



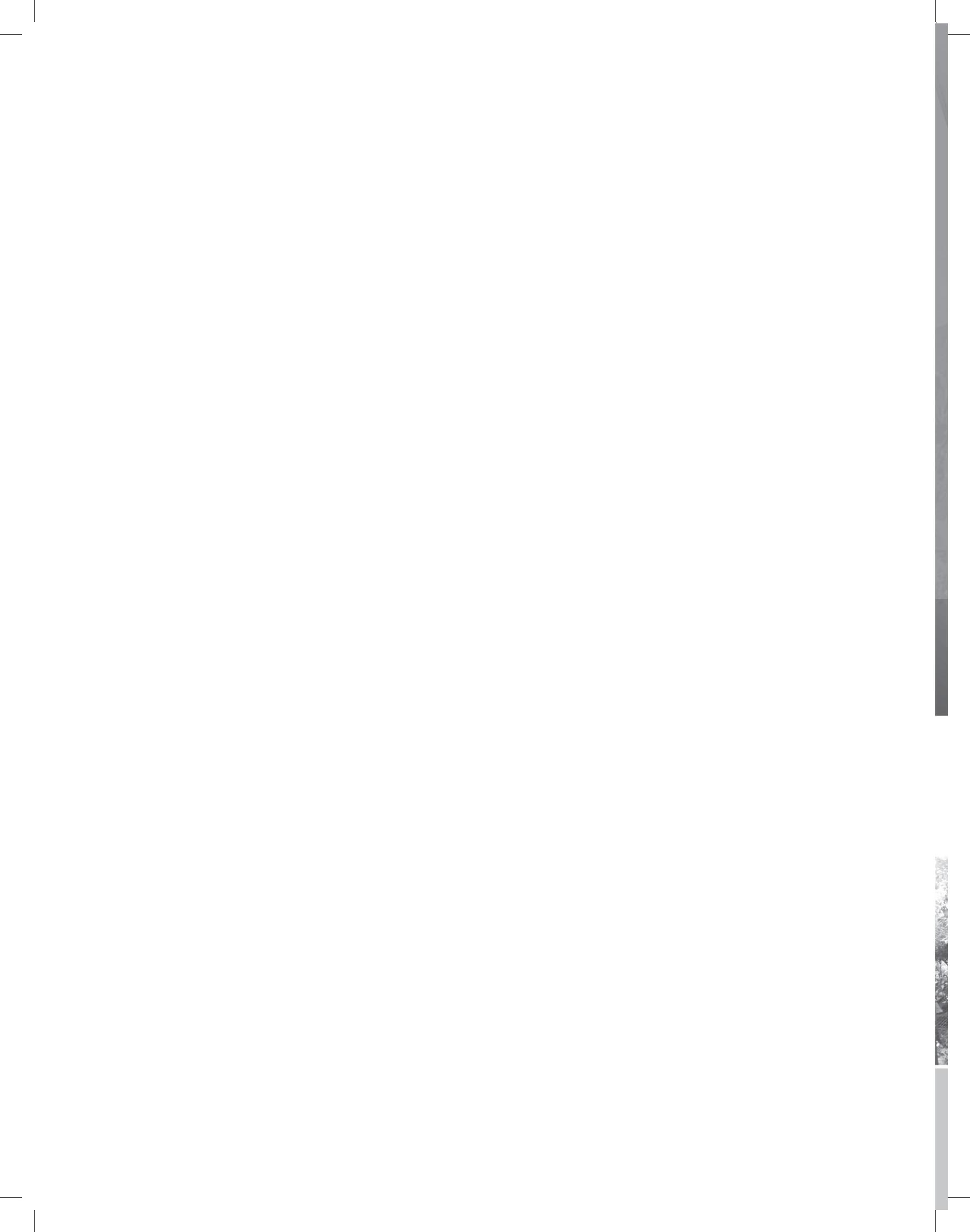
“Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en SAN de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica”
DCI-FOOD/2013/317-971



EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA

DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA







“Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en SAN de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica”
DCI-FOOD/2013/317-971



EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA

DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA



*“Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en SAN de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica”
DCI-FOOD/2013/317-971*

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA

DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

DENNIS JOSÉ SALAZAR CENTENO
LEONARDO JOSÉ GARCÍA CENTENO
HUGO RENÉ RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
CLAUDIO ARSENIO CALERO
MANUEL ANTONIO MORALES NAVARRO
LUIS ORLANDO VALVERDE LUNA

1. Granos Básicos, 2. Sistemas agrarios, 3. Agroecología, 4. Índice de biodiversidad, 5. Índice de sostenibilidad

Managua, Nicaragua, 2017
www.una.edu.ni
www.unag.org.ni

© Todos los derechos reservados
2017

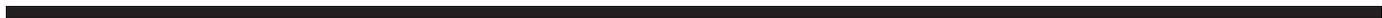
Se permite menciones de la obra siempre y cuando se cite la fuente.

Diagramación: Grupo SEVEN / Kevin Alexander Muñoz Mejía
Impreso en: Grupo SEVEN Nicaragua - grupoxima@me.com



CONTENIDO

| | | |
|-------|--|-----------|
| I. | INTRODUCCIÓN | 9 |
| II. | OBJETIVOS | 11 |
| 2.1 | General | 11 |
| 2.2 | Específicos | 11 |
| III. | METODOLOGÍA | 12 |
| 3.1 | Localización de las fincas y período de estudio | 12 |
| 3.2 | Enfoque de la investigación y diseño metodológico | 13 |
| 3.3 | Análisis de datos | 20 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 4.1 | Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas | 21 |
| 4.1.1 | Diseños y manejos de la biodiversidad productiva | 21 |
| 4.1.2 | Manejo y conservación del suelo | 23 |
| 4.1.3 | Manejo y conservación del agua | 25 |
| 4.1.4 | Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos | 26 |
| 4.1.5 | Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar | 28 |
| 4.1.6 | Estado de los elementos de la biodiversidad asociada | 30 |
| 4.1.7 | Coefficiente de manejo de la biodiversidad | 31 |
| 4.2 | Balance aparente de nutrientes y evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo | 33 |
| 4.2.1 | Balance aparente de nutrientes | 33 |
| 4.2.2 | Evaluación de parámetros físicos y químicos de suelo | 38 |
| 4.3 | Macrofauna del suelo y su funcionalidad | 40 |
| 4.3.1 | Caracterización de la diversidad alfa de la macrofauna edáfica y su funcionalidad | 40 |
| 4.3.2 | Diversidad beta de la macrofauna edáfica | 45 |
| 4.4 | Caracterización de la flora arbórea y su funcionabilidad | 47 |
| 4.4.1 | Composición taxonómica de la flora arbórea e índice de diversidad alfa | 47 |
| 4.4.2 | Funcionalidad de las familias taxonómicas del componente arbóreo | 51 |
| 4.4.3 | Estructura dasométrica de la flora arbórea | 51 |
| 4.4.4 | Características silviculturales del de la flora arbórea | 54 |
| 4.5 | Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas | 58 |
| 4.5.1 | Índice de sostenibilidad general de los agroecosistemas | 58 |
| 4.5.2 | Índice de sostenibilidad de los componentes en cada dimensión | 59 |
| 4.5.3 | Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes | 61 |
| V. | REFLEXIONES | 72 |
| VI. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 75 |
| VII. | AGRADECIMIENTOS | 79 |



PRESENTACIÓN

A los suscritos se les ha otorgado el honor de hacer la presentación de la publicación de la *“Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua”*, que es parte de una serie de divulgaciones producto de una ardua, tesonera y atinada faena de un grupo de investigación interdisciplinario y transdisciplinario.

Adicionalmente, se destaca que la preparación de la presente publicación exclusiva de la evaluación de agroecosistemas con enfoque agroecológico, también, es gracias al trabajo colaborativo, cooperativo y participativo entre la Universidad Nacional Agraria (UNA) de Nicaragua, el Movimiento de Productores (as) Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua (MAONIC), la Asociación de Técnicos para la Solidaridad y Cooperación Internacional (RE.TE), la Università degli Studi di Torino (UNITO) de Italia, en el marco del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en SAN de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y/o orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971)”, que fue financiado por la Unión Europea y ejecutado por la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) de Nicaragua a través del Programa de Campesino a Campesino (PCaC). El propósito del proyecto consistió en el mejoramiento de la participación de organizaciones de pequeños productores en los procesos de gobernanza de la seguridad alimentaria y nutricional en Nicaragua, Honduras y El Salvador, cuyo primer resultado radicó en “validados científicamente y difundidos entre los productores, modelos tecnológicos en agroecología para sustentar el trabajo de incidencia”.

Para lograr lo anterior, el proyecto se planteó desarrollar la actividad “Evaluación agroecológica considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales” y como primera fase se elaboró una propuesta de protocolo para conducir las investigaciones en los tres países involucrados, consensuada en un taller regional desarrollado en nuestro país. Esta propuesta fue elaborada por académicos de la UNA, miembros de MAONIC y del PCaC.

En una segunda fase se conformó un magno equipo de investigación en el que participaron cuatro académicos de la UNA, treinta estudiantes de grado, siete de maestría y un doctorando de esta institución de educación superior. Posteriormente, se integró a este equipo de investigación dos catedráticos y 16 estudiantes de grado de la Universidad de la Región Autónoma de la Costa Caribe de Nicaragua (URACCAN). También, en el marco de esta etapa se integraron dos catedráticos y tres estudiantes de la Università degli Studi di Torino (UNITO), Italia, quienes en conjunto con funcionarios de la UNA, MAONIC, PCaC y RE.TE desarrollaron la Herramienta para Evaluar la Sostenibilidad de Fincas (HESOFI), la que fue validada en tres fincas de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua; y que posteriormente, esta herramienta se aplicó a los agroecosistemas evaluados, cuyo propósito consistió en determinar el grado de sostenibilidad.

La tercera y última fase consistió en la primera devolución de los resultados a los protagonistas y miembros de MAONIC en un foro regional realizado en Nicaragua, el 27 y 28 de junio del 2017, culminando con una riquísima reflexión para afinar e implementar el paradigma agroecológico en nuestro país, que se expone en el acápite final de la presente publicación.

Francisco Telémaco Talavera Siles
Rector - UNA

Álvaro Fiallos Oyanguren
Presidente - UNAG



8



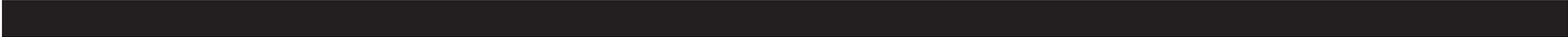
I. INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria en Nicaragua, es un derecho fundamental de la ciudadanía que va más allá de las políticas económicas o de las eventualidades políticas, es compatible con la integridad social, cultural y de género, en el acceso y distribución de alimentos con calidad a todos los niveles (MAGFOR, 2000). En Nicaragua existen 261,321 agroecosistemas (explotaciones agropecuarias) según el censo agropecuario (CENAGRO, 2011), de las cuales el 86.60% son clasificadas como agricultura familiar, es decir, no contratan mano de obra permanente. Los agroecosistemas con agricultura familiar diversificada representan el 24.50% y los agroecosistemas con agricultura familiar especializada el 75.50%; este alto porcentaje indica que la producción agropecuaria predomina como estrategia de vida de los productores, los cuales no realizan otras actividades económicas fuera de sus labores agropecuarias (Rodríguez et al, 2013) y contribuyen a la seguridad y soberanía alimentaria.

Según la “Ley de fomento a la producción de granos básicos y ajonjolí de las pequeñas productoras y pequeños productores”, en Nicaragua los granos básicos, como productos agrícolas, constituyen la base de la alimentación y del aporte nutricional de los y las nicaragüenses, generando empleo e ingresos para los trabajadores agrícolas. Estos rubros tienen una participación preponderante en la actividad económica de la población rural y han llegado a incidir en la diversificación de las exportaciones. Los granos básicos adquieren gran importancia tanto a nivel social como económico del país, al garantizar la seguridad alimentaria de las familias nicaragüenses y representaron, en el año 2015, el 22.60% de los ingresos generados de la producción agrícola, lo que los ubica como la tercera actividad generadora de ingresos del sector agrícola. Del total de la producción agrícola destinada a consumo interno, el 49.50% proviene de la producción de granos básicos.

En la gran mayoría de agroecosistemas en los que se practica la agricultura familiar se cultivan los granos básicos: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), arroz de secano (*Oryza sativa* L.) y sorgo millón y/o blanco (*Sorghum bicolor* L.). Estos se establecen como cultivos puros en rotaciones, intercalando maíz con frijol, maíz con frijol y sorgo millón o maíz con frijol y sorgo blanco, maíz con sorgo millón en asocio simultáneo, sorgo millón en relevo del maíz.

En un gran número de agroecosistemas en los que se cultivan granos básicos con un enfoque de agricultura familiar están implementando prácticas agroecológicas, pero no hay información científica que constatare las bondades y aportes de estas prácticas desde un punto de vista sistémico (cultivos, crianza de animales, suelo, flora, etc.) y holístico (agroambiental, social y económico). Para tal propósito, el proyecto “*Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN)*”



de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971)”, financiado por la Comunidad Europea, y coordinado por el Programa de Campesino a Campesino de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (PCaC - UNAG), tiene claramente como resultado número uno que el modelo tecnológico con enfoque agroecológico evaluado científicamente sea difundido entre los productores para sustentar el trabajo de incidencia.

La presente publicación contribuye al logro de ese resultado, para lo cual se seleccionaron dos fincas en Diriamba, Carazo y otras dos en Chinandega. Estas fincas tienen en común el cultivo de granos básicos bajo un enfoque de agricultura familiar, en las cuales se desarrolló una serie de investigaciones en la que participó estudiantes de grado y posgrado de la Universidad Nacional Agraria (UNA), cuyo propósito consiste en una evaluación agroecológica considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- ◆ Evaluar agroecológicamente dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua, considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales.

2.2. Específicos

- ◆ Diagnosticar el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Cuantificar los flujos de nutrientes (entradas y salidas) a través de un balance aparente de nutrientes (N, P y K) en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Determinar las características físicas y químicas del suelo en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Identificar taxonómicamente los organismos de macrofauna edáfica y su funcionalidad en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Identificar la flora arbórea y su funcionalidad en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Determinar la estructura dasométrica y las características silviculturales de la flora arbórea en dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.
- ◆ Cuantificar el grado de sostenibilidad de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua.

III. METODOLOGÍA

3.1. Localización de las fincas y periodo de estudio

La evaluación agroecológica de los agroecosistemas con granos básicos, considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales, en Diriamba y en Chinandega, se llevó a cabo en los años 2015 y 2016. En la tabla 1 se expresa la comunidad, nombre y área de la finca, la localización y características climáticas y edáficas

Tabla 1. Localidad, nombre y área de la finca, localización y características climáticas y edáficas

| CARACTERÍSTICAS | DIRIAMBA | | CHINANDEGA | |
|----------------------------|---|---|--|---|
| COMUNIDAD | RÍO LIMÓN | | LA GRECIA | |
| Nombre del productor (a) | *Miguel Ángel Sandino Sánchez | Evelio Sandino Sánchez | *Blanca Victoria Landeros | Alejandro García |
| Nombre de la finca | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| Área de la finca (ha) | 9.1 | 9.8 | 2.1 | 8.4 |
| Coordenadas | 11° 49' 18.8"`` latitud norte 86°14' 30.80"`` longitud oeste | 11° 49' 20.5"`` latitud norte 86°14' 22.00"`` longitud oeste | 12° 41' 18.24"`` latitud norte y 87° 05' 8.7"`` longitud oeste | 12°39' 10.3"`` latitud norte y 87°8' 4.0"`` longitud oeste |
| Clima | Húmedo y relativamente fresco | | Seco | |
| Altitud (msnm) | 468 | 468 | 220 | 75 |
| Precipitación (mm/año) | 1,200 y 1,400 | | 2,000 | 2,000 |
| Temperatura promedio (°C) | 25 y 27 °C | | Medias de 26 °C y Máximas hasta de 42 °C | |
| Tipo de Suelo | Franco-Limoso y Franco-Arenoso | | Franco Arcilloso y presenta una erosión fuerte | |
| Rubro común | Características de estas fincas es que se cultivan granos básicos | | | |

*: Promotores agroecológicos calificados y miembros de MAONIC

Estas fincas se subdividieron en lotes considerando pendiente, vegetación, cultivos anuales, cultivos perennes, ganado y pastos, lo que se expresa en la tabla 2.

Tabla 2. Lotes de las fincas a caracterizar agroecológicamente

| LOTE | DIRIAMBÁ | | CHINANDEGA | |
|------|------------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| I | Bosque | Bosque | Maíz Amarillo | Sorgo |
| II | Musácea más guayaba y café | Maralfalfa | Bosque | Maíz |
| III | Frijol más maíz | Frijol más maíz | Frijol demostrativo | Pasto brachiaria |
| IV | Sorgo más gandul como cercas vivas | Sorgo | Maíz blanco | Pasto brachiaria |
| V | Frutales | Pasto | Frijol | King grass y Camerún |

3.2. Enfoque de la investigación y diseño metodológico

El enfoque de la investigación para la evaluación agroecológica de los cuatro agroecosistemas con granos básicos considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales es mixto (cualitativo y cuantitativo) y no experimental, cuyo diseño metodológico es descriptivo y correlacional del tipo transeccional para lo cual se aplicaron diferentes metodologías y herramientas.

Para el diagnóstico del grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad, en los cuatro agroecosistemas, se aplicó la metodología de Vázquez (2013a), que tiene seis componentes, 64 indicadores y un coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB), que categoriza a la finca en diferentes grados de complejidad de sus diseños y manejos de la biodiversidad (Tabla 3 y 4). El valor de cada indicador oscila en el intervalo cerrado de 0 a 4.

Tabla 3. Componentes, indicadores por componente y fórmula para calcular el componente y el coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB)

| COMPONENTES | INDICADORES | FÓRMULA | CMB |
|--|-------------|--|--|
| Diseño y manejo 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 |

Tabla 4. Nivel de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en el agroecosistema

| MCB | GRADO 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) |

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo en los cuatro agroecosistemas, se estimaron los siguientes parámetros: **profundidad del suelo** (cm) a través de un barreno, **densidad aparente** ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) mediante un cilindro de PVC, **porosidad** (%), **infiltración** ($\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$), **materia orgánica (MO)** a través del efecto de agua oxigenada 30% y categorizarla según la tabla 5, **pH** mediante cinta y **textura** a través del tacto. Para que el productor pueda, en un futuro, evaluar su sistema, se utilizaron métodos de campo debidamente calibrados elaborado por García (2015).

Tabla 5. Categorización de de la presencia de materia orgánica (MO) en el suelo, García (2015)

| CATEGORÍA | OBSERVACIÓN | PRESENCIA DE MO |
|-----------|--|-----------------|
| 1 | No se observa efervescencia, ni se escucha al oído | Nula |
| 2 | No se observa efervescencia, pero se escucha al oído | Baja |
| 3 | Se nota efervescencia claramente | Media |
| 4 | La efervescencia es rápida y sube lentamente | Alta |
| 5 | La efervescencia es rápida y sube rápidamente | Muy alta |

Los parámetros arriba descritos se categorizaron basados en la tabla 6. La densidad aparente se estimó para poder calcular la porosidad del suelo.

Tabla 6. Categorías de valoración de los parámetros evaluados (García, 2015)

| CATEGORÍA | PARÁMETROS DEL SUELO | | | | | |
|-----------|----------------------|---------------------|------------------|---------------------|-----------|------------------|
| | Profundidad (cm) | Porosidad totak (%) | Materia orgánica | Infiltración (cm/h) | Ph | Textura |
| 1 | <25 | >70 | Nula | <1.95 | <5.2 | Arcillosa |
| 2 | 25 - 50 | <39 | Baja | >25 | >7.5 | Arenosa |
| 3 | 50 -100 | 51 - 55 | Media | 13 - 25 | 5.3 - 5.9 | Franco arenoso |
| 4 | 100 - 150 | 56 - 69 | Alta | 2 - 6 | 6.6 - 7.4 | Franco arcilloso |
| 5 | >150 | 40 - 50 | Muy alta | 6.1 - 12 | 6- 6.5 | Franco |

Para la cuantificación de los flujos de nutrientes (entradas y salidas) a través de un balance aparente de nutrientes (N, P, K), en los cuatro agroecosistemas, se consideraron las entradas y salidas de nutrientes de cada agroecosistema (Tabla 7).

Tabla 7. Entradas y salidas de nutrientes que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes (N, P, y K)

| APORTES O ENTRADAS DE NUTRIENTES (E) | EXPORTACIÓN O SALIDAS DE NUTRIENTES (S) |
|--|---|
| Aporte de fertilizantes minerales (kg.ha ⁻¹) | Cosecha del producto (kg.ha ⁻¹) Residuos de cosecha (kg.ha ⁻¹) |
| Aporte de material orgánico (kg.ha ⁻¹) | Pérdidas por quema (kg.ha ⁻¹) |
| Balance aparente (N, P, y K)= Entradas (E) - Salidas (S) | |

Para la identificación taxonómica de los organismos de la macrofauna edáfica y su funcionalidad, en los cuatro agroecosistemas, se utilizó el método del Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) propuesto por Anderson y Ingram (1993). Cada monolito tenía las siguientes dimensiones: 25 cm x 25 cm x 30 cm, el que se subdividió en tres estratos sucesivos (Hojarazca-10cm, 10-20cm, 20-30cm de profundidad). Este procedimiento se realizó en cinco puntos de muestreos por lote para un total de 25 muestras por finca, con distanciamiento de cinco metros entre monolitos, colocados en zigzag de forma aleatoria. Los especímenes fueron extraídos en el sitio del muestreo golpeando y quebrando los trozos de suelo y revisando la hojarasca. Seguidamente se extrajo la tierra de cada estrato, y se depositó en una bandeja por estratos para su respectiva revisión. Los especímenes frágiles de cada estrato fueron extraídos con un pincel y el resto con una pinza; se colocaron en un frasco plástico con su respectiva información (finca, lote, número de muestra y profundidad); las lombrices fueron conservadas en formaldehído al 4% para evitar la supuración de la mucosa y el resto de la macrofauna en alcohol al 70% para la identificación.

Las muestras recolectadas se trasladaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional Agraria para su respectiva identificación. Se extrajeron los especímenes de los frascos con cuidado y se colocaron en papel toalla. Una vez secos se ubicaron sobre un vidrio reloj bajo el lente de un estereoscopio, donde se detallaron sus características morfológicas para ser clasificados taxonómicamente desde Phylum hasta familia. Para la identificación se utilizaron claves taxonómicas de diferentes literaturas como Andrews et al., (1989), Coronado y Márquez (1991), Cabezas (1996), Coto (1998), Ayala y Monterroso (1998), McGavin (2000), Mendoza y Gómez (2006), Jiménez (2009) y Cabrera (2014). Posteriormente, una vez identificados los especímenes de la macro fauna edáfica, a nivel de familia, se procedió a determinar su rol funcional.

La identificación de la flora arbórea y su funcionalidad, en los cuatro agroecosistemas, se realizó mediante inventarios forestales en el bosque latifoliado heterogéneo y en el bosque latifoliado con vegetación arbórea dispersa que consistieron en el establecimiento de parcelas de muestreo rectangulares, fajas y censos.

