18)}{23}$ | | | |

Anexo 3: Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo y conservación del suelo (MCS)

Resultado del diagnóstico de par de fincas: FA: Finca Agroecológica y FC: Finca Convencional o en conversión.

Para obtener resultados global de la tabla se aplica la fórmula: $MCS = \frac{\sum (2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7)}{9}$

| Indicadores | Complejidad | Fincas | |
|--|---|--------|----|
| | | FA | FC |
| Sistema de rotación de cultivo (S1). | 1: rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema de rotación concebido según demanda del suelo (propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera la reducción de incidencia arvenses; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelos, arvenses, plagas, enfermedades). | | |
| Superficie en rotación de cultivo (S2) | 1: rota, hasta el 25%de los campos de cultivos temporales y anuales; 2: rota entre 26-50%; 3: rota entre 51-75%; 4: rota más de 75 | | |
| Diversidad de fuente de biomasa orgánica (S3). | 1: cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos. | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Superficie con incorporación de biomasa orgánica (S4) | 1: menos del 25%; 2: entre el 26 y 50%; 3:entre 50-75%; 4:más de 75% | | |
| Superficie de siembra con laboreo mínimo o sin laboreo (S5) | 1: menos del 20% ,2: entre el 20-30%; 3: entre el 30- 50%; 4: más del 50%. | | |
| Superficies con prácticas anti erosivas (S6) | 1: menos del 25% superficie sistema; 2: entre el 26 y 50% superficie sistema; 3: entre el 50-75% superficie sistema; 4: más del 75%superficie sistema. | | |
| Conservación en la preparación del suelo (S7) | 1: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 25%; 2: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otro que no invierten el prisma); 3: utiliza con implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en más 50%; 4: solamente utiliza implementos de conservación de suelo. | | |
| $MCS = \Sigma [2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7]/9.$ | | | |

Anexo 4: Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo y conservación del agua (MCA)

Resultado del diagnóstico de par de fincas. Para obtener resultados global de la tabla se aplica la fórmula: $MCA = \Sigma (A1+A2+2A3+2A4+A5)/7$

| Indicadores | Complejidad | Finca | |
|---|---|-------|----|
| | | FA | FC |
| Superficie bajo sistema de riego (A1) | 1: menos 25% de la superficie; 2: 26-50% de la superficie; 3:51-75%de la superficie; 4: más del 75% de la superficie. | | |
| Sistema de riego (A2) | 1:gravedad o aniego;2: aspersores; 3:microaspersores; 4:goteo(localizado) | | |
| Sistema de abasto de agua para uso agrícola (A3). | 1: acueducto; 2: pozo; 3: natural; 4: colecta de lluvia. | | |
| Manejo de drenaje (A4). | 1: menos 25%de la superficie; 2: 26-50%de la superficie; 3:51-75% de la superficie; 4: más del 75% de la superficie. | | |
| Sistema de drenaje (A5). | 1: creado naturalmente; 2: elaborado según observación de agua; 3: elaborados según curvas de nivel; 4: elaborado según (2)+ (3). | | |
| $MCA = \Sigma [A1 + A2 + 2A3 + 2A4 + A5]/7$ | | | |

Anexo 5: Indicadores y escalas para evaluar el componente del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr)

Resultado del diagnóstico de par de fincas: FA: Finca Agroecológica y FC: Finca Convencional o en conversión

Para obtener resultados global de la tabla se aplica lo formula: $MISRPr = \frac{\sum (I1+2I2+I3+2I4+I5)}{7}$