El muestreo fue sistemático y se partió de un extremo (Punto de referencia), el cual sirvió de base para tomar una dirección azimutal (una dirección angular), tanto de la línea base, de las líneas de inventarios, como de las parcelas.

En Diriamba, las dimensiones de las parcelas del muestreo sistemático en el bosque latifoliado heterogéneo de las fincas El Chipote y El Manantial fueron de 20 m de ancho por 50 m de largo. Las franjas del muestreo sistemático en el bosque latifoliado con vegetación arbórea dispersa fueron de 2 m de ancho por longitud variable con 10 m de distancia entre cada franja. Las unidades lineales de muestreo de las cercas vivas y barreras vivas fueron de 100 m de longitud a lo largo del lindero o cerca.

En Chinandega, en ambas fincas, Santa María y Santa Rosa, se realizó un censo. En todos los inventarios forestales de reconocimiento se consideraron árboles de al menos con 10 cm de grosor o diámetro.

La determinación de la estructura dasométrica y de las características silviculturales de la flora arbórea se realizó a través de las siguientes variables: **especie, diámetro (cm) a la altura del pecho** (DAP), medido a 1.30 m sobre el nivel del suelo (CATIE, 2002) medida en metros; **diámetro de copa** expresado en metros (DC), que se obtiene realizando dos o más mediciones, siendo el DC equivalente al área de una circunferencia, definido por el promedio de mediciones; **altura de planta** expresada en metro (Ht), para la cual se utilizó la pistola de Blume Leeis, que a una distancia de 10 a 15 metros determina una medición del ápice a la base del árbol, **calidad de fuste** (CF), que se categorizó como: 1: fuste recto, 2: fuste inclinado con ángulo entre 1 y 45 grados, 3: fuste muy inclinado con ángulo mayor de 45 grados y 4: fuste completamente dañado; **incidencia de iluminación** (IL), para la cual se usaron las categorías de Hutchinson (1993): 1: iluminación vertical plena además de lateral (emergente), 2: iluminación vertical plena y parcial. 3: iluminación oblicua únicamente y 4: sin ninguna iluminación directa; **presencia de lianas** (L) con las categorías siguientes: 1: presencia de lianas y 2: ausencia de lianas; **estado fitosanitario** (F) con las siguientes categorías: 1: árbol sano y 2: árbol dañado; **estructura horizontal**: se describe como la distribución matemática que presentan las variables cualitativas medidas en el mismo plano principal, el diámetro de los árboles a la altura del pecho (DAP) y el área basal (Quirós, et al., 2001) y **volumen de existencia** que hace referencia al fuste limpio (desde el tocón o contrafuertes hasta la punta de la copa o la primera rama principal) medido con corteza (volumen con corteza, excluidas, por tanto, las ramas) a la altura del pecho (FAO, 1998).

Para la cuantificación del grado de sostenibilidad de los cuatro agroecosistemas se aplicó La Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad de Finca (HESOFI); elaborada por Bertinaria (2016) y Bertinaria et al (2016), que contiene indicadores parametrizados con puntaje, lo que permite una comparación numérica que pone en relación una o diferentes fincas en diferentes ambientes, y también las mismas fincas en tiempos diferentes.

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 sistema. El segundo nivel de análisis engloba los componentes de cada criterio de la sostenibilidad en un nivel intermedio,

que permite una mejor diagnosis de la sostenibilidad de la finca. El tercer nivel está formado por los indicadores de cada componente que permiten evaluar la situación de campo (Tabla 8).

Los indicadores tratan los conceptos de la sostenibilidad y cada indicador corresponde a una pregunta que ayuda en la recolección de la información. Cada respuesta es medida con rangos que permiten evaluar el grado de sostenibilidad de la respuesta/indicador.

Cada criterio o dimensión de la sostenibilidad tiene el mismo peso en línea con el principio de sostenibilidad (100 puntos). Además, se utilizan diferentes aspectos interpretativos para cada criterio porque de esta manera la sostenibilidad está considerada en su complejidad.

La herramienta se puede adaptar a la evaluación de diferentes sistemas agroalimentarios, confrontándolos no solo a nivel de indicador, sino que también a nivel de componente y de criterio. En el caso de fincas agroecológicas, sistemas agrícolas diversificados, se requiere analizar la sostenibilidad a nivel de finca-sistema. En la tabla 8 se muestran los criterios, componentes y número de indicadores por componente y su valor teórico respectivo.

El **criterio o dimensión socio-político-cultural** recopila la información sobre las dinámicas sociales del productor y su familia que están influenciadas por el sistema de la finca y su territorio. El componente bienestar incluye los datos que se refieren a la salud, a las condiciones de la vivienda, a la educación y a la alimentación. También se toma en cuenta las relaciones que tienen el productor y su familia: las relaciones internas a la finca analizan el grado de involucramiento de los jóvenes, la equidad de género, la toma de decisiones y la organización interna; las relaciones externas a la finca describen las relaciones con las instituciones, las empresas, las realidades colectivas sociales, como también las oportunidades formativas de los productores y la relación con los consumidores. En el componente cultura y territorio se subraya el ligamen con los saberes rurales y la historia de la comunidad, la identificación de la comida como aspecto que caracteriza un pueblo y condiciona las técnicas de producción, la propiedad de la tierra.

En el **criterio o dimensión económica** se recaba la información clave relacionada a la propensión del productor y su familia en invertir en el desarrollo de la finca con eficiencia y dinamismo. Esto permite un análisis también cuando faltan datos financieros numéricos y puede dar una visión sobre las condiciones económicas de las familias de los productores. De hecho, en el componente desarrollo, se registra por ejemplo la presencia de actividades turísticas, la diversificación de la producción, los ingresos generados por la venta. En el componente eficiencia y dinamismo, por otro lado, se incluyen, la tipología de la mano de obra, la diversificación de los mercados, si la finca es autosuficiente en los insumos o si tiene certificaciones de producto.

El **criterio o dimensión agroambiental** recaba la información clave de la producción y de las prácticas de manejo de la finca y condiciones en que se encuentra como también recopila la información relacionada al medio ambiente y al manejo de recursos naturales. El componente biodiversidad releva datos sobre el asocio, las variedades locales y el número de especies. El componente territorio se refiere a las prácticas de protección

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

del territorio o a la presencia de ambientes de regeneración natural. Todas las prácticas que tratan los temas de la fertilización, las rotaciones o el uso eficiente del agua definen el componente suelo y agua, mientras que el componente defensa de los cultivos analiza el uso de los productos para las técnicas de defensa. El componente energía se refiere al uso de fuentes de energía renovables como al material y tipología del empaque. En el componente crianza se agregan todas las informaciones sobre las técnicas de manejo del animal, desde la alimentación a la reproducción, subrayando también la diversidad de las razas o la presencia del pastoreo.

Con esta herramienta metodológica se determinan tres niveles de índices. El primer nivel corresponde al agroecosistema. Este se determina 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 corresponda a los componentes de cada dimensión, el cual 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, para lo cual 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 aceptables.

Tabla 8. Criterios o dimensiones, componentes, número de indicadores por componente y el valor teórico de HESOFI

| DIMENSIONES | 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) | 10 (16.7/10) |
| | Sub Total | 32 |
| Σ300 | Total de Indicadores | 69 |

3.3. Análisis de datos

Los datos de la aplicación de la metodología de Vázquez (2013) y los de los parámetros físicos y químicos del suelo se presentan en gráficos radiales, elaborados a través del programa EXCEL. Las estimaciones de los balances aparente de nutrientes (N, P y K) se muestran en tablas y figuras.

La identificación taxonómica de la macrofauna edáfica y de la flora, así como su rol funcional se presentan en tablas de frecuencia. Con los datos de la identificación taxonómica de la macrofauna edáfica y de la flora (Taxón y abundancia) se calcularon los índices de **Renyi y Bray-Curtis**, los que se grafican en líneas y barras.

El índice de diversidad de Renyi o diversidad alfa depende de los valores de alfa, y se comporta de la manera siguiente: cuando alfa es igual a 0, el índice da el valor observado de **riqueza** del taxón; alfa es cercano a 1 el perfil se comporta como el índice de Shannon-Weaver (**Uniformidad**); alfa es igual a 2 se comporta como el índice de Simpson (**Dominancia**); para valores infinitos muy grande se comporta como el índice de Berger-Parker (**Equidad**). (Gómez, 2008)

Índice de distancia de Bray-Curtis o diversidad beta determina la distancia ecológica entre dos agroecosistemas (fincas) o dos sub sistemas dentro de una misma finca. Los valores de diversidad beta oscilan entre 0 y 1. Si el valor es cercano a 0 los sub sistemas o agroecosistemas son completamente diferentes en cuanto a su composición taxonómica. En la medida que el valor se acerca más a 1 los sub sistemas o agroecosistemas son más similares.

Posteriormente, se realizó el escalado multidimensional no métrico para la comprobación de la hipótesis, todo esto se hizo aplicando el análisis de multivarianza basado en disimilitudes (Kindt y Coe, 2005). Para categorizar el taxón con el índice de disimilitud se tomaron diferentes rangos para agruparlos y consistió en los siguientes valores: $0 \leq \text{disimilitud alta} \leq 0.33$, $0.33 < \text{disimilitud intermedia} \leq 0.66$ y $0.66 < \text{disimilitud baja} \leq 0.99$.

Finalmente, los resultados de HESOFI se presentan en gráficos de barras y radiales, elaborados a través del programa EXCEL, y en una tabla de frecuencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas

Hugo René Rodríguez González, Yeltsin Joell Aguilera Quiroz, Maxdali de los Ángeles Pilarte Morraz, Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez, Noel Modesto Galeano Altamirano y Orlan Gabriel García López, Carlos Iván Cáceres Gutiérrez

El Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas se realizó en dos fincas en Diriamba (El Chipote y El Manantial), y dos en Chinandega (Santa María y Santa Rosa) mediante la metodología de Vázquez (2013a).

4.1.1. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva

La biodiversidad es la fuente de las plantas y animales que forman la base de la agricultura y de la inmensa variedad dentro de cada uno de los cultivos y especies de ganado. Otras especies innumerables contribuyen a las funciones ecológicas esenciales (PNUMA, 2008).

En la figura 1 se muestran los indicadores del diseño y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr). La finca El Chipote presentó un mejor diseño y manejo de su biodiversidad productiva alcanzando un valor de 2.87; la finca El Manantial obtuvo 2. En la Finca El Chipote, de los 18 indicadores se cumplen con 9 en su punto óptimo y la Finca El Manantial con 1. La finca que alcanzó el mejor valor tiene mayor diversidad de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, una alta diversificación; presenta policultivos con una variedad de especies. Este agricultor obtiene gran parte de sus semillas y el alimento de sus animales. La finca “El Manantial” realiza poco asocio de cultivos, hay poca diversidad de los rubros productivos; se especializa más en la actividad pecuaria, con tierras destinadas a la producción de pasto.

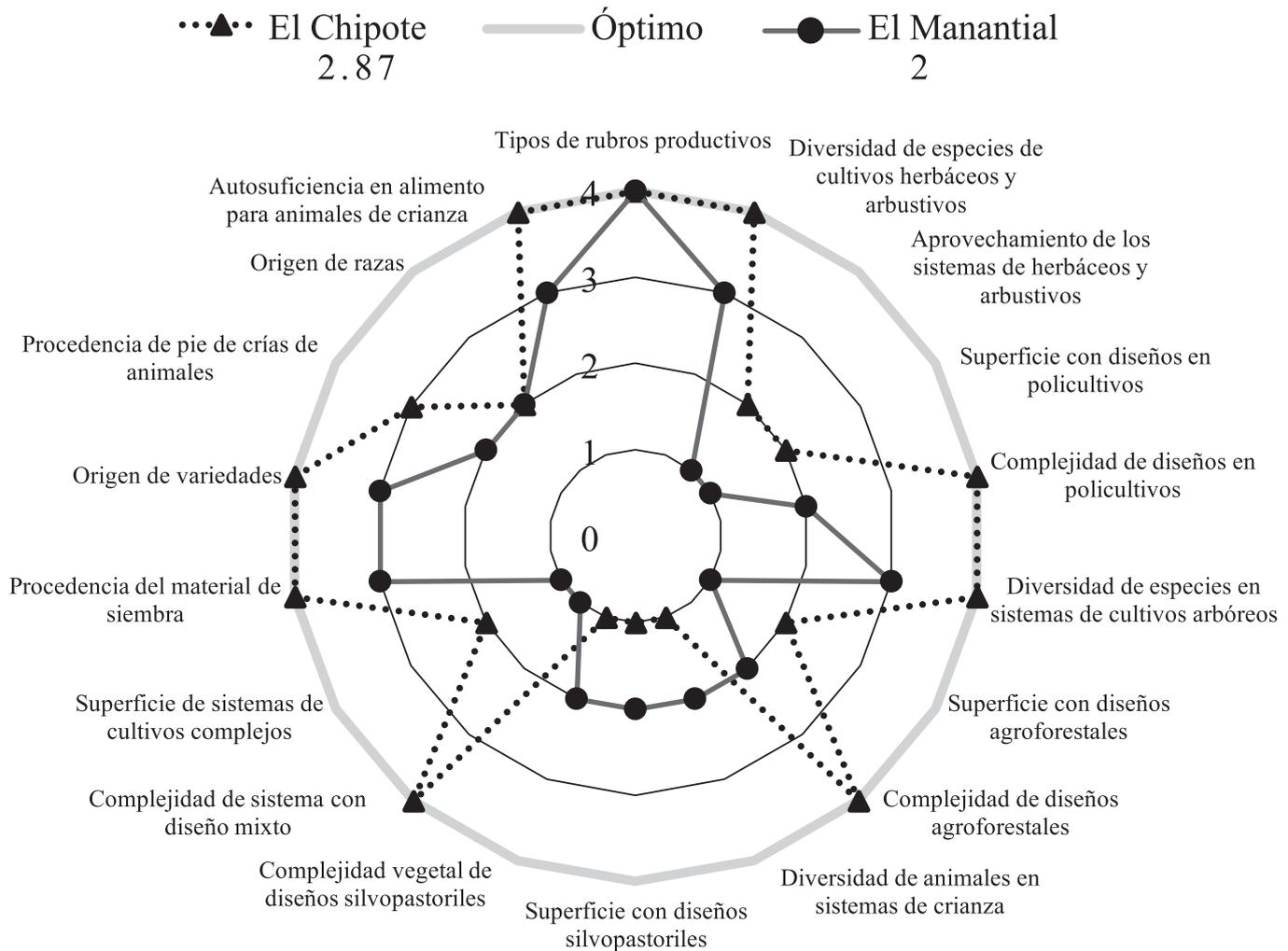


Figura 1. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo, 2015-2016.

La finca Santa Rosa, en Chinandega, presentó un valor para el diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva de 1.6, mientras que la finca Santa María 0.88. La finca Santa Rosa al poseer mayor número de rubros productivos (maíz, sorgo, pasto y ganado) y diversas especies de animales de cría (ganado, cerdos y gallinas), producir la mayor parte de los pies de cría y el material para la siembra y al menos el 75% de alimentos para sus animales de crianza, obtiene los mejores resultados para este componente (Figura 2). Las fincas no presentan diversidad de cultivos arbóreos y diseños mixtos, estas prácticas agroecológicas de implementarse podrían aumentar la productividad.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA



Figura 2. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

Ambas fincas carecen de superficies con diseños silvopastoriles y de diseños agroforestales, al no existir este tipo de diseños; en el análisis de complejidad se ven afectadas. Las semillas para la siembra tienen procedencia nacional, no son producidas y almacenadas dentro de la finca.

4.1.2. Manejo y conservación del suelo

En Diriamba, la finca El Chipote alcanzó un valor de 3.11 debido a que de los 7 indicadores, 5 cumplen en el punto óptimo (Figura 3), esto demuestra que el productor realiza frecuentemente una rotación con cultivos anuales, realiza incorporaciones de abonos verdes, restos de cosechas y sus implementos de labranza son especializados en la conservación. La Finca El Manantial obtuvo 1.44 debido a que ninguno de los indicadores está en sus puntos óptimos, el área de cultivos anuales es pequeña y se realiza el establecimiento del mismo cultivo todos los años. No realiza un laboreo mínimo y pocas prácticas anti erosivas.

En la finca El Manantial no se incorpora biomasa orgánica y en la finca el Chipote se hace en menos del 25 % de la superficie de la finca. El aumento de la materia orgánica disponible en el suelo permitiría aumentar las reservas de nutrientes en el mismo y propiciar el aumento de las poblaciones de organismos benéficos como artrópodos y microorganismos.

Mediante la descomposición de los residuos y el almacenamiento del carbono dentro de su propia biomasa o mediante la reconstrucción de nuevas estructuras de carbono, la biota del suelo tiene una función muy importante en los procesos de reciclaje de nutrientes (FAO, 2017).

La finca Santa María, en Chinandega, obtuvo un mayor valor con 2.24 para el manejo y conservación del suelo, la finca Santa Rosa presenta un valor de 1.02 (Figura 4). La primera finca tiene una mayor superficie de rotación de cultivos, con más del 75% del agroecosistema; incorpora dos tipos de biomasa orgánica (compost y cenizas), ayudando a mantener la fertilidad del suelo, que se realiza en una superficie mayor al 75% del campo. En toda la superficie cultivada incorpora biomasa orgánica, además realiza laboreo mínimo en una superficie mayor al 50% del área, esto permite la incorporación de los rastrojos al suelo que mejoran su estructura, capacidad de retención de agua y nutrientes. La finca Santa Rosa no tiene un sistema de rotación de cultivos diseñado, rota menos del 25% de la superficie cultivada e incorpora solo un tipo de biomasa orgánica (rastrojos); esto se emplea solo en el 26% de la superficie cultivada, el área donde se siembra maíz y sorgo se dejan los rastrojos, utilizándolos para alimentar el ganado y los que no son aprovechados se incorporan al suelo. Presenta una superficie de siembra con laboreo mínimo de menos del 20%. La preparación del suelo la realiza de forma mecanizada (tractor y dos pases de gradas), la siembra es de forma manual.

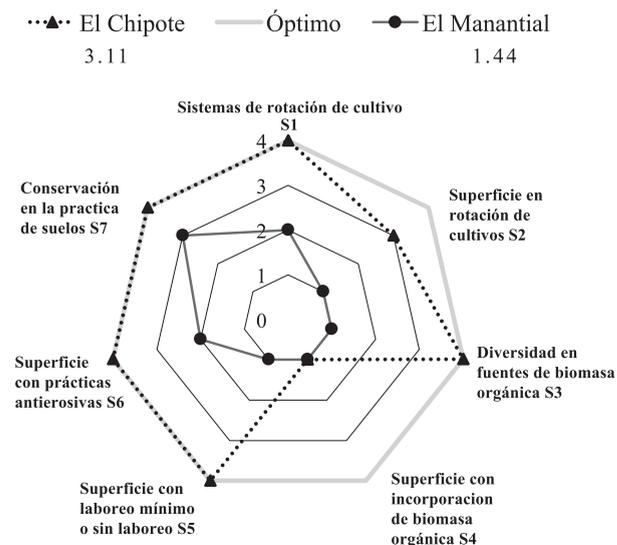


Figura 3. Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo, 2015-2016.

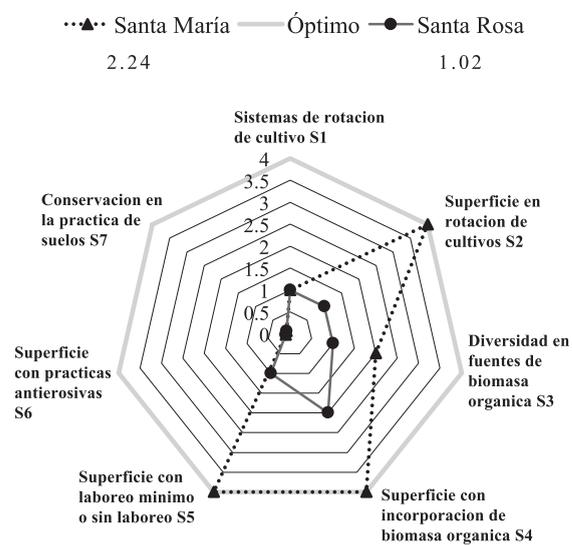


Figura 4. Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.3. Manejo y conservación del agua

Ambas fincas, en Diriamba, no utilizan sistemas de riego para aprovechar las épocas secas. En la finca El Chipote se encontró un valor de 1.86 debido a que utiliza una fuente artesanal para abastecerse de agua para la actividad agrícola y se realizan obras de drenaje de agua. En la finca El Manantial se obtuvo un valor de 1.14; realizan pocas prácticas que ayudan al drenaje de sus aguas (Figura 5). Ambas fincas no aprovechan el agua que disponen de sus pozos para la actividad agrícola, solo es empleada en labores del hogar y producen sus cultivos en la época lluviosa. Una alternativa para producir vegetales durante la época seca es gestionar un sistema de riego por goteo para aprovechar sus pozos.

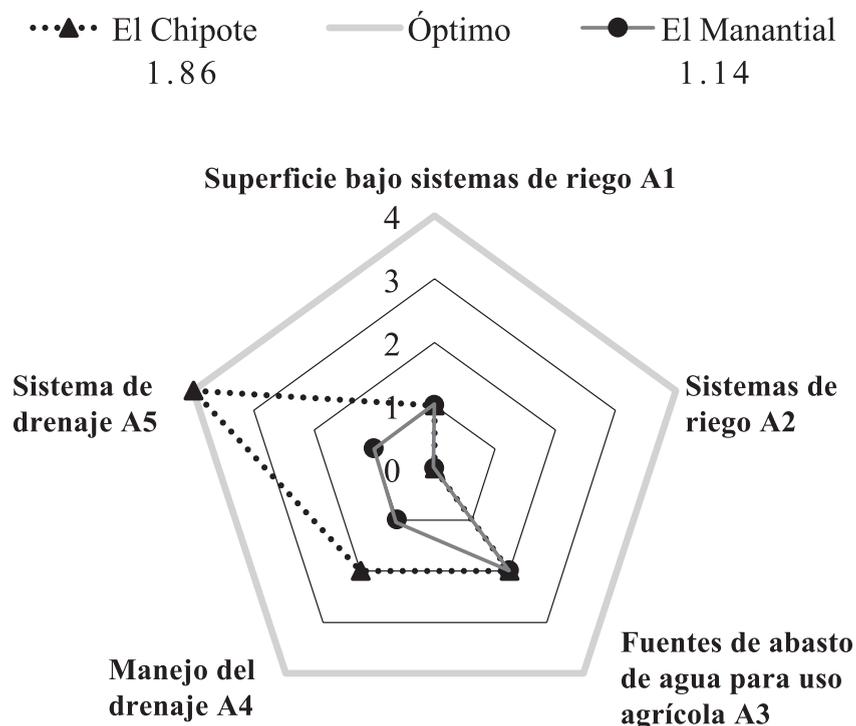


Figura 5. Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo, 2015-2016.

En la finca Santa Rosa, en Chinandega, el manejo y conservación del agua tiene un valor de 0.64, en la finca Santa María los indicadores muestran un valor de 0.10 (Figura 6). La finca Santa Rosa posee un pozo para uso agrícola, también tiene acueducto, éste es el único indicador que se presenta en la finca. Ninguna de las fincas presenta sistemas de riego, ni drenaje en las áreas cultivadas, en ambas no presentan manejo del drenaje afectando así al suelo por acción mecánica de las precipitaciones en época lluviosa.

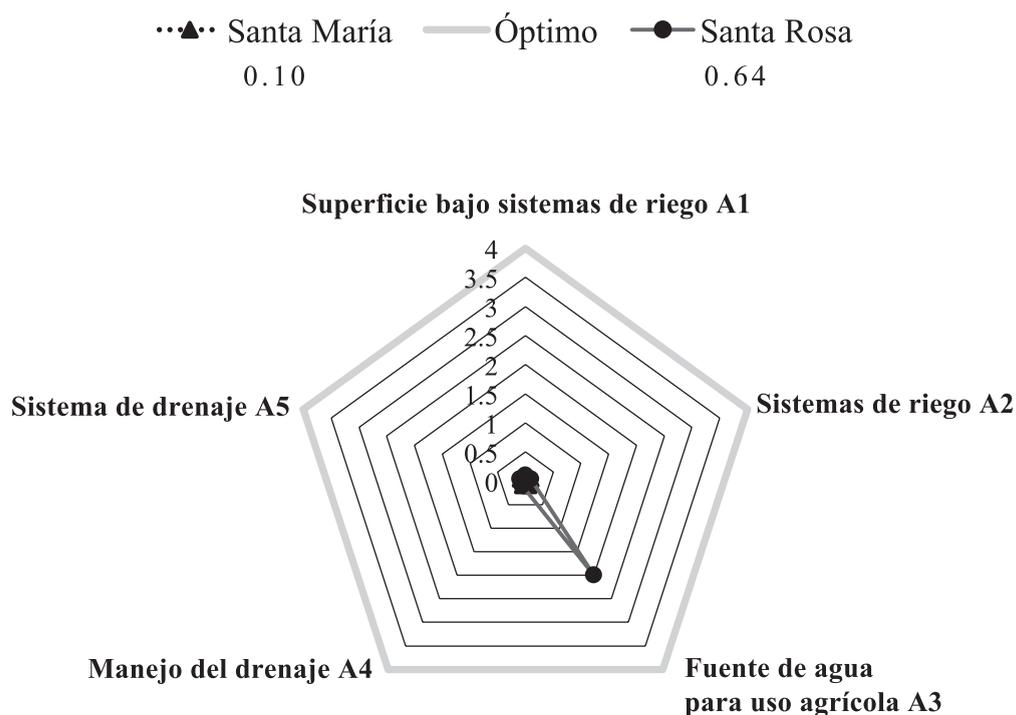


Figura 6. Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega 2015-2016.

Este resultado para el componente “Manejo y Conservación del Agua” tipifica a las cuatro fincas con valores inferiores porque la metodología empleada recalca en dos de los cinco indicadores la exigencia de un sistema de riego. La presencia de una fuente de agua y su explotación debe ser amigable con el uso eficiente del recurso en todo el sistema, pero la existencia o no de un sistema puede deberse a la incapacidad de dicha fuente para recuperar caudal en un tiempo prudencial, esta razón no es a causa de factores predispuestos por los agricultores sino una realidad en el campo cuando existe escases de agua en el manto acuífero.

4.1.4. Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

En la finca El Chipote se encontró el valor de 3.57 (Figura 7), este agricultor de Diriamba utiliza insumos biológicos para el manejo de plagas y enfermedades, la mayor parte de los insumos son generados dentro del sistema, reduce intervenciones de rubros productivos vegetales, que fortifica la soberanía tecnológica e independencia de insumos externos. La finca El Manantial obtuvo 0.43 debido a que todas las intervenciones son hechas con productos sintéticos de distintas casas comerciales; es totalmente dependiente de ellas.

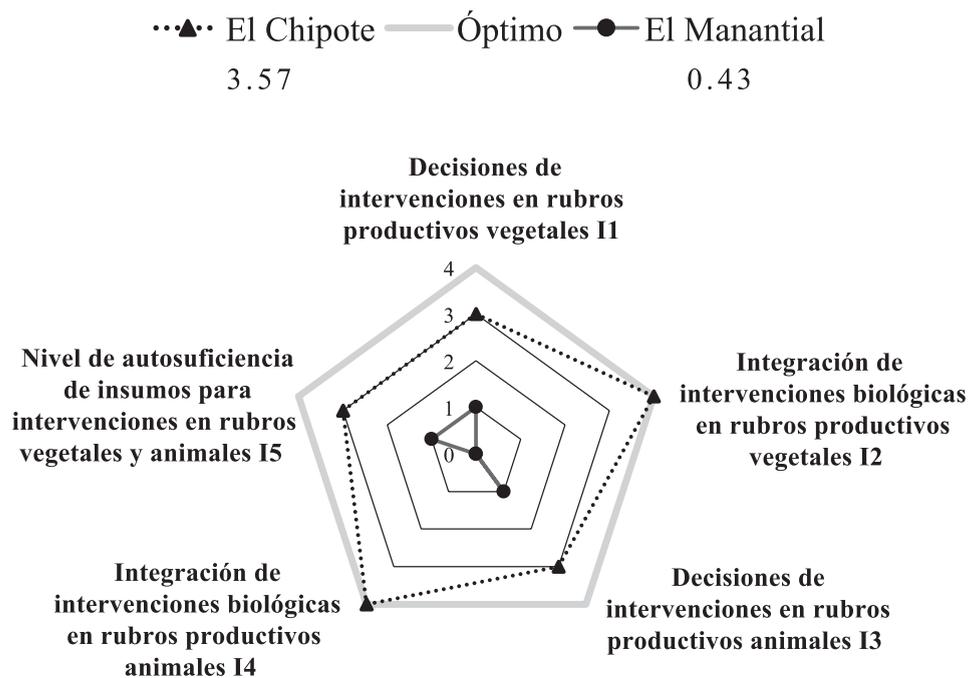


Figura 7. Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo 2015-2016.

El agroecosistema el Manantial tiene grandes posibilidades de mejorar en este componente no por la supresión total de intervenciones del tipo sintético sino por la disminución progresiva de las mismas y por la integración de aplicaciones biológicas con insumos inicialmente obtenidos de otros sistemas y a futuro producidas dentro de la finca.

La finca Santa María, en Chinandega, presenta un mayor valor con 1.34 para el componente del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, en comparación con la finca Santa Rosa que presenta un valor de 1 (Figura 8). La finca Santa María tiene mayor ventaja al realizar intervenciones con un 60% de insumos biológicos utilizando biofertilizante, compost y cenizas; elaborado en la finca, la aplicación de estos productos benefician a la flora y fauna del suelo. La finca Santa Rosa efectúa intervenciones biológicas vegetales y animales, pero utiliza menos del 25% de insumos biológicos en ambas intervenciones utilizando productos sintéticos como la cipermetrina ($C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$) para el control de plagas en los cultivos.

La finca Santa María presenta óptimos resultados solo para la integración de intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales. Esta finca está destinada a la producción vegetal. El no poseer la presencia del componente animal dentro del sistema evidencia una medición inferior, al no presentarse todos aquellos indicadores referidos a este y sus intervenciones sanitarias resultarán en una caída del valor parcial de su complejidad como sistema.

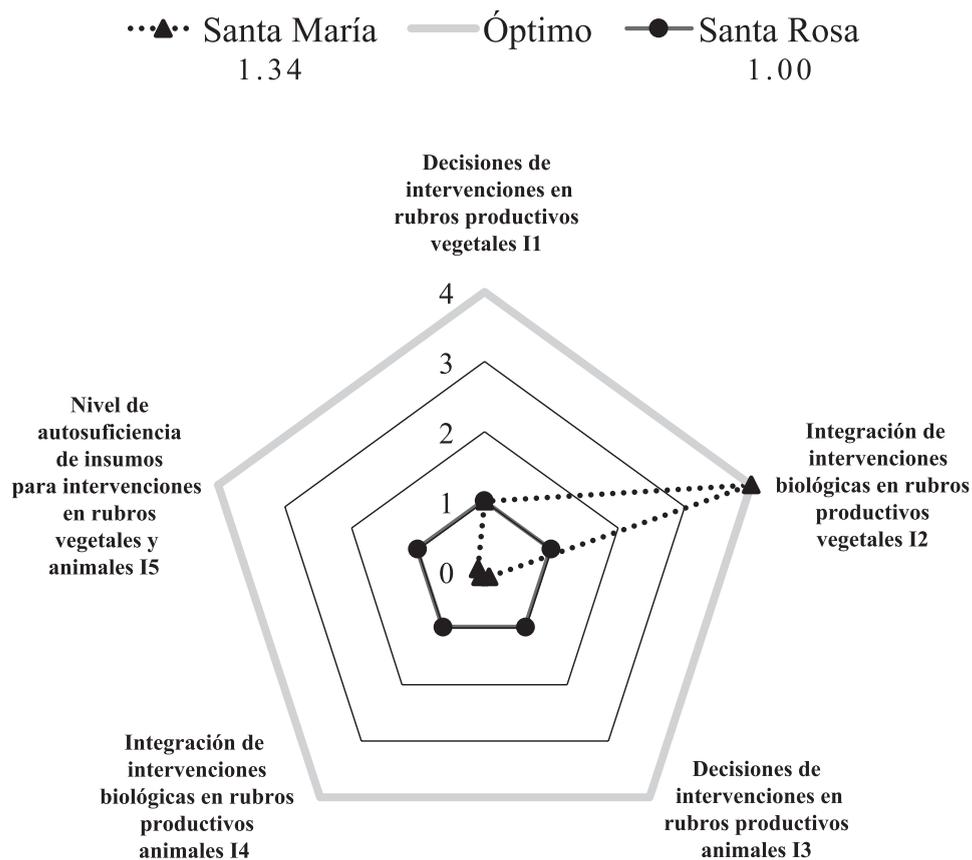


Figura 8. Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.5. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar

El agroecosistema El Chipote logró un valor de 3.41; de los 15 indicadores para este componente cumple con 9 en el grado óptimo y la finca El Manantial con un valor de 2.05, en ningún indicador alcanzó el óptimo (Figura 9). En Diriamba, el productor de El Chipote entiende la importancia del uso de barreras vivas, estableciéndolas en más del 75 % de su finca, estas barreras con diversidad de especies y el manejo de ambientes seminaturales con una buena diversidad estructural y cercas perimetrales, que son importantes para la conservación y el manejo de una gran diversidad de flora y fauna, resultando un complemento útil en la conservación de los recursos.

En la finca El Manantial se encontraron barreras vivas en la mitad de sus campos integradas en los cultivos. Las barreras vivas generalmente proveen un hábitat y un sitio de refugio para una variedad de enemigos naturales incluyendo arañas y escarabajos depredadores.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

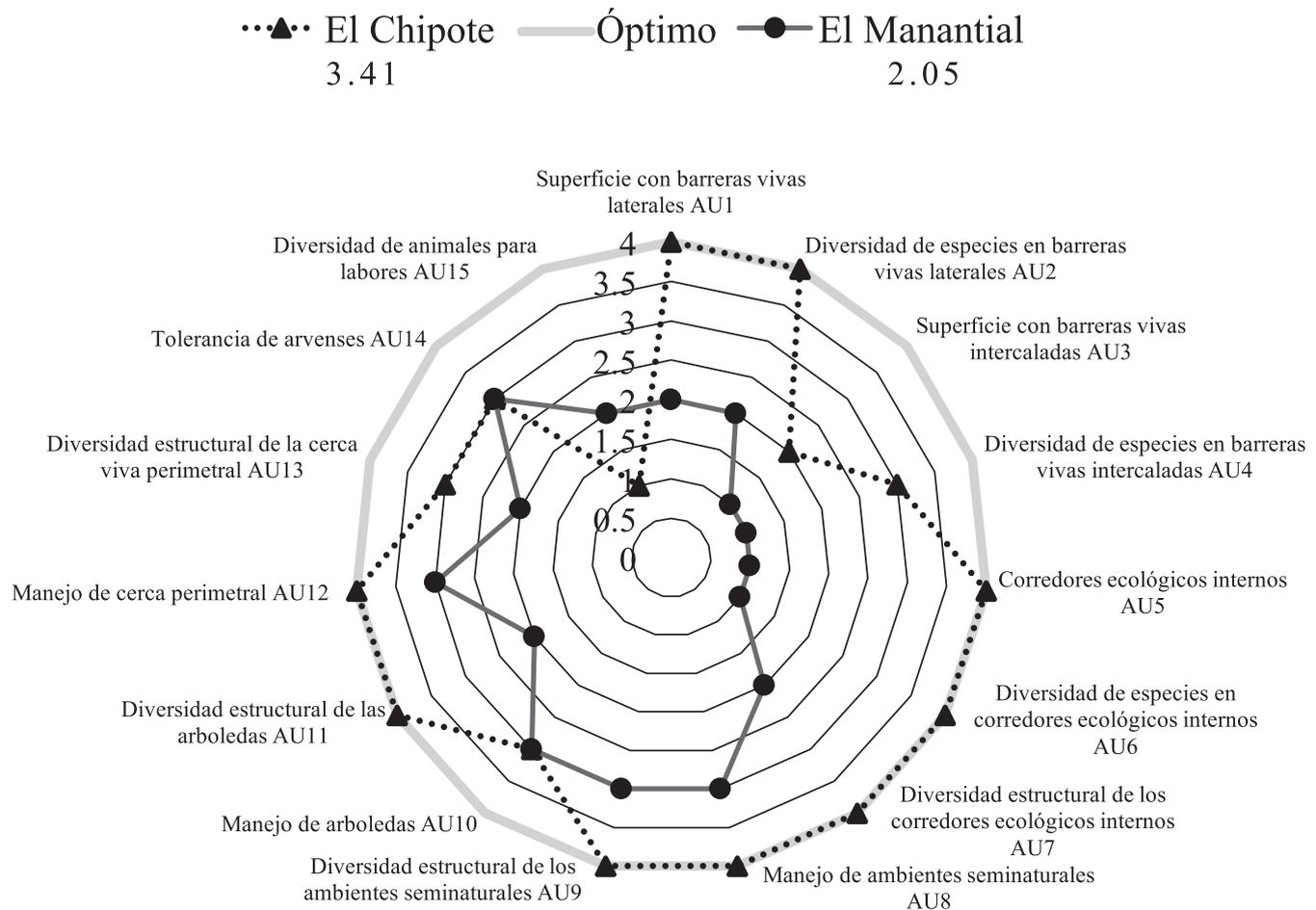


Figura 9. Manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) en dos agroecosistemas con granos, Diriamba, Carazo, 2015-2016.

La finca Santa María presenta un valor de 2.03 y la finca Santa Rosa muestra un valor de 1.66 para los resultados del diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (Figura 10). En la finca Santa María al menos el 51% del campo tiene barreras vivas con más de tres especies, entre ellas: guanacaste blanco (*Enterolobium cyclocarpum* J.) y genízaro (*Samanea saman* J.). En esta finca, al poseer especies arbustivas se incrementa la biomasa orgánica que se incorpora al suelo, posee pocas barreras vivas intercaladas con menos del 25% en el campo, en el manejo de ambientes seminaturales integran plantas necesarias, presenta arboledas con un número de especies mayor a cinco y se observa tolerancia a las arvenses en la etapa final del cultivo.

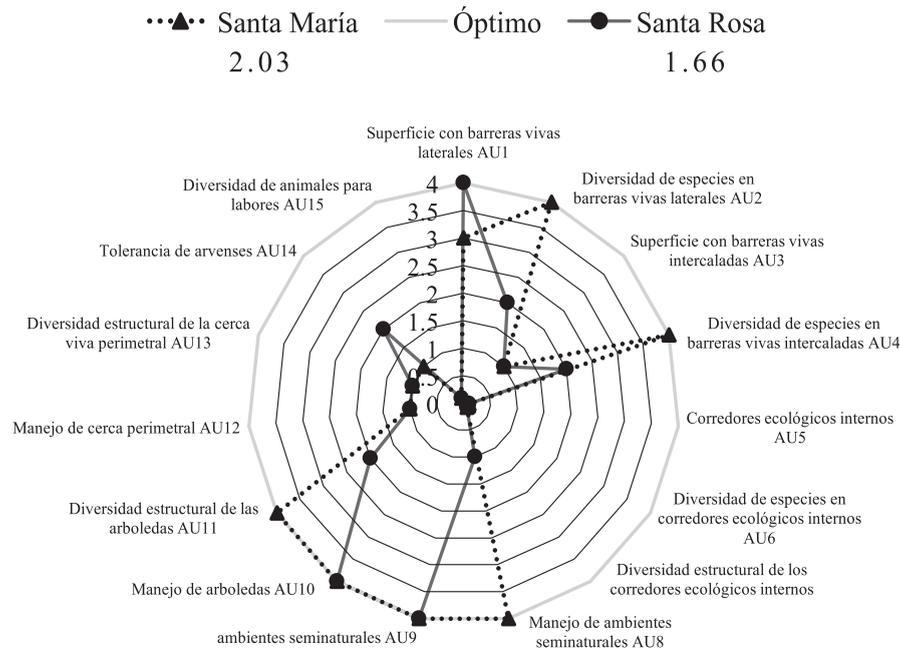


Figura 10. Manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.6. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada

La Figura 11 demuestra que la finca El Chipote obtuvo un valor de 2.88; de los 14 indicadores cumple con 5 en el valor óptimo y la finca El Manantial obtuvo 1.69, esta cumple solo con 2 indicadores en el valor óptimo. La finca El Chipote, también de Diriamba, cuenta con una baja incidencia de Nematodos, así como de organismos que pueden ser perjudiciales en sus cultivos y animales de cría. La finca El Manantial debido a la alta presencia del rubro ganadero se encontró la incidencia de organismos patógenos como la garrapata (Familia Ixodidae).

La finca Santa Rosa presenta un valor de 2.10, mientras que la finca Santa María 2.04 para el componente de los elementos de la biodiversidad asociada, en Chinandega (Figura 12). Ambas fincas manifiestan interacciones negativas de organismos fitófagos presentando una alta abundancia de dichos

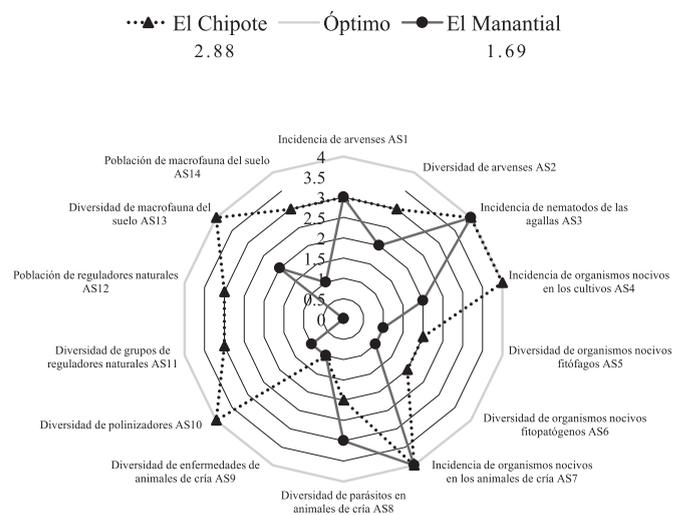


Figura 11. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas con granos básicos Diriamba, Carazo, 2015-2016.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

organismos. Se muestran interacciones positivas de reguladores naturales en ambas fincas. En ambas fincas se muestran más de 5 especies de macrofauna edáfica, siendo las familias más representativas Scarabaeidae, Formicidae, Rhinotermitidae, presentándose más de 10 individuos por m².

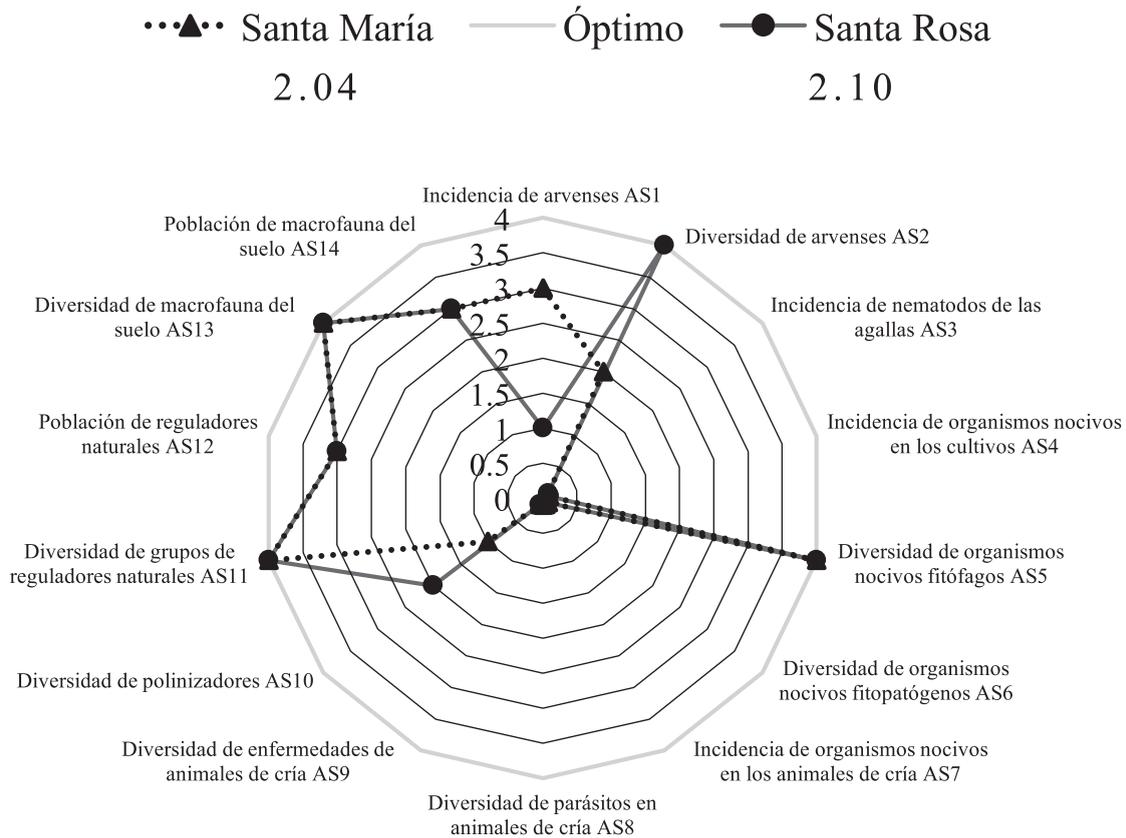


Figura 12. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

4.1.7. Coeficiente de manejo de la biodiversidad

La finca El Chipote logró un coeficiente de manejo de la biodiversidad de 2.95 y la finca El manantial 1.46 (Figura 13). Este valor permitió clasificarla, según el diseño y manejo de la biodiversidad, a la finca El Chipote como “medianamente compleja” y a la finca El Manantial “poco compleja” en Diriamba. Lo idóneo es tener una finca con diseños y manejos altamente complejos, que por sus distribuciones y arreglos le permite disponer de mayor alimento para la familia, animales de cría, estabilidad y resiliencia ante las variaciones climáticas, un equilibrio en su agroecosistema y garantiza la soberanía alimentaria de la familia campesina.