| Indicadores | Complejidad | Finca | |
|--|--|-------|----|
| | | FA | FC |
| Decisiones de intervenciones de rubros productivos vegetales(I1) | 1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones (en cuanto a ciclo anterior o modelo técnico distinto); 2: cuando se han reducido entre un 20-40% el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41- 60; 4: cuando se ha reducido más de un 60%. | | |
| Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales (I2). | 1: menos del 20% de insumos biológicos; 2: 21-40% de insumos biológicos; 3:41-60% biológicos; 4: más de 60% de insumos biológicos | | |
| Decisiones de intervenciones en rubros productivos animales(I3) | 1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se han reducido entre un 20-40%; 3: cuando se han reducido entre un 41-60%; 4: más de 60% de insumos biológicos. | | |
| Integración de intervenciones biológicas de rubros productivos animales (I4) | 1: menos del 20% de insumos biológicos; 2: 21-40% de insumos biológicos; 3:41-60%biológicos; 4: más del 60%de insumos biológicos. | | |
| Niveles de generación de insumos biológicos (I5) | 1:genera hasta el 25% de los insumos utilizados; 2: genera hasta el 50%; 3:genera hasta el 75%; 4:genera más del 75% | | |
| $MIRP = \frac{\sum [I1 + 2I2 + I3 + 2I4 + I5]}{7}$ | | | |

Anexo 6: Indicadores y escalas para evaluar el componente de los diseños y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu)

Resultado del diagnóstico de par de fincas: FA: Finca Agroecológica y FC: Finca Convencional o en conversión.

Para obtener resultados global de la tabla se aplica la fórmula:

$$DMBAu = \frac{\Sigma(2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15)}{22}$$

| Indicadores | Complejidad | Fincas | |
|--|--|--------|----|
| | | FA | FC |
| Superficies con barreras vivas laterales (Au1) Como barreras de protección, pueden ser perimetrales | 1: menos 25% campo; 2: 26-50% campo; 3: 51-75% campo; 4: más de 75% campo | | |
| Diversidad de especies en barreras vivas laterales (Au2) | 1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies | | |
| Superficies con barreras vivas intercaladas (Au3) Puede ser las que se usan en cultivos de callejones o franjas | 1: menos 25% campo; 2: 26-50% campo; 3: 51- 75% campo; 4: más de 75% campo | | |
| Diversidad de especies en barreras/cercas vivas intercaladas (Au4) | 1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies | | |
| Corredores ecológicos internos (Au5) | 1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementa según diseño; 4: (2) o (3)+ se conecta con barreras vivas y cerca viva perimetral. | | |
| Diversidad de especies en corredores ecológicos internos (Au6) | 1: una especie predominante (mayor 30%); 2: dos especies predominantes; 3: tres especies predominantes; 4: más de tres especies predominantes. | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
| Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos (Au7) | 1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2:(1)+ 1-2 especies arbustivas; 3: (1)+(2)+ 1-2 especies herbáceas; 4: más de tres especies arbustivas o arbóreas | | |
| Manejo de ambientes seminaturales (Au8) | 1: existe, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias. | | |
| Diversidad estructural de los ambientes seminaturales (Au9) | 1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1)+ (2)+ predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas. | | |
| Manejos de arboledas (Au10) | 1: existe, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementa; 4: se mejora sus funciones integrando plantas necesaria. | | |
| Diversidad estructural de las arboledas (Au11) | 1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2)+ predominan 1-2especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbusticos o arbóreas. | | |
| Manejo de cerca perimetral (Au12) | 1: menos 25% de la periferia; 2: 26-50%; 3: 51-75%; 4: más 75%. | | |
| Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (Au13) | 1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1)+ 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: más de tres especies arbustivas o arbóreas. | | |
| Tolerancia de arvenses (Au14) | 1: solo en la etapa final del cultivo; 2: desde que pasa el periodo crítico del cultivo; 3: según grado de incidencia; 4: durante todo el cultivo, de acuerdo a la incidencia de especies más competitivas. | | |
| Diversidad de animales para labores (Au15) | 1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies. | | |
| DMBAu= [2Au1 + Au2 +2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15]/22. | | | |

Anexo 7: Indicadores para evaluar el componente del estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs)

Resultado del diagnóstico de par de fincas: FA: Finca Agroecológica y FC: Finca Convencional o en conversión.