La finca Santa María obtuvo un coeficiente de Manejo de la Biodiversidad de 1.44 y en la Finca Santa Rosa es de 1.34. Las fincas fueron clasificadas de acuerdo a los diseños y manejos de la biodiversidad, como poco complejas (Figura 14).

Los resultados en Diriamba demuestran, que en la medida que se va complejizando los diseños y manejos del agroecosistema como es el caso de la finca El Chipote, se contribuye a beneficiar la soberanía tecnológica, energética y nutricional de la familia productora y a una agricultura resiliente a los embates del clima.

El productor, gerencia el agroecosistema con una diversidad de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, con policultivos, produce gran parte de sus semillas y el alimento de sus animales, hace un adecuado manejo y conservación del suelo a través de rotación con cultivos anuales, incorpora abonos verdes, restos de cosechas y sus implementos de labranza son especializados en la conservación, realiza obras de drenaje de agua, elabora sus insumos biológicos para el manejo de plagas y enfermedades, reduce intervenciones en los rubros productivos vegetales, entiende el beneficio de las barreras vivas con diversidad de especies y el manejo de ambientes seminaturales con una buena diversidad estructural para la conservación de una gran diversidad de flora y fauna, que favorece una baja incidencia de organismos nocivos y una mejor diversidad de polinizadores.

En Chinandega, los resultados en las fincas demostraron que dos agroecosistemas categorizados con el mismo grado de complejidad de sus diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser gerenciados por agricultores con diferentes paradigmas productivos.

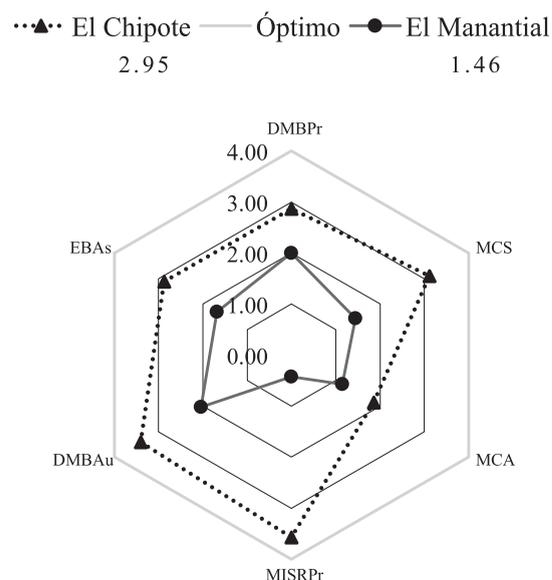


Figura 13. Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB), en dos agroecosistemas con granos básicos, Diriamba, Carazo, Nicaragua, 2017.

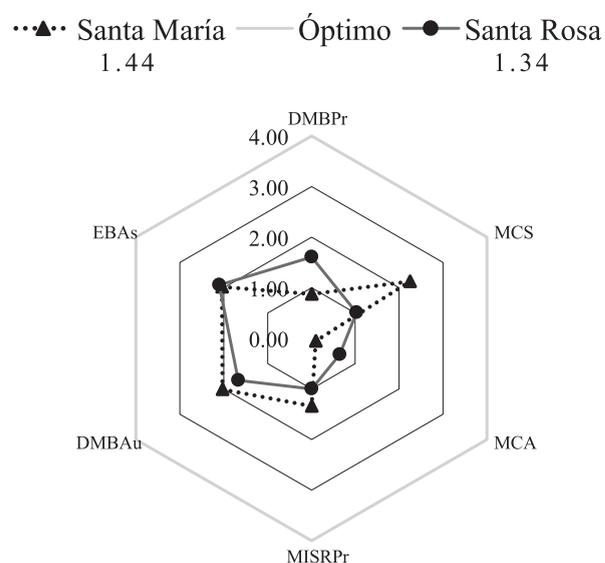


Figura 14. Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas con granos básicos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

En la finca Santa María se apuesta a un mejor manejo y conservación del suelo mediante al menos el 75% de su superficie con rotación de cultivos, incorporándoles biomasa orgánica, predominando un laboreo mínimo del suelo e incorporando los rastrojos. Se realizan intervenciones biológicas al aplicar biofertilizantes, compost, cenizas, que anima la flora y fauna del suelo, fomenta el establecimiento de barreras vivas en más del 50% del área con más de tres especies, maneja ambientes seminaturales incorporando plantas necesarias, presenta arboledas con un número de especies mayor a cinco, que son componentes del paradigma agroecológico.

En la Finca Santa Rosa hay más rubros productivos, se produce la mayor parte de los pies de cría y el material para la siembra y al menos el 75% de alimentos para sus animales de crianza, prácticamente se hace poco para conservar el suelo y generalmente la preparación de éste se realiza de forma mecanizada, las intervenciones en los rubros productivos generalmente son mediante productos sintéticos, que es típico del paradigma convencional, y no contribuye a la soberanía tecnológica.

4.2. Balance aparente de nutrientes y evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo

Leonardo Garcia Centeno, Milton Larry Blandón Vivas, Wesly Ariel Blandón Vivas, Mayra Alejandra Alemán Patterson, Yeriel Oswaldo López Mairena, Orlan Gabriel García López, Carlos Iván Cáceres Gutiérrez

4.2.1. Balance aparente de nutrientes

La importancia de estimar el balance de nutrientes, ya sea que se haga a nivel de país, región, finca o parcela, radica en que los balances negativos (aplicar menos nutrientes de los que se extraen con las cosechas), provocan una disminución de la fertilidad de los suelos, afectando la productividad y rentabilidad del sistema y degradando el recurso suelo. Por otra parte, balances exageradamente positivos (aplicar más nutrientes de los que se extraen con los productos cosechados), dan lugar a bajas eficiencias de uso de los nutrientes y pobres resultados económicos, pudiendo generar desequilibrios nutricionales o problemas de contaminación ambiental (González & Pomares, 2008).

Para Oenema *et al* (2003); citado por Kanmegne *et al* (2006), afirma que el análisis de los balances de nutrientes en el agro ecosistema puede ser utilizado como una herramienta para incrementar el conocimiento del ciclo de nutrientes, como un indicador del rendimiento, y como un instrumento para encaminar el manejo de los nutrientes en el cultivo.

Los resultados mostraron que en la finca Santa María (Chinandega) el balance para N, P y K, aunque fue diferente para cada año, resultaron negativos (Figura 15), siendo mayores las salidas para nitrógeno, lo cual es lógico si se toma en cuenta que es el elemento más demandado por los cultivos. Situación similar se aprecia para fosforo y potasio.

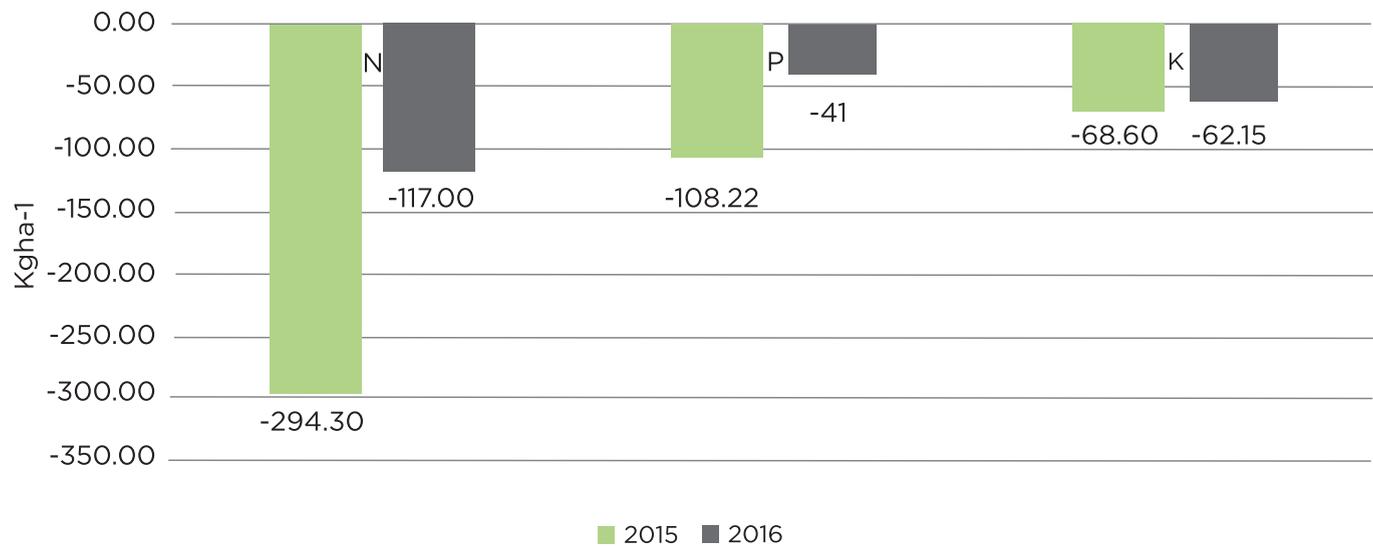


Figura 15. Balance aparente de N, P y K de la finca Santa María, en Chinandega, durante los años 2015-2016.

Estos balances negativos se deben a que las cantidades aplicadas de compost mineralizado no satisfacen los requerimientos de los cultivos (maíz y frijol), más aun cuando 4 de las 5 parcelas evaluadas son rotadas mayormente maíz-maíz, el cual es considerado un cultivo altamente extractor de nitrógeno y potasio, de modo que la mayor cantidad de nutrientes que el cultivo extrae proviene de las reservas que están en el suelo, lo cual puede resultar en un proceso de degradación de la fertilidad natural del mismo, a largo plazo.

Si se considera que los suelos de la finca son de textura franco arenosa, esto puede favorecer una mineralización más rápida y más alta de la materia orgánica conduciendo a una disminución acelerada de la misma en el suelo, y en el caso del fosforo es aún más preocupante ya que se trata por naturaleza, de suelos pobres en fosforo.

Si en las parcelas donde se siembra maíz se rotaran o se asociaran con leguminosas, los balances de nitrógeno fueran probablemente positivos. Si lo anterior se combinara con la aplicaciones de compostas ricas en fosforo y potasio se pudieran lograr mejores balances para esos dos nutrimentos.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

La finca Santa Rosa (Chinandega) con manejo un poco más convencional presentó balances negativos para nitrógeno y potasio (Figura 16). El valor negativo del nitrógeno (N), aunque fue más bajo que en la finca Santa María, producto de las aplicaciones de completo y urea, las salidas son menores debido a que los rendimientos obtenidos (maíz, sorgo) son más bajos que en Santa María.

La presencia de pastos (brachiaria y king gras) produce en esta finca extracciones muy altas de potasio (K), mismas que no son restituidas debido a que solamente se aplica nitrógeno (urea), lo que resulta en un valor negativo más grande para el elemento potasio. Estos balances negativos de N y K fueran más grandes si no fuera porque a la parcela con brachiaria ingresa ganado a pastorear, los que al depositar sus excretas tienden a retornar una cierta cantidad de los nutrientes que fueron exportados de la misma o de otra parcela.

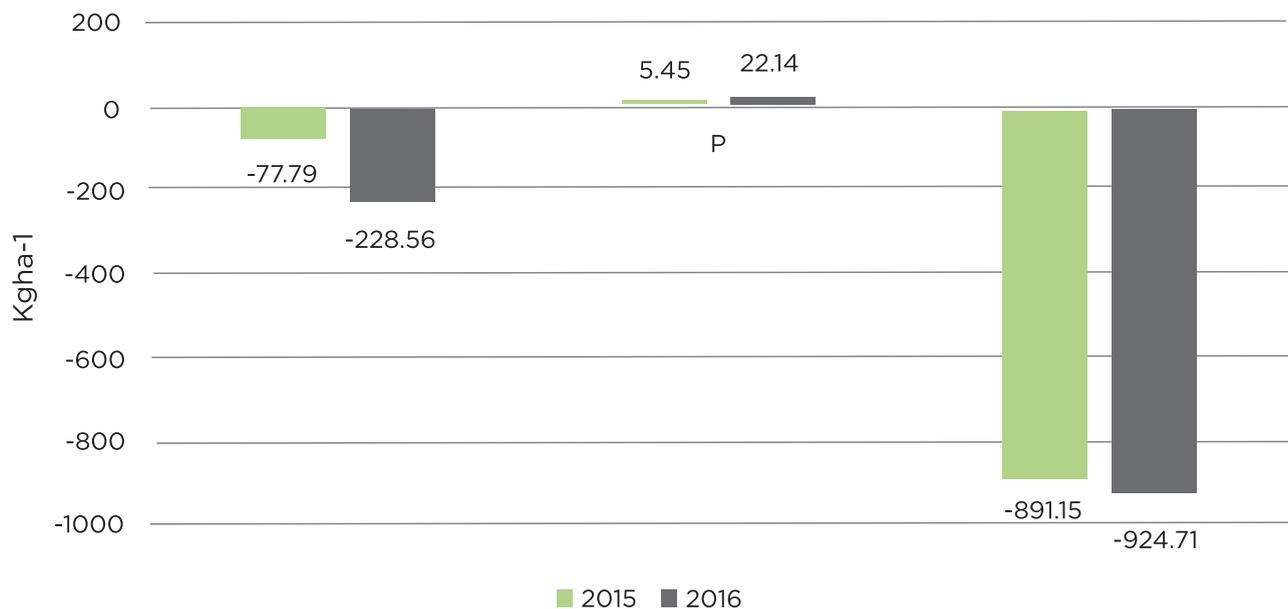


Figura 16. Balance aparente de N, P y K de la finca Santa Rosa, en Chinandega, durante los años 2015-2016.

En Diriamba, la finca El Chipote, con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos, presenta una situación similar a la finca Santa María en Chinandega (Figura 17). El balance de N, P y K resultan negativos, siendo incluso los valores obtenidos de N muy parecidos en ambos años. A pesar de ser negativo los balances, producto de las bajas aplicaciones de compost y estiércol equino que promedian cerca de 920 kg (20 qq) por parcela, esto es insuficiente para reponer las salidas del sistema. Para el caso del N, la salida podría resultar en valores más altos si no fuera por el uso de gandul en asocio con granos básicos, lo que favorece la entrada de N al sistema en cantidades importantes.

Los asociados maíz + gandul y maíz + frijol son los que más nutrientes están exportando del sistema, pues los aportes que estos asociados reciben vía compostas representan cerca del 13 % para N, 6% para P y 12% para el K.

El resto de las parcelas en las que están establecidos árboles frutales y cítricos, no aportan mucho a los balances negativos, ya que los ingresos de N, P y K a las parcelas son muy similares a los exportados en la cosecha que se extrae.

En la finca El Manantial (Diriamba) las salidas de los tres elementos evaluadas son las más altas, con valores similares para ambos años (Figura 18). Las entradas de N, P y K en esta finca dependen exclusivamente del aporte de estiércol bovino y equino. A pesar de que en esta finca las aplicaciones básicamente de estiércoles bovino y equino son mayores (30 qq promedio) el bajo contenido nutricional de las enmiendas solo permite reponer cerca del 5% del N que aportan los estiércoles.

Las altas salidas del sistema básicamente se deben a la presencia de pasto gamba y maralfalfa cuyas extracciones son altas y representan cerca del 80 % de las extracciones totales por año.

El cultivo del sorgo es otro factor que contribuye a las altas extracciones de N del sistema, ya que este cultivo solo recibe el 4.6% de N y el 1% del K que extrae.

En las parcelas con los asociados frijol + maíz y sorgo + gandul se produjeron los rendimientos más altos de la finca, por esa razón son la causa de que se haya producido la mayor extracción de Nitrógeno y Potasio.

Al comparar todos los agroecosistemas, Chinandega- Diriamba (Figura 19) solo la finca Santa Rosa (Chinandega), presentó un balance positivo para el fósforo, esto se debe a que los fertilizantes de síntesis química que se utilizan son altos en fósforo, lo cual es razonable si consideramos que los suelos de Chinandega por su característica volcánica tienen alto poder de fijación de fósforo lo que obliga a aplicar altas cantidades de este elemento.

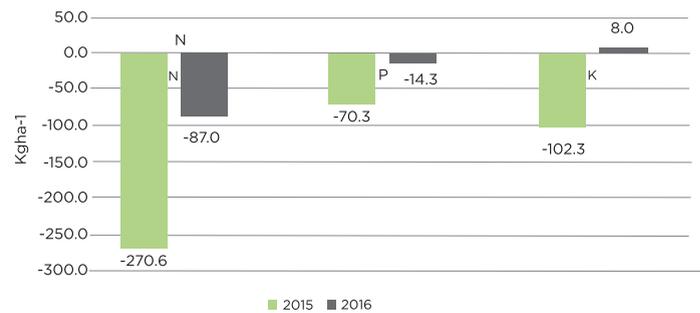


Figura 17. Comportamiento del balance aparente de N, P y K de la finca El Chipote, Diriamba, durante los años 2015-2016.

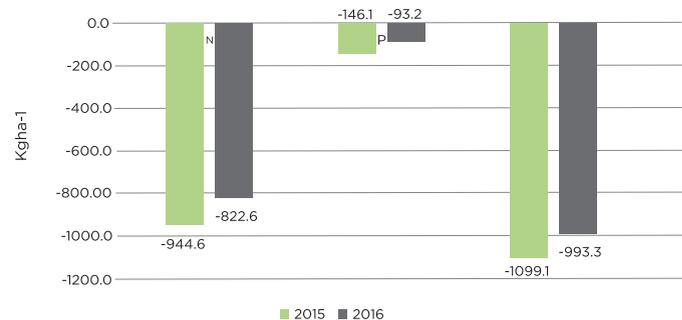


Figura 18. Comportamiento del balance aparente de N, P y K en la finca El Manantial, Diriamba, durante los años 2015-2016.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

Las restantes tres fincas, además de balances negativos en fósforo, también fueron negativas en N y el K incluyendo la finca Santa Rosa, en estos dos últimos elementos. En la finca Santa Rosa, es posible que las fuentes químicas utilizadas sean baja o simplemente no tengan potasio, lo cual muchas veces se justifica al considerar que los suelos de occidente de Nicaragua son ricos en potasio.

Las fincas Santa María y El Chipote presentaron los balances negativos más bajos, se debe a que las áreas destinadas a granos básicos son menores y por qué los rendimientos también son menores, lo que conduce a menores extracciones de nutrientes en el agroecosistema.

La finca El Chipote presenta una mayor diversidad de cultivos, de manera que las salidas de nutrientes en ésta resultan menores, no así en la Santa María, cuyo rubro principal es el maíz y el frijol, lo que hace suponer que las extracciones sean mayores, no obstante las salidas solo están favorecidas por el grano, no así por la biomasa, ya que toda ella es reintegrada al suelo, lo que se evidencia en un mayor contenido de materia orgánica (datos de análisis de laboratorio) en comparación al Chipote sin que esto pueda impactar negativamente sobre el balance.

Las fincas Santa Rosa y El Manantial presentaron los que mayores valores de extracción de K, esto se vio favorecido: 1) por el uso de enmiendas (químicas como orgánicas) con bajos niveles de potasio, y 2) por que la biomasa producida es utilizada en la alimentación animal.

El balance negativo del N fue mayor en el agroecosistema El Manantial, esto se favoreció por la presencia de sorgo y pastos de corte que extraen grandes cantidades de este elemento, y la incorporación de estiércol solo restituye cerca del 5% de lo extraído. En la finca Santa Rosa el balance de este elemento fue menor debido a la aplicación de grandes cantidades fertilizantes de urea y completo.

A pesar de las diferencias entre el método tradicional y los métodos modernos de manejo, ambos están basados en el mismo paradigma de gestión de la fertilidad: el aporte de nutrientes al suelo en formas mineralizadas de fácil absorción para las plantas. Sin embargo, en estas condiciones es fácil perder los nutrientes a través de la lixiviación o la erosión. Ambos métodos de gestión de la fertilidad del suelo dependen, por lo tanto, del reemplazo continuo de nutrientes para reforzar la producción de cultivos.

Asegurar el mantenimiento de la fertilidad del suelo a largo plazo es uno de los objetivos principales del

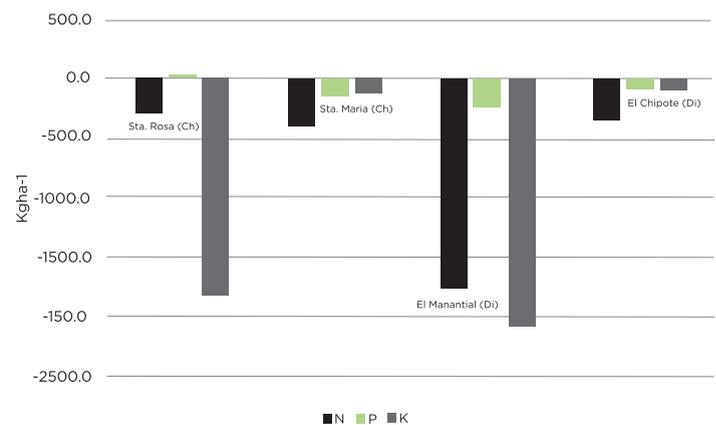


Figura 19. Balance aparente de N, P y K en los cuatro agroecosistemas evaluados durante los años 2015-2016.

manejo agroecológico de los agroecosistemas. En agroecología se pone más énfasis en el manejo de los procesos biológicos que garanticen el reciclaje continuo de los nutrientes, en vez de proporcionarlos en formas rápidamente disponibles para las plantas. Este enfoque hace uso de los recursos naturales disponibles localmente y reduce la necesidad de insumos externos en las comunidades rurales, que contribuye a la soberanía tecnológica y energética.

Estos resultados demuestran que las menores pérdidas de N, P y K se determinaron en las fincas, en las se han implementado prácticas agroecológicas (El Chipote y Santa María), pero es necesario un rediseño agroecológico y garantizar las cantidades necesarias de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, de modo que los balances de estos nutrientes sea cero año con año y así conservar sosteniblemente la fertilidad, a largo plazo, del recurso suelo.

4.2.2 Evaluación de parámetros físicos y químicos de suelo

Los indicadores de calidad de suelo son indispensables para determinar si el sistema de manejo empleado es sustentable, tanto en el corto como el mediano y largo plazo (Doran et al, 1994). Además, estos indicadores son utilizados como una herramienta de medición que brinda información sobre las propiedades, procesos y características del suelo, monitoreando los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un intervalo de tiempo dado.

En Chinandega, los resultados mostraron que solo en la textura ambas fincas alcanzaron la misma categoría (Figura 20), esto es lógico si consideramos que este parámetro es de los más estables, ya que solo puede ser cambiado a escala geológica o si la variación de suelos en la zona es muy alta. Los restantes parámetros, en la finca Santa María, son clasificados entre buenos y muy buenos (3-5), lo que se debe posiblemente al manejo que se le da a los rastrojos y a la incorporación de estiércol mineralizado, los que al ser incorporados al suelo no solo aumentan la materia orgánica, sino que también tienen su efecto positivo sobre la porosidad del suelo, la infiltración y el almacenamiento del agua. Estas características antes mencionadas son consideradas como parte de los parámetros de la fertilidad física del suelo. Otro aspecto a resaltar, es que los suelos de la finca Santa María son más profundos, lo que favorece un mejor desarrollo de las raíces de las vegetales y mayor volumen para el almacenamiento del agua infiltrada.

La figura 20, también muestra que los niveles de materia orgánica en la finca Santa Rosa son más bajos, es posible que estén siendo afectados por las altas aplicaciones de nitrógeno, lo cual contribuye a una mineralización más rápida de la materia orgánica y como consecuencia también se estén afectando la porosidad y el pH del suelo.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

En la figura 21 se muestran los resultados de las fincas en Diriamba, éstas siguen las mismas tendencias en todos los parámetros, no obstante se observa que la finca El Chipote presenta indicadores con categorías más bajas que El Manantial, esto es probable que se deba a las menores aplicaciones de estiércol y compost, aunque El Manantial también aplica estiércol (bovino y equino), no solo son mayores las cantidades sino que el hecho de aplicar también estiércol bovino pueden tener un mejor impacto benéfico en el suelo, a diferencia del Chipote que solo utiliza de equino, el que se sabe que es menos rico en nutrientes y de efecto a más largo plazo en el suelo.

La figura 22, presenta todos los parámetros evaluados en las cuatro fincas. La ventaja de representar la información en este tipo de grafico es que se puede inferir fácilmente que parámetros son los más limitantes en la finca y que probablemente puedan también estar disminuyendo los rendimientos.

En la Finca Santa María, el factor más limitante y sobre el cual hay que tomar acciones de mejora es sobre la materia orgánica, cuando esta mejore, la porosidad también se verá mejorada.

En la Finca Santa Rosa, los factores más limitantes son pH y materia orgánica, su mejora no solo dependerá de procurar aplicaciones de abonos orgánicos, sino también de disminuir el uso de fertilizantes químicos como urea.

El Chipote y el Manantial deben aumentar las cantidades de abonos orgánicos y elaborar compostas enriquecidas para mejorar el suelo y para reponer las salidas de nutrientes del sistema y mejorar sus balances. En la estrategia deben incluirse el asocio y/o barbechos con leguminosas arbustivas, de modo que aumenten las ganancias de N en el sistema.

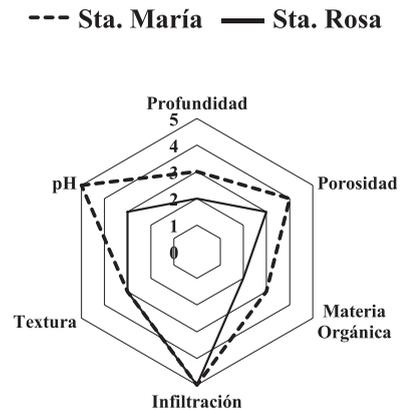


Figura 20. Indicadores de calidad de suelo de las fincas Santa María y Santa Rosa en Chinandega, 2016.



Figura 21. Indicadores de calidad de suelo de las fincas El Chipote y El Manantial en Diriamba, 2016.

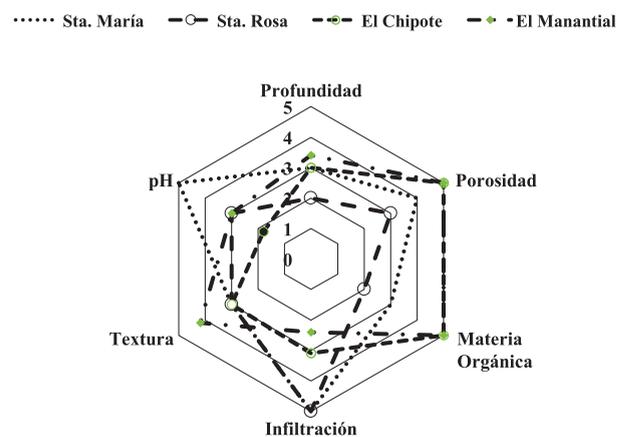


Figura 22. Comportamiento de los indicadores de calidad de suelo en las cuatro fincas evaluadas.

4.3 Macrofauna del suelo y su funcionalidad

Hugo René Rodríguez González, Yeltsin Joell Aguilera Quiroz, Maxdali de los Ángeles Pilarte Morraz, Yahoska de los Ángeles Herradora Gutiérrez, Noel Modesto Galeano Altamirano, Orlan Gabriel García López, Carlos Iván Cáceres Gutiérrez

La diversidad de las especies presenta atributos como **riqueza, uniformidad, dominancia y equidad**. Existen índices que permiten medir estos atributos, aquellos que combinan tanto la riqueza de especies como la equitabilidad en un solo valor se denominan índices de diversidad. La riqueza específica es un concepto simple de interpretar que se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad. Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad, estos toman en cuenta la especie presente en mayor proporción dentro del sistema evaluado (Moreno, 2001).

4.3.1 Caracterización de la diversidad alfa de la macrofauna edáfica y su funcionalidad

A la finca El Chipote se le realizó un análisis con índice de diversidad según el perfil de Renyi, los resultados muestran una mayor riqueza de familias taxonómicas en comparación con la finca El Manantial. En la Figura 23 cuando alfa es igual a 0 el punto de inicio de la curva correspondiente a la finca El Chipote, es superior a la finca El Manantial. Para la finca El Manantial cuando el perfil se aproxima a 1 según el índice de Shannon-Wiener tiene menor uniformidad. Cuando alfa es igual a 2, el perfil se comporta según el índice de Simpson, mostrando que las familias son menos dominantes en la finca El chipote. Cuando alfa está entre el rango de 2 a infinito positivo el perfil se comporta como el índice de Berger-Parker lo que indica que hay una mayor equidad de familias taxonómicas en la finca El Chipote.

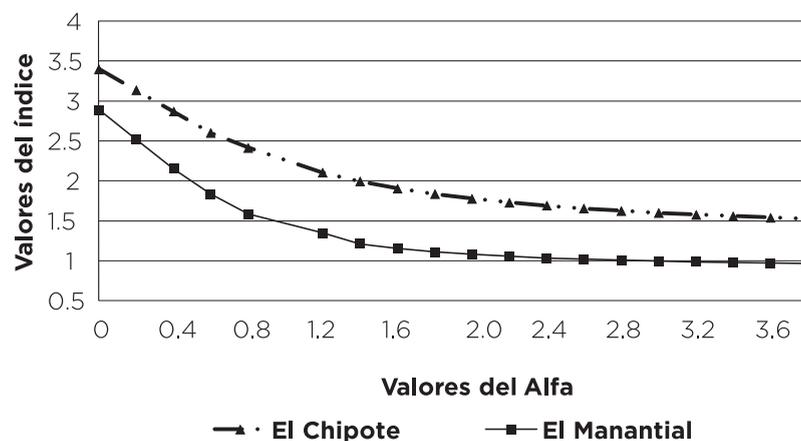


Figura 23. Índice de diversidad alfa (Renyi) para las familias de la macrofauna edáfica de dos agroecosistemas con granos básicos, con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos (El Chipote) y poco complejos (El Manantial), Diriamba, Carazo, 2015-2016.

Cada agroecosistema es un hábitat para macrofauna diferente y comparable en términos de diversidad por taxón. Dentro de las familias de la macrofauna presente están la Rhinotermitidae y Formicidae; éstas dominan en ambos agroecosistemas y presentan mayor abundancia en la finca El Chipote. El sistema de laboreo del suelo explica un mayor número de individuos en la finca El Chipote donde todos los residuos quedan en el área de trabajo beneficiando de esta manera a los macro invertebrados en sus diferentes interacciones con el medio.

Las funciones de la macrofauna en un agroecosistema son variables y depende de sus hábitos alimenticios, ciclos vitales y disponibilidad de materia orgánica en el suelo. Entre las funciones que se han determinado dentro de las fincas se encuentran:

Depredadores

El grupo funcional de depredadores insectiles tienen una mayor presencia en la finca El Chipote siendo los más representativos los de la Familia Scarabaeidae (escarabajos) y Theridiidae (arañas), estos organismos son controladores biológicos de plagas insectiles. Nicholls (2008) afirma que la mayoría de los depredadores se alimentan de un gran número de insectos plaga durante su desarrollo, pero algunos resultan más eficaces que otros en el momento de controlar a las plagas. Los estados juveniles usan la presa para su desarrollo y crecimiento, mientras que los adultos las usan para su mantenimiento y reproducción. Los insectos depredadores se alimentan de todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos.

Los depredadores son considerados enemigos naturales que necesitan alimentarse de varias presas (de la misma o distinta especie) para poder completar la totalidad de su ciclo biológico y se diferencian de los parasitoides, en que éstos para completar su ciclo necesitan tan sólo un huésped, al que además matan en el transcurso de su fase preimaginal. Los artrópodos depredadores constituyen uno de los grupos más importantes de enemigos naturales (Urbaneja et al, 2005).

Detritívoros

Los detritívoros se encuentran con una mayor presencia en la finca El Chipote siendo las familias más importantes la Formicidae y Rhinotermitidae. Estos organismos los encontramos en materia vegetal en descomposición, se alimentan de detritos o materia orgánica en descomposición; en la finca El Chipote se encontraban en todo el sistema. Cabrera, (2014) afirma que este grupo funcional vive en la hojarasca, en la superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca. La fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), jugando los detritívoros un papel importante en el reciclaje de nutrientes.

Los ingenieros del suelo (detritívoros) involucran grupos consumidores de materia orgánica como las lombrices, las termitas y las hormigas, los cuales tienen un impacto específico en las propiedades físicas del suelo, porque la actividad de estos grupos favorece la formación de agregados, mejora la estructura del suelo, contribuye al movimiento y retención del agua, así como el intercambio gaseoso (Ramírez, 2013).

Fitófagos

Estos organismos estaban presentes en cantidades considerables en ambos sistemas, siendo las Familias Tenebrionidae y Scarabaeidae las más abundantes; se encuentran en la hojarasca fresca y en partes de la planta (raíz, tallo, hojas, flores) donde obtienen su alimento. Aquellas especies que se alimentan de la parte viva de las plantas (Fitófagos), las que además en grandes cantidades son consideradas como plagas al causar daños a los cultivos, que de igual manera han representado enormes gastos anuales por parte de los agricultores para poder controlarlos o eliminarlos (Romero, 2013).

Especies de plantas ampliamente distribuidas son hospedadoras de más especies de fitófagos que las plantas escasas. Esto es así debido fundamentalmente a dos mecanismos, uno de ellos es que las especies vegetales más comunes crecen en más hábitats diferentes que las raras, por lo que diferentes especies de insectos son encontradas en diferentes partes del área de distribución de las plantas, y a que las plantas distribuidas ampliamente presentan blancos más conspicuos para los organismos colonizadores (Southwood, 1960).

Hematófagos

Estos organismos los encontramos solamente en la finca El Chipote, siendo la familia Argasidae, la principal. Son organismos generalmente más pequeños que el hospedero y por lo general uno solo no mata al hospedero, varios pueden molestar, debilitar y marchitar al hospedero ocasionándole la muerte (garrapatas, tenia, pulgas, piojos, mosquitos), los parásitos generalmente son estudiados como plagas (Jiménez, 2009).

Estrada (2015) describe que todas las garrapatas tienen un cuerpo redondeado, sin segmentación, que recibe el nombre de idiosoma. Algunas especies pueden llevar un par de ojos en los laterales del idiosoma (una única especie tiene dos pares de ojos). Los ixódidos se caracterizan por la presencia de una gran placa esclerotizada en la superficie dorsal, el escudo, del que reciben su calificativo de "garrapatas duras". Los argásidos carecen de este escudo esclerotizado y su superficie externa recuerda al aspecto del cuero. Todas las garrapatas tienen las piezas bucales separadas del idiosoma, recibiendo el nombre de gnathosoma o capítulo. Su posición es anterior en los ixódidos, mientras que en los argásidos se encuentra en la cara ventral, invisible en una vista dorsal.

Omnívoros

Presentes en ambas fincas en cantidades similares siendo la familia Formicidae la más abundante, estas las

encontramos en el follaje alimentándose de este, así como en el suelo ejerciendo labores de depredación y descomposición de material vegetal. Mendoza (1982) afirma que estos organismos ayudan a eliminar de la superficie terrestre los cuerpos muertos y en descomposición de plantas y animales, convirtiéndose en compuestos menos detestables y, en segundo lugar, desempeñan una labor importante en la conversión de la planta y animales muertos, a sustancias más simples que pueden ser usadas como nutrientes por la planta en crecimiento.

En términos prácticos; cuando se realiza un análisis de la diversidad de un taxón utilizando el perfil de Renyi y se forman las curvas, en la gráfica, el agroecosistema con mejor diversidad será aquel que presente la curva por encima de otro agroecosistema; en Diriamba, es la finca El Chipote. En esta localidad, las principales funciones determinadas, en ambos agroecosistemas, fueron depredadores, detritívoros, fitófagos, hematófagos y omnívoros, las primeras dos representan la mayor importancia para ambos agroecosistemas, destacándose familias como Theridiidae y Rhinotermitidae ayudando con la depredación y la descomposición de materia orgánica respectivamente, éstas se encontraron en mayor abundancia en el agroecosistema El Chipote.

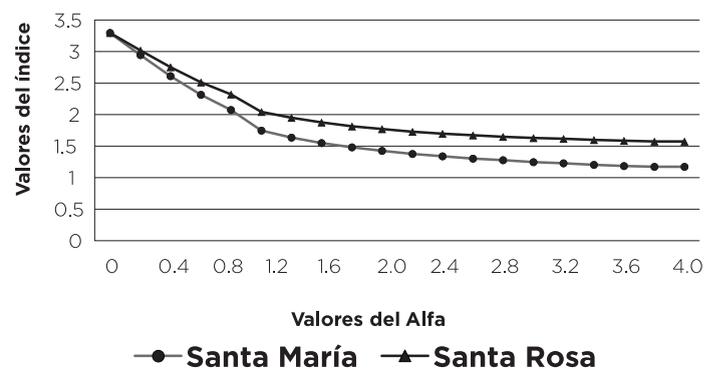


Figura 24. Índice de diversidad alfa (Renyi) para las familias de la macrofauna edáfica dos agroecosistemas con granos básicos, con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

Las fincas poco complejas Santa María y Santa Rosa, en Chinandega, fueron comparadas a través del perfil de diversidad de Renyi. La que presentó mayor diversidad fue la Santa Rosa, cuando alfa = 0 la finca Santa Rosa presentó mayor riqueza en clases y orden de macrofauna. La riqueza para la categoría taxonómica familia es idéntica en ambas fincas. La uniformidad, dominancia y equidad resultan en mejor comportamiento según el perfil Renyi en la finca Santa Rosa (Figura 24).

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

La diversidad y abundancia de la macrofauna variará en función de la intensidad de uso de la tierra y la aplicación de diferentes prácticas agrícolas. Un manejo adecuado del suelo proporcionará una mayor variedad y cantidad de organismos edáficos que pueden ayudar a asegurar el reciclaje de nutrientes, un rápido crecimiento de las plantas y una capacidad productiva sostenible del sistema (Cabrera, 2014).

El alimento es esencial para el crecimiento de cualquier organismo y por ello es una consideración importante en el ciclo vital del insecto (Ross, 1964).

Funciones como las presentadas a continuación se constataron en los agroecosistemas de Chinandega:

Fitófagos

La mayor cantidad de individuos encontrados son fitófagos; presentes en la finca Santa María, esta finca posee condiciones idóneas para la reproducción de estos. Un alto número de organismos fitófagos, entre ellos pertenecientes a las familias: Scarabaeidae, Rhinotermitidae y Formicidae. Los insectos herbívoros o fitófagos explotan partes muy diversas de las plantas, y ello da lugar a comunidades de fitófagos ricas en detalles biológicos (Pérez, 1999). El determinante principal de la abundancia de especies, es el tamaño del área de distribución de la planta hospedadora (Southwood, 1960).

Depredadores

La finca Santa María presenta un mayor número de individuos depredadores de la familia Elateridae, Chrysomelidae, Cydnidae y Staphylinidae con respecto a la finca Santa Rosa. La respuesta funcional de los depredadores expresa la influencia del comportamiento de los enemigos naturales como individuos sobre la dinámica poblacional de un ecosistema (Fernández & Corley, 2004).

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

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

La finca Santa María emplea prácticas para la conservación y restitución de suelos que no necesariamente aumentan la materia orgánica disponible en el sistema. El compost incorporado en la finca Santa María es un tipo de abono que mejora las características del suelo, siendo un material ya procesado, lo que deja un menor aporte en términos de fuente alimenticia para la macrofauna del suelo. En la finca Santa Rosa se presenta una mayor diversidad de macrofauna a causa del rubro ganadero y sus aportes directos con estiércol fresco en el suelo, permitiendo alimento para diversidad de organismos edáficos. La finca Santa María tiene un mayor número de árboles pero su diversidad de especies es menor en comparación a la finca Santa Rosa generándose, en esta última, influencia sobre los posibles nichos ecológicos formados en cada una de las áreas arborizadas de la finca.

4.3.2. Diversidad beta de la macrofauna edáfica

La figura 25 muestra que las Familias con baja disimilitud son las Gonyleptidae, Geometridae, Elateridae, y Chrysomelidae con un rango cercano a 1, ambos sistemas comparten la mayoría de estas familias. La Familia Scarabaeidae presenta un valor intermedio de disimilitud. Las Familias Lumbricidae, Theridiidae y Blattidae, presentan el menor valor de Bray-Curtis indicando alta disimilitud. La finca El Chipote cuenta con más familias taxonómicas y con una mayor cantidad de organismos que la finca El Manantial. Algunas prácticas como la incorporación de material restante de la cosecha, así como la restricción en aplicación de productos sintéticos propicia que una de estas fincas supere a la otra.

Un agrosistema que es más diverso, más permanente y que se maneja con pocos insumos (sistemas tradicionales de policultivos y agrosilviopastoriles) tiene la ventaja de poseer procesos ecológicos asociados a la amplia biodiversidad del sistema. Esto no sucede en sistemas simplificados de altos insumos (Labrador y Altieri, 2001).

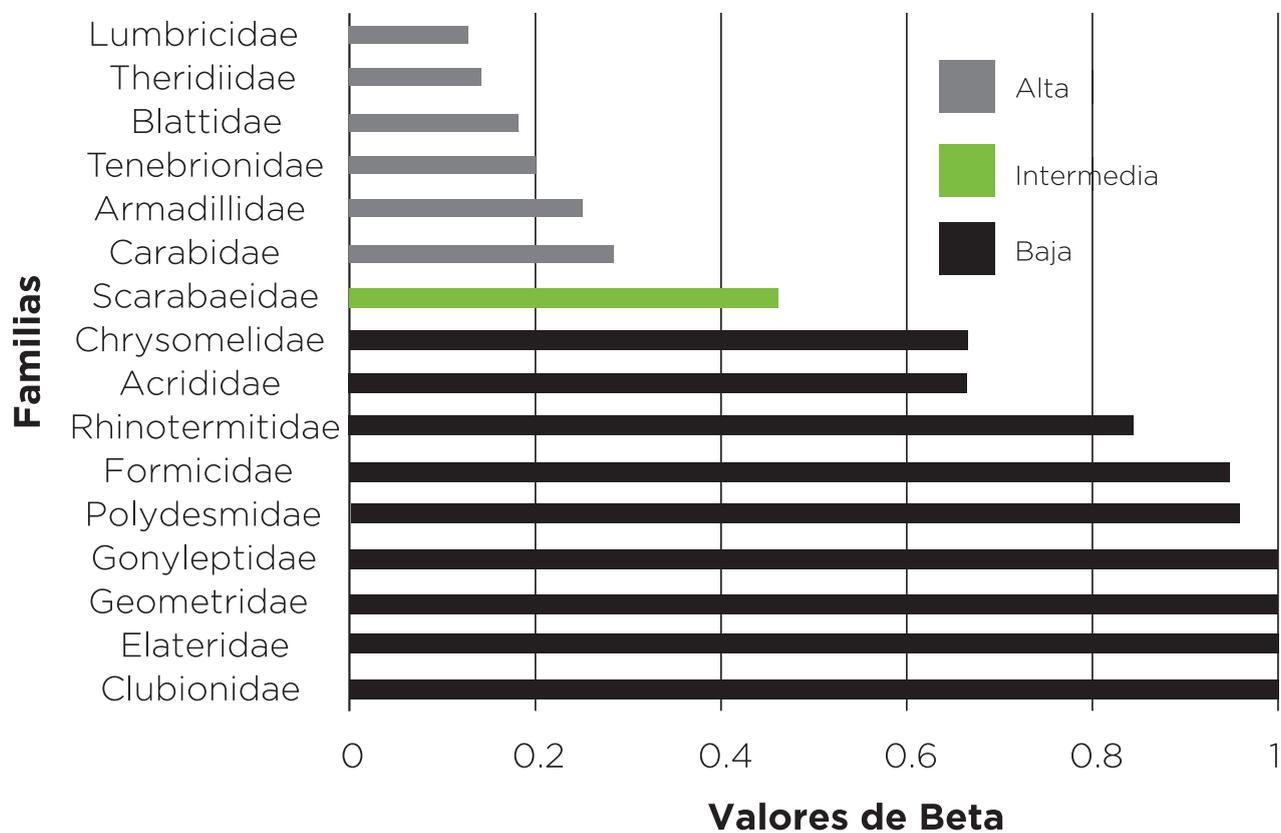


Figura 25. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las familias de dos agroecosistemas con granos básicos con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos (El Chipote) y pocos complejos (El Manantial), Diriamba, Carazo, 2015-2016.

En las fincas Santa María y Santa Rosa, en Chinandega; las familias que tienen disimilitud baja son: Acanthodrilidae, Polydesmidae, Oxyopidae, Nitidulidae, Formicidae, Noctuidae, Rhinotermitidae, Staphylinidae, lo que muestra que ambos agroecosistemas comparten el mayor número de estos individuos; las familias que presentan una disimilitud intermedia son: Lycosidae, Lithobiidae, Araneidae, Bruchidae, Scarabaeidae, Theridiidae, Tenebrionidae, Elateridae; la familia que muestra una alta disimilitud es la Carabidae.

Esta familia taxonómica está presente en ambos agroecosistemas, pero con una menor frecuencia en la finca Santa María (Figura 26).