Para obtener resultados globales de la tabla se aplica la fórmula: $EBAs = \frac{\sum [As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6 + As7 + As8 + As9 + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14]}{16}$

| Indicadores | Complejidad | Fincas | |
|---|--|--------|----|
| | | FA | FC |
| Incidencia de arvenses (As1) | 1: más de 75% grado de enmalezamiento; 2: entre 51 y 75% grado de enmalezamiento; 3: entre 26- 50% grado de enmalezamiento; 4: menos de 25% grado de enmalezamiento. | | |
| Diversidad de arvenses (As2) | 1: se observan tres especies; 2: se observan 3-7 especies; 3: se observan 8-11 especies; 4: se observan más de 11 especies. | | |
| Incidencias de nematodos de las agallas (As3) | 1: más del 75% plantas afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%. | | |
| Incidencia de organismos nocivo en cultivos (As4) | 1: más del 75% superficies afectadas; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%. | | |
| Diversidad de organismo nocivos fitófagos (As5) | 1: se observa una especie; 2: se observa dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies. | | |
| Diversidad de organismos nocivos Fito patógenos (As6) | 1: se observa una especie; 2: se observa dos especies; 3: se observa tres especies; 4: se observa más de tres especies. | | |
| Incidencias de organismos nocivos en los animales de cría (As7) | 1: más de 75% individuos afectados; 2: entre 51-75%; 3: entre 26-50%; 4: menos 25%. | | |
| Diversidad de parásitos en animales de cría (As8) | 1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies. | | |
| Diversidad de enfermedades de | 1: se observan una enfermedad; 2: se observan dos enfermedades; 3: se observan tres enfermedades; 4: se observan más de tres enfermedades. | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| animales de cría(As9) | | | |
| Diversidad de polinizadores(As10) | 1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies | | |
| Diversidad de grupos de reguladores naturales(As11) | 1: se observa uno o dos grupo; 2: se observa dos a tres; 3: se observa de uno a cinco; 4: se observa más de cinco. | | |
| Población de reguladores naturales (As12). | 1: se observa de 1-5 individuos; 2: más de 5 individuos; 3: más de 10 individuos; 3: inmediateamente se observan altas poblaciones. | | |
| Diversidad de macro fauna del suelo (As13). | 1:0,1-2,0 especies; 2: 2,1-3,0 especies; 3:3, 1-4,4 especies; 4: más de 5,0 especies. | | |
| Población de macro fauna del suelo (As14). | 1: 1-5 individuos/m ² ; 2:5-9 individuos/m ² ; 3: más de 10 individuo/m ² ; 4:(2) o (3) individuos/m ² inmediateamente. | | |
| EBAs=Σ [As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6 + As7 + As8 + As9 + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14]/16 | | | |

Al concluir el diagnóstico con el resultado completo en cada una de las tablas del 1 al 6, se determina el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) del sistema de producción, mediante la expresión siguiente:

$$\text{CMB} = \frac{\Sigma (\text{DMBPr} + \text{MCS} + \text{MCA} + \text{MISRPr} + \text{DMBAu} + \text{EBAs})}{6}$$

Anexo 8. Grado de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad durante la reconversión de Sistema de Producción Agropecuario

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

Anexo 9. HESOFI estilo encuesta para levantamiento de datos

CRITERIO

SOCIO – POLITICO - CULTURAL 1.

COMPONENTE

1.1.BIENESTAR (ALIMENTACION, SALUD Y EDUCACION)

COD: S1

¿Cuántos productos destina a la conservación y cómo los conserva?

Indicador.

Conservación del producto.

Descripción.

Acceso de la familia a los servicios básicos: agua potable, energía eléctrica, asistencia médica, escuela y medio de transporte (público o privado).

Rangos.

0: 0%; 2,5: hasta 25%; 5: entre 26%-50%; 7,5: entre 51%-75%; 10: más de 75%.

Puntaje: _____

COD: S2

¿Que come usualmente la familia durante la semana? (ejemplos de dieta semanal)

Indicador.

Diversificación de la dieta.

Descripción.

Diversificación de la dieta de la familia tomando en consideración los carbohidratos, las proteínas y las vitaminas.

Rangos.

0: alimentación básica (carbohidratos 100%); 5: alimentación poco diversificada (carbohidratos 80% y proteínas 20%); 10: alimentación diversificada (carbohidratos 60%, proteínas 30%, vitaminas 10%) Puntaje: _____