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

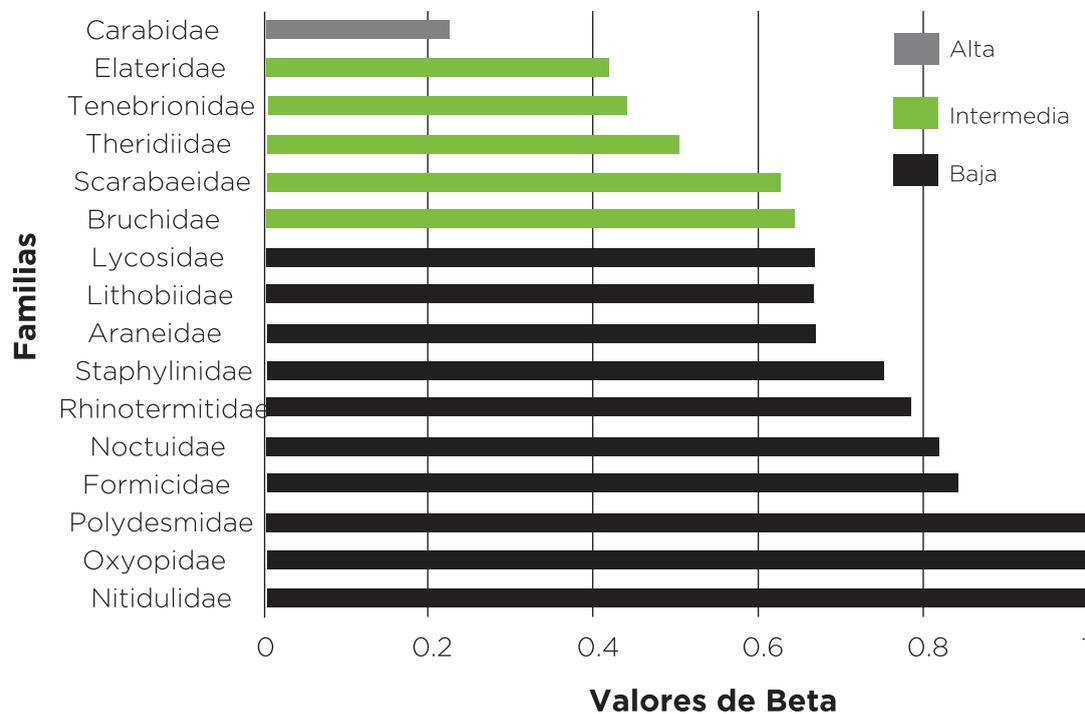


Figura 26. Índice de disimilitud según Bray-Curtis para las familias de dos agroecosistemas con granos básicos con diseños y manejos de su biodiversidad pocos complejos, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

Las fincas El Chipote y El Manantial, en Diriamba, tienen a las familias Lumbricidae (lombrices) y Theridiidae (Arañas) con alta disimilitud, indicando que ambas fincas son disimiles en la presencia de dichas categorías taxonómicas, por condiciones de manejo diferidas. Ambas familias se presentan en mayor proporción en la finca El Chipote. La sensibilidad al manejo por parte de ambas familias presente en estos agroecosistemas donde la finca “medianamente compleja” supera a la “poco compleja” implica la pérdida del desempeño de funciones depredadoras y detritívoras en la finca El Manantial.

La familia Carabidae (escarabajos) tiene funciones depredadoras que ayudan a controlar las poblaciones de múltiples organismos nocivos. Una menor presencia en la finca Santa María, en Chinandega, resulta en una alta disimilitud según el índice de Bray-Curtis. Los carábidos por naturaleza les gusta vivir en suelos con incorporación de estiércol fresco porque son depredadores y dentro de su lista de presas están las larvas del orden díptera, en este caso las larvas de moscas que se desarrollan en el estiércol del ganado bovino presentes en la finca Santa Rosa. El estiércol fresco estimula el aumento de poblaciones de carábidos en Chinandega muy importantes para la agroecología.

4.4. Caracterización de la flora arbórea y su funcionalidad

Dennis José Salazar Centeno, Claudio Arsenio Calero, Liuxmila Jaxari Rivera Umanzor, Cristhian José Mejía Gómez, Raul Antonio Hernandez Zeledón y Oswal Alberto Hernandez Zeledón, Orlan Gabriel García López, Carlos Iván Cáceres Gutiérrez

En Diriamba se caracterizó la flora arbórea y su funcionalidad de los agroecosistemas, El Chipote y El Manantial, cuya área es de 9.1 y 9.8 hectárea. En Chinandega los agroecosistemas analizados son Santa María y Santa Rosa con un área de 2.1 y 8.4 hectárea, respectivamente (Tabla 1).

En Diriamba, el arbolado de ambos agroecosistemas está representado por pequeñas áreas boscosas, árboles dispersos y barreras vivas, y únicamente, el agroecosistema El Manantial tiene cerca viva perimetral.

En Chinandega, el arbolado de ambos agroecosistemas está representado por árboles dispersos y únicamente, el agroecosistema Santa María tiene una pequeña área boscosa.

4.4.1. Composición taxonómica de la flora arbórea e índice de biodiversidad alfa

En Diriamba, el agroecosistema El Chipote está conformado por 14 familias y 27 especies botánicas, y se registraron 237 individuos (Figura 27 y 28). Las familias Fabaceae, Meliaceae, Sterculeaceae, Mimosaceae y Boraginaceae alcanzaron el mayor número de individuos con 115, 37, 29, 23 y 10 árboles, respectivamente. Las especies con mayores números de individuos son: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. Ex Walpers, *Swietenia humilis* Zucc., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y *Cordia alliodora* (Ruiz&Pav.)

con 87, 33, 29, 20 y 9 árboles, respectivamente. En este agroecosistema se identificaron 8 órdenes, de los cuales Fabales, Sapindales, Malvales, Lamiales y Magnoliales alcanzaron el mayor número de individuos con 139, 47, 32, 10 y 6 árboles, respectivamente.

En esta misma localidad, el agroecosistema, El Manantial está constituido por 15 familias y 23 especies botánicas (Figura 27 y 28), y se registraron 144 individuos. Las familias Fabaceae, Mimosaceae, Anacardiaceae, Sterculiaceae y Boraginaceae, lograron el mayor número de individuos con 51, 17, 16, 14 y 11 árboles, respectivamente. Las especies con mayores números de individuos son: *Caesalpinia violaceae* (Mill.) Standl., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.), *Guazuma ulmifolia* Lam., *Anacardium occidentale* L. y *Cordia alliodora* (Ruiz&Pav.), con 46, 17, 14, 12 y 10 árboles, respectivamente. En este agroecosistema se identificaron 9 órdenes, de los cuales Fabales, Sapindales, Lamiales y Malvales alcanzaron el mayor número de individuos con 68, 34, 17 y 17 árboles, respectivamente.

A los agroecosistemas se le realizó un análisis con índice de diversidad del perfil de Renyi. En Diriamba, en el agroecosistema El Chipote, con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos, se confirmó una mayor riqueza de géneros y especies, pero es menos uniforme, hay una mayor dominancia y una menor equidad (Figura 29), dado que su curva es superior a la de El Manantial, únicamente cuando alfa es cero, que es el punto de inicio de ésta. Desde la óptica, agroecológica, lo ideal es que la curva de Renyi indique que en el agroecosistema hay mayor riqueza, más uniformidad, menor dominancia y más equidad del taxón en estudio.

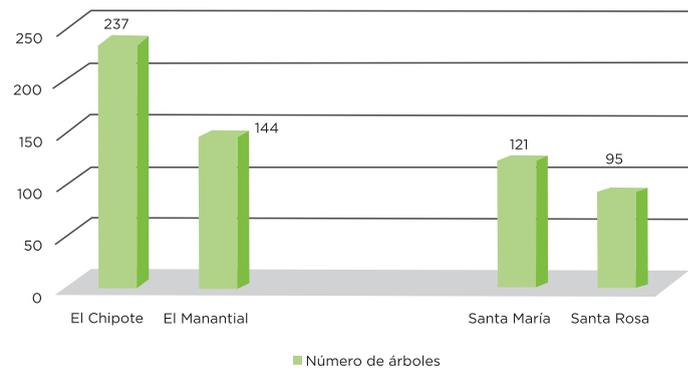


Figura 27. Número de árboles en los agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial) y en Chinandega (Santa María y Santa Rosa, Nicaragua, 2016-2017.

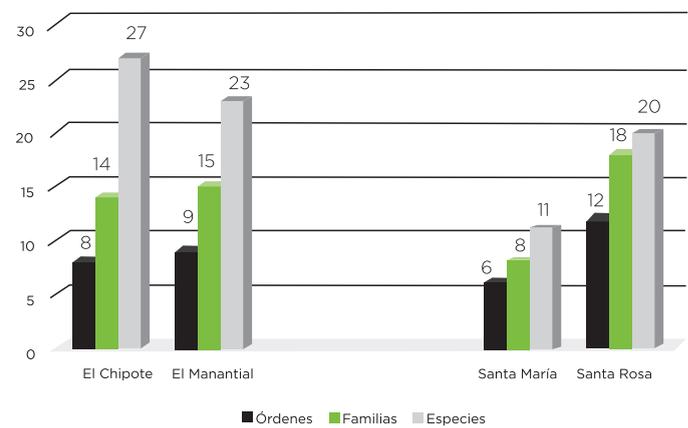


Figura 28. Composición taxonómica de la flora arbórea en los agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial) y en Chinandega (Santa María y Santa Rosa, Nicaragua, 2016-2017.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

Los resultados en Diriamba demuestran que el agroecosistema El Chipote tiene una mayor diversidad de especies de la flora arbórea y es el más arbolado, dado que el área de ambos agroecosistemas es muy similar (Tabla 1), pero esa mayor diversidad de especies es menos uniforme, hay una mayor dominancia y menor equidad. Desde el punto de vista agroecológico es ideal tener agroecosistemas con un buen arbolado, muy diverso y con una mejor uniformidad, menor dominancia y mejor equidad para aprovechar mejor las funciones ecológicas de éstos tanto para el agroecosistema, como para el territorio o cuenca. Entre estas funciones están la contribución al ciclo hidrológico, la producción de oxígenos, al reciclado de nutrientes, la conservación de flora y fauna, reducción de la erosión, refrescan y reducen la temperatura del ambiente, la belleza escénica y los beneficios económicos que ellos pueden representar para el agricultor. En ambos agroecosistemas, es fundamental hacer un rediseño del arbolado para garantizar que sea muy diverso y con una mejor uniformidad, menor dominancia y mejor equidad para aprovechar mejor las funciones ecológicas de éstos tanto para el agroecosistema, como para el territorio o cuenca.

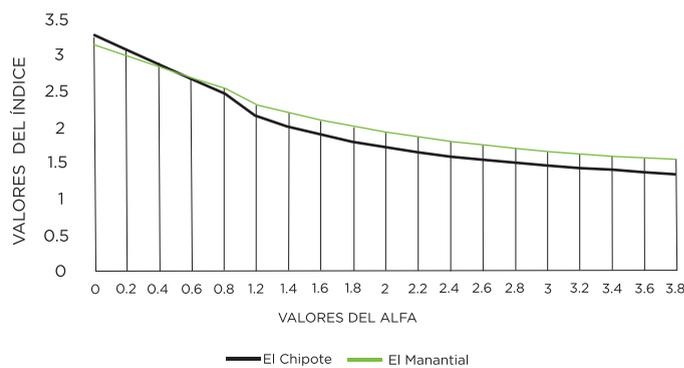


Figura 29. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los géneros y especies arbóreas de dos agroecosistemas con granos básicos, con manejos y diseños de su biodiversidad medianamente complejo (El Chipote) y poco complejo (El Manantial), Diriamba, 2015-2016.

En Chinandega, el agroecosistema Santa María está constituido por 8 familias y 11 especies botánicas, y se registraron 121 árboles. Las familias Mimosaceae y Boraginaceae presentan mayor número de individuos con 52 y 52 árboles. *Enterolobium cyclocarpum* J., *Cordia dentada* P. y *Cordia alliatora* (Ruiz y Pav.) son las especies con mayor número de individuos con 48, 26 y 24 árboles respectivamente, que representan el 41.3, 22.4 y 20,7 % de la población (Figura 27 y 28). También, este agroecosistema cuenta con 6 órdenes taxonómicos, Fabales y Boraginales son los órdenes con mayor número de individuos con 52 y 50 árboles respectivamente.

En esta localidad, el agroecosistema Santa Rosa está conformado por 18 familias y 20 especies, y se registraron 95 árboles. La familia Meliaceae presentó el mayor número de individuos con 19 árboles. *Azadirachta indica* A., *Spondias purpurea* L. y *Moringa oleifera* L., son las especies con mayor número de individuos con 19, 17 y 16 árboles respectivamente, que representan el 21.6 %, 19.3 % y 18.2 % respectivamente de la población (Figura 27 y 28). Así mismo, este agroecosistema, está constituido por 12 órdenes taxonómicos, de los cuales Sapindales y Brassicales presentan mayor número de individuos con 44 y 17 árboles respectivamente.

En Chinandega, el análisis con índice de diversidad del perfil de Renyi aclara, que el agroecosistema Santa Rosa presenta una mayor riqueza de género y especie, y es más uniforme, con una menor dominancia y es más

equitativo (Figura 30), a pesar que no es el más arbolado. Esa es la curva ideal para un agroecosistema que se gerencia con enfoque agroecológico.

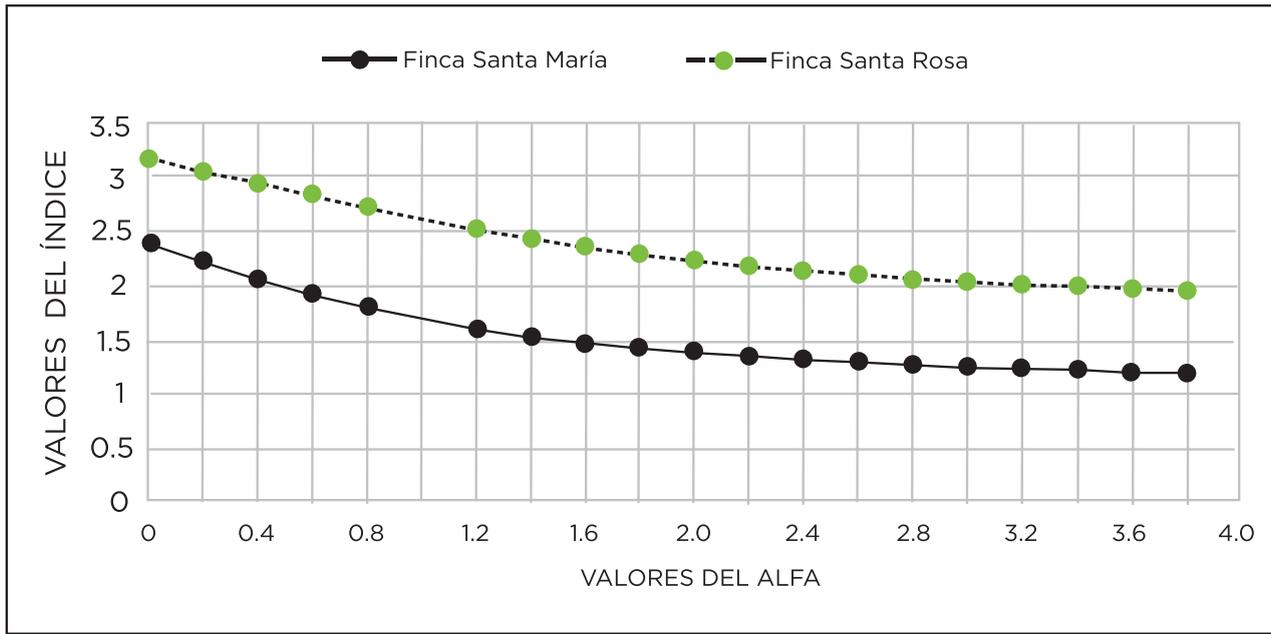


Figura 30. Índice de diversidad alfa (Renyi) para género y especie de dos agroecosistemas con granos básicos, con manejos y diseños de su biodiversidad poco complejo, La Grecia 2, Chinandega, 2015-2016.

Los resultados en Chinandega demuestran que el agroecosistema Santa Rosa tiene una mayor diversidad de especies de la flora arbórea, y es más uniforme, con una menor dominancia y mejor equidad, pero no es el más arbolado. El área del agroecosistema Santa María es cuatro veces inferior al del agroecosistema Santa Rosa (Tabla 1), pero es más arbolado al poseer más árboles en una menor superficie.

De los cuatro agroecosistemas evaluados, únicamente el agroecosistema Santa Rosa no realiza acciones de recuperación y protección del territorio, tales como conservación de pequeñas áreas boscosas, las que además de las funciones ecológicas arriba descritas, son fuentes de microorganismos eficientes autóctonos, ideales para la elaboración de biofertilizantes sólidos y líquidos, lo que contribuye a la soberanía tecnológica. Este es el caso de los agroecosistemas, El Chipote y Santa María en los que se aplican biofertilizantes con microorganismos eficientes autóctonos, los que a su vez enriquece la microbiología edáfica. Para aprovechar mejor las funciones ecológicas del arbolado, en los cuatro agroecosistemas, es necesario hacer un rediseño de éste que contribuya a garantizar una buena diversidad o riqueza de especies, una buena uniformidad, menor dominancia y una mejor equidad.

4.4.2. Funcionalidad de las familias taxonómicas del componente arbóreo

Los árboles son vistos frecuentemente como una solución a las problemáticas ambientales como la degradación del suelo y del agua, además es considerada una respuesta a la escasez de alimentos, leña, ingresos, alimento para el ganado y la generación de herramientas de construcción; la amplitud y diversidad de los sistemas productivos es una medida de la solución que puedan brindar ante estas problemáticas ambientales (Mendieta y Rocha, 2007).

En los agroecosistemas en Diriamba se determinaron las siguientes funcionalidades de las familias taxonómicas arbóreas para los agricultores: **medicinal** (Anacardiaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Melianthaceae, Mimosaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Sapotaceae, Simaroubaceae, Sterculiaceae); **comestible o energéticas** (Anacardiaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae, Meliaceae, Rubiaceae, Sapotaceae); **industriales** (Bignoniaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Simaroubaceae), **construcción** (Bignoniaceae, Bombacaceae, Cesalpiniaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Simaroubaceae); **ornamental** (Bignoniaceae, Bombacaceae, Fabaceae, Meliaceae, Rhamnaceae), **cortinas rompe vientos** (Fabaceae, Meliaceae, Mimosaceae, Sterculiaceae); **cercas vivas** (Bombacaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Fabaceae, Mimosaceae, Rhamnaceae); **sombra y alimento** (Cesalpiniaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Rhamnaceae, Sterculiaceae) y **manejo de bosques para enriquecimiento** (Bombacaceae, Boraginaceae, Fabaceae, Mimosaceae).

En Chinandega se determinaron las siguientes funcionalidades de las familias taxonómicas arbóreas para los agricultores: **fijadores de nitrógeno** (Caesalpiniaceae, Fabaceae, Mimosaceae); **ornamental/ aromático** (Boraginaceae, Moraceae, Rutaceae y Sterculiaceae); **forrajera o energética** (Boraginaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Moraceae, Moringaceae y Sterculiaceae); **frutal o productiva** (Anacardiaceae, Caesalpiniaceae, Lauraceae, Rutaceae) y **medicinal** (Anonaceae, Burseraceae, Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae, Moringaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Rutaceae y Sterculiaceae).

4.4.3. Estructura dasométrica de la flora arbórea

Los diámetros de la vegetación arbórea agrupados en clases de tamaño (Clases diamétricas) representa la estructura horizontal del arbolado e indica el estado de desarrollo, lo cual es utilizado para el manejo y uso de los mismos (Arbolado). En el figura 31 se expresan los resultados de Diriamba, e indica que sigue el desarrollo normal natural de un bosque con regeneración natural, dentro del cual no se está dando alguna alteración seria, podría haber alguna intervención, pero es leve o muy leve. En una vegetación que se está regenerando naturalmente, siempre se espera que exista más abundancia de arbolado joven (clase de 10 y 20 centímetros a

la altura del diámetro normal, 1.30 metros del nivel del suelo). También expresa que el arbolado adulto reduce su número de individuos por clase de diámetro, debido a que la misma competencia ecológica elimina al arbolados más débil y la ausencia de diámetros gruesos puede indicar que una o varias de las especies forestales existente están o fueron extraídas o aprovechadas anteriormente, el bosque se está desarrollando naturalmente, pero con predominancia de arbolado joven, sin embargo hace al bosque más diverso en especies, que es, los que está ocurriendo en estas dos agroecosistemas, El Chipote en mayor grado que El Manantial.

A largo plazo, la estructura arbórea y la diversidad de especies forestales en determinadas áreas, pueden sufrir cambios determinados en su dinámica de desarrollo debido a la influencia de diferentes factores que la afectan.

En Chinandega, los agroecosistemas Santa María y Santa Rosa presentan un mayor número de árboles en las clases diamétricas cuyos diámetros corresponde a arbolado joven (Figura 32) y todo el componente arbóreas presente en los dos agroecosistemas siguen la tendencia natural de crecimiento, es decir, presentando más árboles jóvenes que adultos (Clase de 10-19.99 cm.) con las respectivas diferencias entre un agroecosistema y el otro en cuanto al número de árboles (70 individuos en Santa María y 38 árboles Santa Rosa). Las demás clases diamétricas presentan menores porcentajes de individuos (Figura 32).

Las dos fincas presentan al arbolado joven, los cuales representan la base para que un bosque se recupere, los pocos árboles que aparecen en clases diamétricas mayores pueden desempeñar la función de reproductores o semilleros, sobre todo, los mayores de 40 cm. de diámetro normal, aunque no presenten importancia económica, pero sí, una gran importancia ecológica.

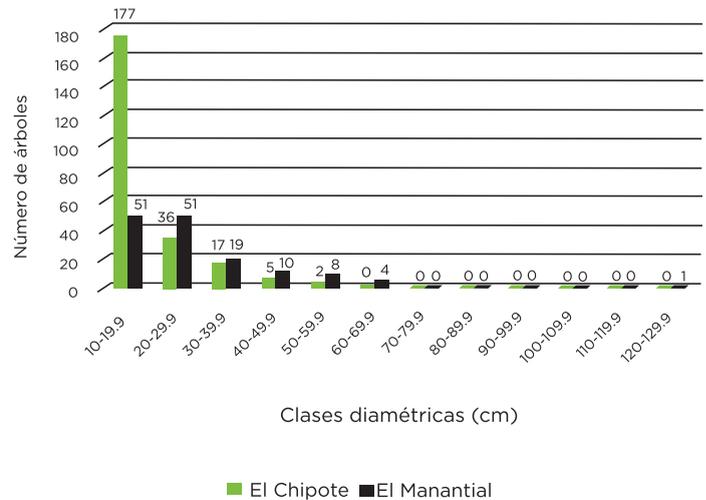


Figura 31. Estructura horizontal del arbolado de la finca El Chipote y El Manantial en Diriamba, Nicaragua.

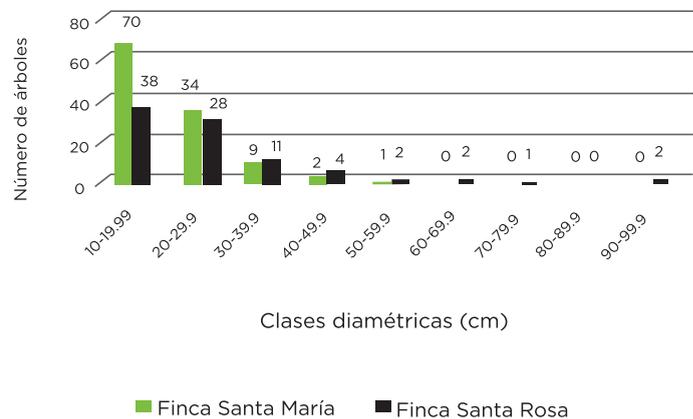


Figura 32. Estructura horizontal del arbolado de los agroecosistemas Santa María y Santa Rosa en Chinandega, Nicaragua.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

La altura de la vegetación arbórea agrupados en clases de tamaño (Clases de altura) representa la estructura vertical del arbolado e indica el estado de desarrollo que los árboles han alcanzado en el plano vertical y expresa la dominancia o no de las especies en cuanto al cubrimiento en el dosel superior, es decir, en la cobertura del conjunto de copas (dosel), lo cual es utilizado para el manejo y uso del arbolado. En Diriamba se muestran estos resultados en la figura 33, y revela que sigue el desarrollo normal natural de un bosque con regeneración natural, dentro del cual no se está dando alguna alteración seria, podría haber alguna intervención, pero es leve o muy leve. En una vegetación que se está regenerando naturalmente, siempre se espera que exista más abundancia de arbolado joven, pero que no han alcanzado la altura necesaria porque está constituida por arbolado muy joven (clase de 3 metros de altura total de la planta). También expresa que el arbolado adulto reduce su número de individuos por clase de altura total, debido a que la misma competencia ecológica elimina al arbolados más débil, sin embargo hace al bosque más diverso en especies, que es, los que está ocurriendo en estos dos agroecosistemas, El Chipote en mayor grado que El Manantial. Otra vez, en el caso de la altura total, exterioriza que la ausencia de árboles adultos con gran altura está siendo utilizada de alguna manera y los pocos que existen funcionan como árboles padres o semilleros. En la figura 33 se puede notar sin embargo, que existe una población de árboles que predominan con tamaños de altura entre 7 a 11 metros.

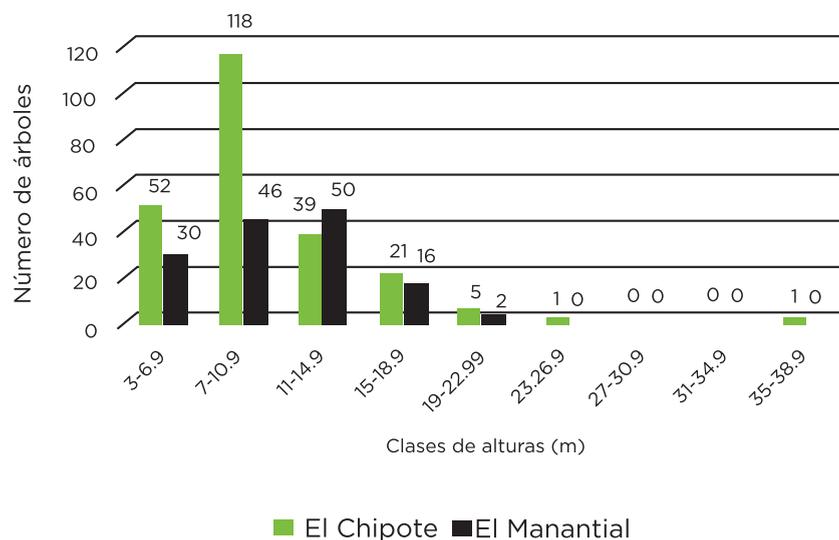


Figura 33. Estructura vertical del arbolado de los agroecosistemas El Chipote y El Manantial en Diriamba, Nicaragua, 2016.

En Chinandega, la distribución del arbolado según la clase de altura (Figura 34), en el agroecosistema Santa María se encuentra concentrada de los 4 a los 12 metros de altura; el 79 % de la población se halla dentro de este rango de altura. En agroecosistema Santa Rosa, la altura del arbolado está concentrada desde los 2 metros a los 10 metros, esto representa el 93 % del arbolado total de la finca (Figura 34).

La presencia de árboles jóvenes y de menor altura en el agroecosistema Santa Rosa se debe al manejo que el productor le da a la finca; en la finca Santa María no se encontraron árboles dentro de la categoría de los 2-3.99 m., esto indica que la regeneración natural en este agroecosistema está muy pobre y la preservación del bosque puede correr riesgos de empobrecerse en un futuro cercano.

La presencia de diferentes clases de alturas en ambas fincas puede resultar en un beneficio al proporcionar un microclima favorable y cierta belleza escénica.

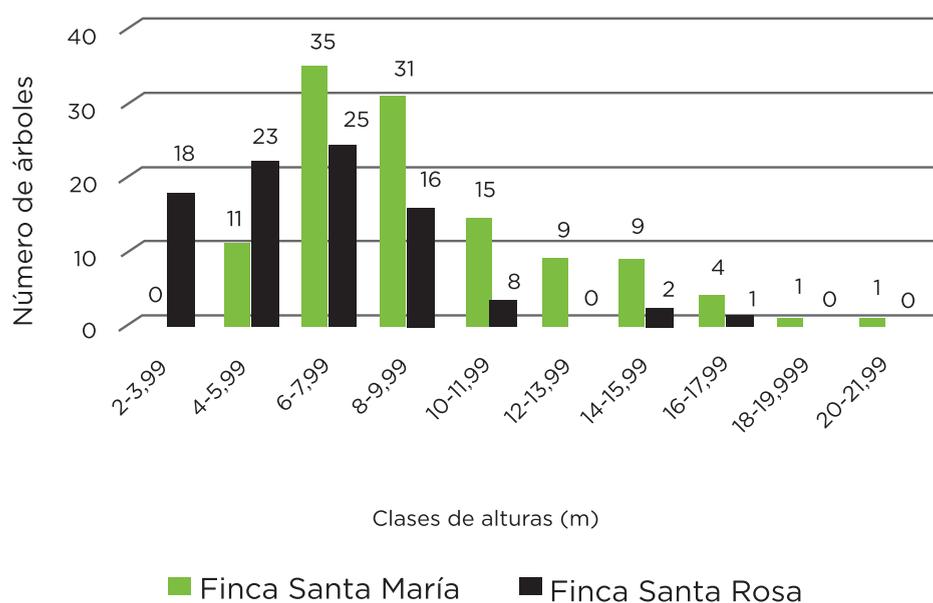


Figura 34. Estructura vertical del arbolado de los agroecosistemas Santa María y Santa Rosa en Chinandega, Nicaragua, 2016.

4.4.4 Características silviculturales de la flora arbórea

La calidad del fuste es una característica silvicultural de los árboles, que indica las cualidades de rectitud, grados de curvatura o algún defecto grave que incide directamente en la estética o belleza del árbol, independientemente de que sea ornamental o de producción maderable, si es estética se puede aplicar en árboles ornamentales, si es para producción se aplica en los árboles comerciales o de importancia económica desde el punto de vista maderera.

En la figura 35 se muestran los resultados de Diriamba, e indica que la mayoría de los árboles tienen afectación moderada o curvaturas leves a moderadas (Clase 2). También, se encuentran árboles rectos (Clase 1), pero en menor cantidad y árboles curvos solo en el agroecosistema El Chipote (Clase 3), en el agroecosistema El Manantial no hay.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

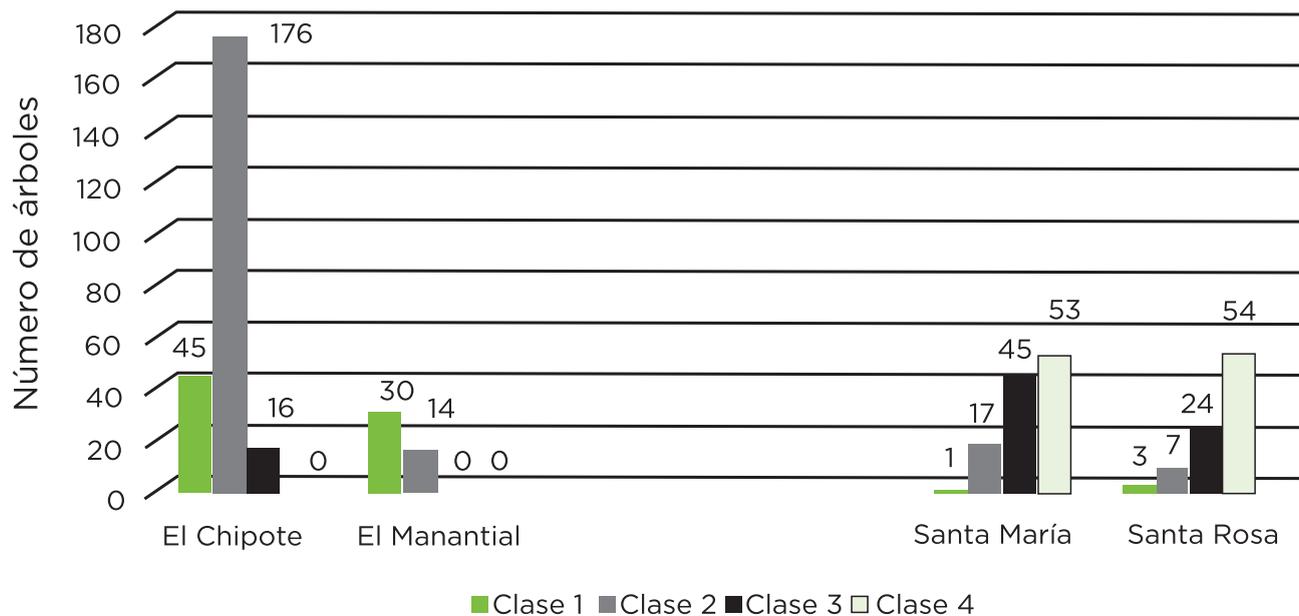


Figura 35. Características de la calidad de los fustes del arbolado de los agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial) y en Chinandega (Santa María y Santa Rosa), Nicaragua.

En relación a esta condición, en Chinandega (Figura 35), tanto en el agroecosistema Santa María, como en el Santa Rosa, el mayor número de árboles se encontraron con curvaturas evidentes y daños (Categoría 3) y fustes completamente dañados (Categoría 4), con 45 y 53 árboles respectivamente para el agroecosistema Santa María y 24 y 54 árboles respectivamente para el Santa Rosa. En el agroecosistema Santa María el 44.4 % de la población presenta un fuste completamente dañado y el 38.8 % presenta fustes con curvaturas y daño (Figura 35).

La calidad de fuste es un factor que puede incidir en los bosques y en la economía de las familias o empresas cuando estos son destinados al aprovechamiento forestal, como la extracción de madera. En estas dos agroecosistemas, el arbolado está destinado a la protección de factores adversos como el viento.

De igual manera se encontraron árboles dispersos que brindan una belleza escénica, son fuente de sombra. Aunque el mal estado del fuste puede representar un riesgo para los cultivos al ser hospederos de organismos biológicos plagas.

La figura 36 indica que existe un dosel superior homogéneo que predomina en el área de bosque, en los dos agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial), en el cual, los árboles reciben iluminación solar en la mayor parte del día (Clase 1), también existen en menor cantidad un grupo de árboles que reciben luz solo en la parte superior de la copa (Clase 2) y los demás reciben luz difusa o poca iluminación.

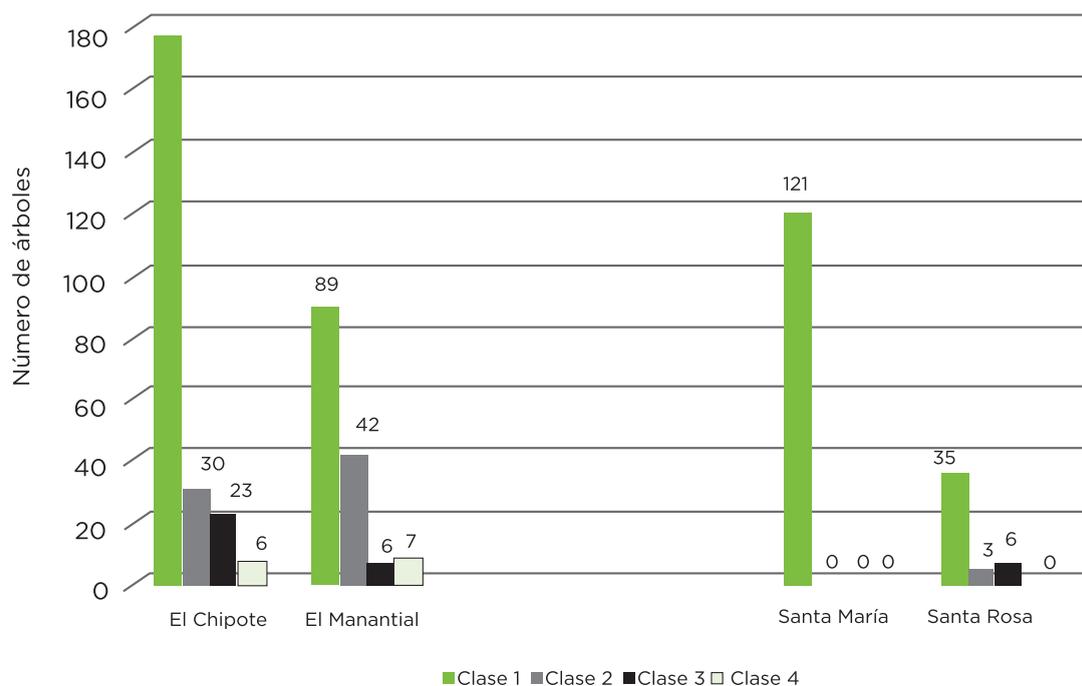


Figura 36. Características de la incidencia de la iluminación sobre la vegetación arbórea de los agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial) y en Chinandega (Santa María y Santa Rosa), Nicaragua.

El factor iluminación provoca un grado de afectación en la intensidad lumínica de acuerdo al grado de cobertura forestal que existe en los agroecosistemas. En Chinandega, la dispersión del arbolado en el terreno hace que éstos reciban iluminación todo el día (Figura 36), esto hace que se califiquen como categoría de iluminación 1, es decir, árboles con iluminación completa como ocurre en este caso, 121 árboles (1000 %) en Santa María y 35 (79.5 %) en Santa Rosa están bajo iluminación todo el día.

Esta condición se debe a que la disposición del arbolado en ambas fincas es dispersa y la disposición del arbolado en ambos sistemas y el espaciamiento establecido entre cada árbol, evita que exista competencia seguida e intensa por recursos: luz, agua y nutrientes. Aunque esta forma de manejo ayuda al desarrollo eficiente de los cultivos y de los demás componentes de las fincas, sin embargo, esta dispersión estimula el aumento poblacional de las especies de arvenses, las cuales inciden directamente compitiendo con el o los cultivos.

Las lianas son organismos, que son parte de cualquier proceso de sucesión vegetal y/o forestal, en caso forestal pueden afectar la calidad productiva si es maderables o bien la belleza de los árboles si son ornamentales. En la figura 37 se muestran los resultados de Diriamba referente a la presencia o ausencia de lianas. En los dos agroecosistemas se observa que no hay problemas de lianas, los árboles están limpios, sólo una pequeña cantidad tienen lianas. En los agroecosistemas en Chinandega, el arbolado manifestaba ausencia total de lianas

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

En la figura 38 se aprecia el estado fitosanitario de la vegetación arbórea en Diriamba. Ambos agroecosistemas no tienen problemas de carácter sanitario, tanto entomológico, como patológico, esto es comprensible debido a que los árboles desarrollan capacidades de resistencia o de convivencia con muchos de los organismos que se alimentan de plantas vegetales.

En la figura 38 se aprecia el estado fitosanitario de la vegetación arbórea en Chinandega. Estos resultados complementan la calidad de fustes ya que en la figura 35 se observa que el arbolado (98 individuos) en el agroecosistema Santa María presentan daños, representando el 84.4 % de la población total y en el agroecosistema Santa Rosa 78 árboles expresan dañados, que representa el 88.6 % del arbolado. Este comportamiento indica que no existen muchos árboles buenos o sanos, por lo que se debe poner atención a determinar el tipo de mejora ecológica o productiva que se le puede brindar en los dos agroecosistemas. Esta condición de mal estado de los árboles puede representar una amenaza a los cultivos ya que se pueden generar condiciones favorables para algunas plagas que amenacen con la reducción de la productividad de los cultivos establecidos. Por lo tanto, se debe hacer un rediseño del arbolado en ambos agroecosistemas, que incluya el manejo a los árboles.

En síntesis, se puede afirmar que en los cuatro agroecosistemas evaluados, es fundamental hacer un rediseño del arbolado para garantizar que sea muy diverso y con una mejor uniformidad, menor dominancia y mejor equidad para aprovechar mejor las funciones ecológicas de éstos tanto para el agroecosistema, como para el territorio o cuenca y para el núcleo familiar. En este rediseño se debe incluir el manejo silvicultural de la flora arbórea para que los fustes sean de buena calidad y sanidad.

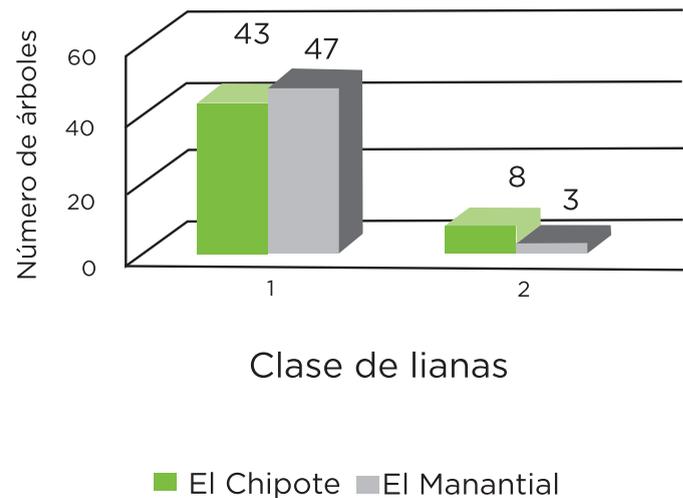


Figura 37. Características de la presencia de lianas sobre la vegetación arbórea en la finca El Chipote y El Manantial en Diriamba, Nicaragua, 2016.

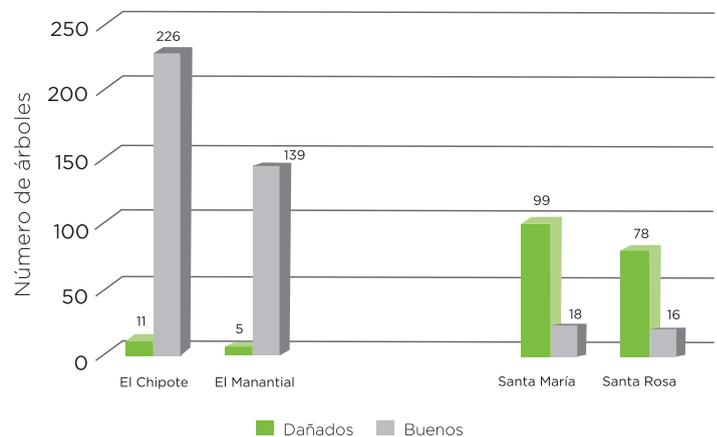


Figura 38. Características del estado fitosanitario sobre la vegetación arbórea de los agroecosistemas en Diriamba (El Chipote y El Manantial) y en Chinandega (Santa María y Santa Rosa), Nicaragua, 2016.

4.5. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas

Dennis José Salazar Centeno, Manuel Antonio Morales Navarro y Luis Orlando Valverde Luna, Orlan Gabriel García López, Carlos Iván Cáceres Gutiérrez

En Diriamba, el agroecosistema El Chipote tiene diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos, mientras que el agroecosistema El Manantial son pocos complejos (Figura 13). En el caso de Chinandega, el agroecosistema Santa María y Santa Rosa poseen diseños y manejos de su biodiversidad pocos complejos (Figura 14). A estos agroecosistemas se les aplicó la Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad de Finca (HESOFI) y se determinaron los siguientes índices de sostenibilidad: general, por componente y por indicador (Bertinaria, 2016, y Bertinaria et al, 2016).

4.5.1. Índice de sostenibilidad general de los agroecosistemas

El índice de sostenibilidad general de un agroecosistema se obtiene 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) por cien. En la figura 39 se puede apreciar el nivel o índice de sostenibilidad general de los agroecosistemas en Diriamba y Chinandega.

Basados en los resultados de los cuatro agroecosistemas con granos básicos se puede aseverar que el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas no siempre es directamente proporcional al nivel de sostenibilidad general del agroecosistema. En Diriamba, el agroecosistema El Chipote tiene un índice de sostenibilidad general de 66% $((81+61+57)/300)*100$, que es superior al de El Manantial, que es de 62% $((64+63+60)/300)*100$. No obstante, esos índices de sostenibilidad general no se deben considerar aceptables. El agroecosistema El Chipote (61 y 57) es muy similar a El Manantial (63 y 60) en las dimensiones socio-político-cultural y económica. Los resultados de las dimensiones anteriores (socio-político-cultural y económica) desfavorecen al agroecosistema El Chipote al no poder alcanzar un índice de sostenibilidad general de 80%.

En Chinandega, el agroecosistema Santa María tiene un índice de sostenibilidad general de 89% $((89+87+92)/300)*100$, que es superior al del agroecosistema Santa Rosa, que es de 46% $((34+39+66)/300)*100$. En este caso, el índice de sostenibilidad general que oscile entre 80 y 89% es bueno, como es el caso del agroecosistema Santa María. Ambos agroecosistemas tienen el mismo nivel de complejidad de sus diseños y manejos de su biodiversidad. El agroecosistema Santa María, en la dimensión socio-político-cultural tiene un valor de 92 puntos, que es muy bueno y en las dimensiones económicas y agroambiental un valor de 87 y 89, que son buenos.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBA Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

Estos resultados permiten afirmar que el índice de sostenibilidad general de un agroecosistema con granos básicos no solamente depende de la implementación de prácticas agroecológicas en éste, sino que en la gerencia del agroecosistema, además de éstas, hay que considerar prácticas e indicadores de las dimensiones socio-político-cultural y económica, como es el caso del agroecosistema Santa María.

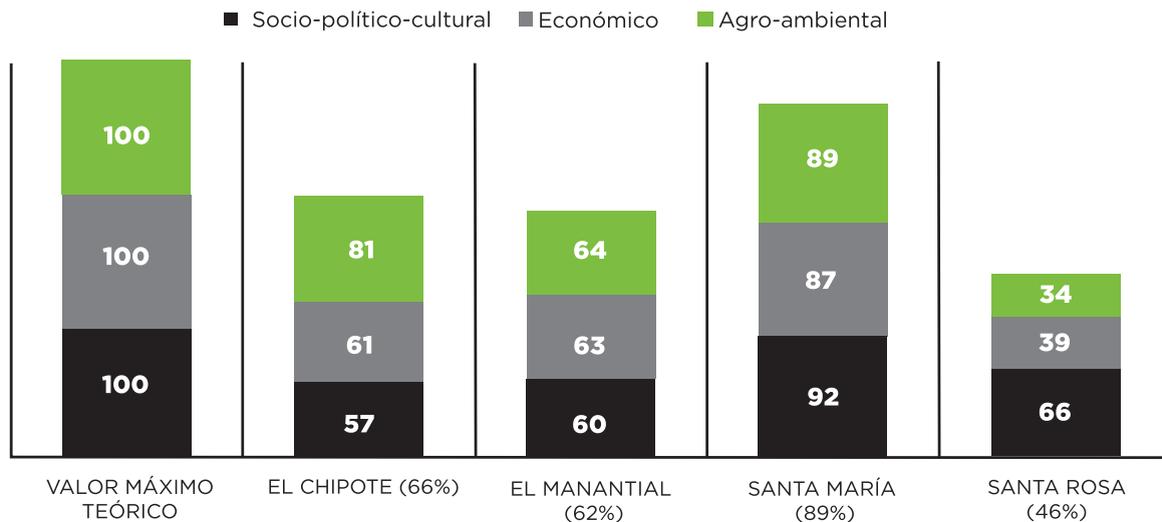


Figura 39. Nivel de sostenibilidad general de los agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y Chinandega, 2016.

4.5.2. Índice de sostenibilidad de los componentes en cada dimensión

En las figuras 40 y 41 se presenta el nivel de sostenibilidad por componente en cada dimensión. La dimensión socio-político-cultural tiene los componentes bienestar, relaciones internas, relaciones externas y cultura y territorio (Tabla 9).

En Diriamba, en ambos agroecosistemas se debe mejorar los componentes de la dimensión socio-político-cultural (Figura 40), cuyos índices oscilan entre 0 y 90%, pero hay que resaltar que solamente en el agroecosistema El Chipote, el componente cultura y territorio obtuvo un índice de sostenibilidad de 90%, que es muy bueno. En este agroecosistema, el componente relaciones internas no superó un índice de sostenibilidad de cero por ciento, dado que cada indicador de este componente su índice fue de cero

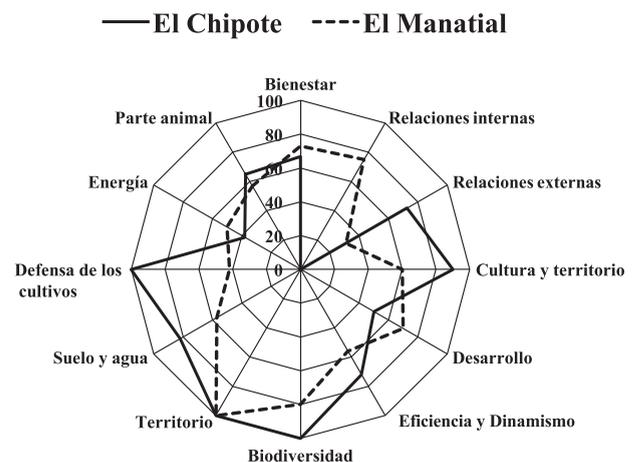


Figura 40. Nivel de sostenibilidad por componente en cada dimensión de los agroecosistemas con granos básicos en Diriamba, 2016.

por ciento (Tabla 9). En el agroecosistema El Manantial, el componente relaciones externas alcanzó un índice de 31%, que se debe mejorar sustancialmente.

La dimensión económica está conformada por los componentes desarrollo y eficiencia y dinamismo (Tabla 9). En Diriamba, en ambos agroecosistemas se debe mejorar los componentes de esta dimensión, cuyos índices de sostenibilidad oscilan entre 50 y 72%, no logrando alcanzar un índice de 80% (Figura 40), que sería bueno.

La dimensión agro-ambiental está constituida por los componentes biodiversidad, territorio, suelo y agua, defensa de los cultivos, energía y parte animal (Tabla 9). En Diriamba, en ambos agroecosistemas se debe corregir los componentes energía y parte animal, cuyos índices de sostenibilidad oscilaron entre 38 y 65% (Figura 40). En el agroecosistema El Chipote, los componentes biodiversidad, territorio y defensas de los cultivos sus índices de sostenibilidad lograron el valor óptimo (100%), mientras que el componente suelo y agua obtuvo un índice de sostenibilidad bueno (82%). En el agroecosistema El Manantial, los componentes biodiversidad y territorio lograron un índice de 80 y 100%, que son uno bueno y otro óptimo, respectivamente; mientras que los componentes suelo y agua y defensa de los cultivos alcanzaron índices de sostenibilidad de 39 y 42%, los cuales deben ser mejorados.

En la figura 41 se presenta el nivel de sostenibilidad por componente en cada dimensión, en Chinandega. En el agroecosistema Santa María, los componentes de la dimensión socio-político-cultural, alcanzaron índices entre 79 y 100%, siendo el menor de ellos para el componente bienestar (79%), el cual debe ser mejorado para superar el 80%. El resto de indicadores de estos componentes se consideran uno bueno (relaciones internas), con 88% y dos óptimos (relaciones externas y cultura y territorio), con 100%. En este mismo agroecosistema, los componentes de la dimensión económica lograron índices de sostenibilidad de 90 y 84%, categorizándose de muy bueno y bueno, respectivamente. Los componentes de la dimensión agroambiental, alcanzaron índices de sostenibilidad que oscilaron entre 75 y 100%, cuyos menores valores corresponden a los componentes energía y parte animal (75 y 75%), los cuales deben ser mejorados. Los componentes biodiversidad, territorio y defensa de los cultivos lograron un índice de sostenibilidad óptimo (100%). En el agroecosistema Santa Rosa todos los componentes de esta dimensión deben ser mejorados, cuyos índices oscilaron entre 0 y 50%. Muy negativa es la situación de los componentes suelo y agua, defensa de los cultivos y energía, cuyos índices de sostenibilidad son 0, 17 y 0%, respectivamente.

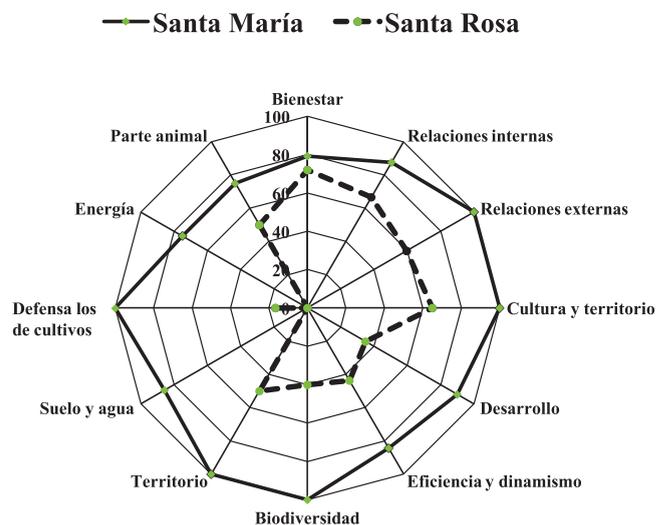


Figura 41. Nivel de sostenibilidad por componente en cada dimensión de los agroecosistemas con granos básicos en Chinandega, 2016.

4.5.3. Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes

En la tabla 9 se presentan las dimensiones de la sostenibilidad con sus respectivos componentes, indicadores e índices de sostenibilidad. En los cuatro agroecosistemas con granos básicos se debe superar los indicadores que no lograron un índice superior o igual al 80%.

En Diriamba, en el agroecosistema El Chipote se debe superar índices de sostenibilidad de 31 indicadores, de los cuales 14 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, nueve a la económica y ocho a la agroambiental (Tabla 9), mientras que el agroecosistema El Manantial 45, de los cuales 15 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, siete a la económica y 23 a la agroambiental. En ambos agroecosistemas se tiene que implementar un plan de gestión integral del agroecosistema, que incluya indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales.

En Chinandega, en el agroecosistema Santa María se debe superar índices de sostenibilidad de 13 indicadores, de los cuales cinco pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, tres a la económica y cinco a la agroambiental (Tabla 9), mientras que el agroecosistema Santa Rosa 47, de los cuales 13 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, nueve a la económica y 25 a la agroambiental. En ambos agroecosistemas se debe implementar un plan de gestión integral del agroecosistema.

Para el plan de gestión integral del agroecosistema se necesita voluntad para trabajar, cambiar de actitud, invertir en la propiedad con visión empresarial y de futuro, para lo cual es fundamental la planificación del agroecosistema anhelado con toda los integrantes de la familia para emprender los trabajos (Salazar, 2014) y garantizar la democracia de los procesos internos, como es el caso del agroecosistema Santa María, en Chinandega.

El plan de gestión integral para transformar un agroecosistema de estructura simple a uno de estructura altamente compleja es un proceso del que se puede saber su inicio, pero no su finalización. Éste depende de varios factores como: nivel académico de la familia campesina y su grado de asociatividad, capacitación, asistencia técnica, financiamiento, del acceso a vías de comunicación terrestre y a las tecnologías de información y comunicación (TICs), políticas que fomentan este tipo de producción, de las condiciones agroecológicas y de la capacidad de gestión de la familia campesina. Vázquez (2013b) establece que dicho proceso para el diseño de sistemas diversificados sostenibles en el trópico consta de: integración, transformación y complejización.

Estos resultados demuestran, que agroecosistemas con granos básicos y con diseños y manejos de la biodiversidad medianamente complejo como es el caso de El Chipote, éstos no son suficientes para lograr un nivel de sostenibilidad igual o mayor a 80 %, dado que no solamente se debe implementar prácticas agroecológicas, si no también cumplir con una serie de estándares o indicadores socio-político-cultural y económicos.

Un agroecosistema agroecológico que se diversifica desde el punto de vista productivo (agrícola, pecuario y forestal) debe integrar los tres componentes para desarrollar agroecosistemas que tomen ventajas de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales (Altieri, 2001), que permita lograr un mayor sinergismo y resiliencia social, ambiental y económica. Salazar (2013) afirma que tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agro ecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema autoregular 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.

Al analizar los principales indicadores a mejorar de forma perentoria, en los cuatro agroecosistemas (Tabla 9), del componente bienestar de la dimensión socio-político-cultural, los indicadores a superar son conservación del producto (S1) y autoconsumo (S3), que responden a las interrogantes ¿cuántos productos se destinan a la conservación y como se conservan? y ¿qué % de la producción se destina al autoconsumo?. En el agroecosistema El Chipote, los condiciones de la vivienda (S5) no son bien valoradas, cuyo índice de sostenibilidad es 20%. Ambos agroecosistemas de Diriamba (El Chipote y El Manantial) y el de Santa María garantizan a los miembros de la familia una dieta diversificada (S2), cuyo índice de sostenibilidad es el óptimo (100%). Es decir una ingesta con vitaminas, proteínas y carbohidratos, resultado de la crianza de un grupo pequeño de diversas aves y el establecimiento de diferentes especies de plantas frutales, que no son consideradas verdaderas explotaciones frutícolas, así como el cultivo de granos básicos. Adicionalmente, en el agroecosistema Santa María hay una pequeña crianza de conejos y cerdos y en El Manantial ganado bovino.

En el componente relaciones internas, el indicador a corregir, en los cuatro agroecosistemas, es jóvenes involucrados (S7), que estima en cuántas y en cuáles actividades del agroecosistema participan los jóvenes. La agricultora y promotora agroecológica Blanca Victoria Landeros realiza la planificación de finca (S12), y cuenta con los registros de actividades e insumos. En el agroecosistema El Chipote no se involucran a los jóvenes (S7) y las mujeres (S9) en las actividades, y por consiguiente ellos no desempeñan ningún rol (S8 y S10) y no hay democracia de los procesos internos (S11). El índice de sostenibilidad de estos indicadores es cero por ciento. La causa de estos resultados es que el Sr. Miguel Ángel Sandino Sánchez no tiene compañera de vida y sus hijos son mayores de edad y no se involucran en las actividades realizadas en el agroecosistema.

Exceptuando al agroecosistema Santa María, en el componente de relaciones externas los indicadores a superar son medios de comunicación (S16), oportunidades de formación para los productores (S18) y participación a eventos (S19), pero éstos no depende exclusivamente del campesino, sino de la red de comunicación nacional y de las actividades que se desarrollen en la comunidad, por lo que se necesita una política de Estado integral e incluyente. En el agroecosistema Santa María, estos indicadores alcanzaron el nivel óptimo (100%). El agricultor del agroecosistema El Manantial, Evelio Sandino Sánchez, debe mejorar las relaciones con instituciones públicas y privadas (S13) y con las realidades colectivas locales (S14), así como las relaciones con los consumidores (S17). Para mejorar estos dos últimos indicadores, el agricultor Evelio Sandino debe participar en organizaciones

que traen beneficios a las actividades del agroecosistema (Cooperativa, asociaciones, movimientos, uniones, ONG) y asumir responsabilidades en éstas.

En los agroecosistemas El Chipote y Santa María, los indicadores historia y territorio (S20), transmisión horizontal de conocimientos (S22), transmisión de conocimientos entre generaciones (S23) y uso de productos (S24), del componente cultura y territorio, lograron un nivel óptimo (100%). Miguel Ángel Sandino Sánchez y Blanca Victoria Landeros, propietarios de ambos agroecosistemas, son promotores agroecológicos calificados y miembros de MAONIC y están claros de la importancia de conocer las tradiciones, la historia y las técnicas agrícolas de su territorio; realizar frecuentemente intercambios de experiencias entre productores en diferentes temáticas; relacionarse con los mayores o ancianos de su localidad y transmitir estos conocimientos a las futuras generaciones, así como elaborar platos típicos locales con productos del agroecosistema para fomentar el paradigma agroecológico. Miguel Ángel Sandino Sánchez y Evelio Sandino Sánchez no cuentan con la escritura de la propiedad (S21) porque fueron beneficiados por la reforma agraria de los años ochenta.

En la dimensión económica, en el componente desarrollo, el indicador a superar, en los cuatro agroecosistemas, es la diversificación de la finca (E2), que incluye el porcentaje (%) de área manejada con sistemas agrícolas diversificados, sobre el total de la propiedad. En Diriamba, los valores de este indicador fueron de 50 y 75% y en Chinandega alcanzaron valores de 25 y 50%, los máximos valores corresponde a los agroecosistemas El Chipote, en Diriamba, y Santa María, en Chinandega (Tabla 9).

En el componente eficiencia y dinamismo, los indicadores a superar son diversificación de los mercados (E7) y transformación de productos (E10). En Diriamba, estos indicadores lograron un índice de sostenibilidad de 25 y 75%; mientras que en Chinandega, estos índices alcanzaron valores de 0, 25 y 50%. La producción de estos agroecosistemas se vende en un máximo de cuatro tipología de mercados (municipales, departamentales, nacional y en ferias) y no se oferta ningún producto para exportación, lo que contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria de nuestro país. Estos agricultores transforman sus granos en concentrados caseros para alimentar a un pequeño grupo diferentes especies de aves y/o cerdos. Los cuatro agricultores ofertan sus productos directamente en los canales de comercialización (E8) y establecen el precio conjuntamente con los comerciantes o consumidores, este hecho les atribuye un gran poder de negociación (E9), lo que fue valorado con el puntaje óptimo. Los agroecosistemas El Chipote y Santa María gozan de una certificación (E12) participativa agroecológica por MAONIC y han sido reconocidos por instancias de gobierno (MAGFOR, 2012 a y 2012b) como agroecosistemas agroecológicos, lo que les permite ofertar sus productos como agroecológicos. Solamente Blanca Victoria Landeros ha logrado desarrollar capacidades para autoabastecerse del 100% de insumos (E11) biológicos, que contribuye a tener soberanía tecnológica. Ella ha establecido alianzas económicas (E13) para comercializar mejor sus productos, principalmente granos básicos.

En la dimensión agro-ambiental, en el componente biodiversidad, se constató que en los agroecosistemas El Chipote y Santa María se han establecidos más de 14 especies vegetales (G1), que incluyen a los granos básicos, árboles frutales, maderables, herbáceos grandes como papaya y plátano, plantas medicinales,

aromáticas y ornamentales. La mayor parte de ellas son variedades locales (G2), criollas y acriolladas, entre las cuales están los granos básicos, jocote, pitahaya, guayaba, ceiba, moringa, laurel, roble, pochote, cedro, caoba, genízaro, guanacaste, madero negro, papaya, anona, tigüilote, zacate limón y culantro. Sus cercas o barreras vivas tienen una diversidad estructural de más de tres especies (G3) y 100% de la semilla de granos básicos (G4) se produce en estos agroecosistemas, con la que se estable más de tres tipologías de asocio (G5). Estos resultados garantizaron que estos indicadores alcanzaran el valor óptimo (100%), en ambos agroecosistema. En los agroecosistemas El Manantial (G5) y Santa Rosa (G3), sólo uno de estos indicadores se logró el máximo puntaje (Tabla 9).

En los agroecosistemas, El Chipote, El Manantial y Santa María hay ambientes de regeneración natural (G6) y se realizan acciones de recuperación y protección del territorio (G7). Los tres agroecosistemas tienen un área boscosa en la que crecen diferentes especies. En el área no boscosa no se realiza quema, se siembra en curvas a nivel, se incorpora materia orgánica, se establecen barreras vivas con gandul y se hacen obras de conservación de suelo y agua. Estas prácticas agroecológicas permitieron que estos indicadores alcancen el valor óptimo, en los tres agroecosistemas (Tabla 9). En el agroecosistema Santa Rosa no hay ambientes de regeneración natural (G6), por lo que este indicador obtuvo un índice de sostenibilidad de cero por ciento.

En los cuatro agroecosistemas se constató que no hay un uso eficiente del agua (G9) por no disponer de ningún sistema de riego (Tabla 9). En los agroecosistemas El Chipote y Santa María se realizan rotaciones de cultivos (G8) en más del 50% de su área, se cosecha agua (G10), no se aplican fertilizantes químicos sintético (G11), se establecen abonos verdes (G13) y se reciclan los desechos orgánicos de los agroecosistemas (G14). Estas prácticas agroecológicas permitieron obtener óptimos resultados en todos los indicadores del componente manejo de suelo y agua, en ambos agroecosistemas. La aplicación de fertilizantes orgánicos sólidos y líquidos se realiza en ambos agroecosistemas, pero en el agroecosistema Santa María el porcentaje del área con fertilización orgánica es mayor que en El Chipote (G12). Estas prácticas agroecológicas no se implementan en el agroecosistema Santa Rosa, lo que es característico del paradigma convencional. En el agroecosistema El Manantial se aplica fertilizantes inorgánicos y orgánicos (G11 y G12) y se reciclan sus desechos orgánicos (G14) provenientes del ganado bovino (estiércol deshidratado), por lo que no se puede considerar como un agroecosistema con enfoque eminentemente convencional.

En los agroecosistemas El Chipote y Santa María no se asperjan productos químicos sintéticos para la defensa de los cultivos (G15), solo se implementan técnicas de defensa natural (G16) a base de biomineral, extractos botánicos y maceraciones de ajo con madero negro, zorrillo y chile. El manejo o control de arvenses o malezas es alternativo (G18) a través de socios de cultivos, cobertura muerta (mulch), control manual con machete y/o azadón, rotaciones de cultivos, por lo que no es necesario aplicar herbicidas químicos sintéticos (G18). Las técnicas de postcosecha son alternativas (G20) que consiste en guardar los granos en los envases con desechos de cosecha, ceniza, ajo y chile molido. Estas prácticas agroecológicas permitieron alcanzar óptimos resultados en todos los indicadores del componente defensa de los cultivos, en ambos agroecosistemas. Estas

prácticas agroecológicas no se implementan en el agroecosistema Santa Rosa, lo que es típico del paradigma convencional. En el agroecosistema El Manantial se hace una combinación de productos químicos sintéticos con técnicas alternativas para la defensa de los cultivos y manejo de malezas; y los granos lo almacenan únicamente con residuos de cosecha, por lo que no se puede considerar como un agroecosistema con enfoque particularmente convencional.

En los cuatro agroecosistemas se deben implementar diferentes alternativas de energía renovables (G21) como biodigestor, energía solar y eólica. En Diriamba, la energía renovable que se utiliza es a base de biomasa (estiércol seco y leña) y en el agroecosistema Santa María biogás y leña, mientras que en el agroecosistema Santa Rosa gas butano. Este indicador no superó un índice de sostenibilidad de 50%. En Diriamba, la tipologías de material de empaque (G22) de los granos es de bolsas plásticas y sacos macen, mientras que en Chinandega, en el agroecosistema Santa María y Santa Rosa, se almacenan los granos solo en sacos macen.

En los cuatro agroecosistemas se deben mejorar los indicadores razas (G23) y manejos de las excretas (G31), cuyos índices de sostenibilidad no superó el 50% (Tabla 9). En ninguno de ellos hay más de siete razas criollas. En los agroecosistemas El Chipote y Santa María, la parte animal tiene en común un pequeño grupo de diferentes especies de aves (gallinas y patos) y un máximo de dos caballos (equino), que representa menos de siete razas (G23) criollas, que se consideran 100% razas locales (G24), se reproducen en el agroecosistema (G25), su alimentación es a base de los granos que se cultivan (G28) con los que se elaboran concentrados caseros, por lo que no se les brinda ninguna ración de la alimentos industriales (G29), no se mutilan (G30) y se sacrifican en la finca (32), porque se realiza cuando se necesitan para la ingesta de la familia. Todos estos indicadores tienen iguales índices de sostenibilidad en ambos agroecosistemas. Solamente, en el agroecosistema Santa María todos los animales duermen bajo techo.

En los agroecosistemas El Manantial y Santa Rosa, la parte animal está representada por ganado bovino, aves y equinos. La mayoría de las razas son locales (G24), se reproducen en la finca (G25), se práctica el pastoreo (G26), duermen y se ordeñan a cielo abierto, se cultiva más del 50% del forraje para la alimentación (G27), se suplementan con concentrados y/o gallinaza (G29), se mutilan (G30) a través del descornado y castración y se sacrifican en el rastro o mataderos (32).

En síntesis se puede afirmar lo siguiente:

1. El grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas no siempre es directamente proporcional al nivel de sostenibilidad general del agroecosistema, debido a que, además de los indicadores de la dimensión agroambiental hay que garantizar estándares o indicadores de las dimensiones socio-político-cultural y económicas.

2. En Diriamba, el agroecosistema El Chipote obtuvo un índice de sostenibilidad general de 66%, que no es aceptable, pero fue superior al del agroecosistema El Manantial, cuyo índice de sostenibilidad general fue de 62%.
3. En Chinandega, el agroecosistema Santa María logró un índice de sostenibilidad general de 89%, que es bueno, y fue superior al del agroecosistema Santa Rosa, cuyo índice de sostenibilidad general fue de 46%.
4. El índice de sostenibilidad general de un agroecosistema con granos básicos no solamente depende de la implementación de prácticas agroecológicas en éste, sino que en la gerencia del agroecosistema, además de éstas, hay que considerar prácticas e indicadores de las dimensiones socio-político-cultural y económica.
5. En los agroecosistemas El Chipote, El Manantial y Santa Rosa se deben superar los componentes de la dimensión económica (Desarrollo y eficiencia y dinamismo).
6. En los cuatro agroecosistemas se debe mejorar los componentes de energía y parte animal de la dimensión agroambiental.
7. En el agroecosistema El Chipote se debe superar índices de sostenibilidad de 31 indicadores, de los cuales 14 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, nueve a la económica y ocho a la agroambiental.
8. En el agroecosistema El Manantial se tiene que mejorar índices de sostenibilidad de 45 indicadores, de los cuales 15 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, siete a la económica y 23 a la agroambiental.
9. En el agroecosistema Santa María se debe corregir índices de sostenibilidad de 13 indicadores, de los cuales cinco pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, tres a la económica y cinco a la agroambiental.
10. En el agroecosistema Santa Rosa se tiene que mejorar índices de sostenibilidad de 47 indicadores, de los cuales 13 pertenecen a la dimensión socio-política-cultural, nueve a la económica y 25 a la agroambiental.
11. En los agroecosistemas El Chipote y Santa María, la parte animal tiene en común un pequeño grupo de diferentes especies de aves (gallinas y patos) y un máximo de dos caballos (equinos). En el agroecosistema Santa María, adicionalmente hay una pequeña crianza de cerdos y conejos.
12. En los agroecosistemas El Manantial y Santa Rosa, la parte animal está representada por ganado bovino, aves y equinos.
13. Se constataron las bondades de agroecosistemas con granos básicos gerenciados bajo un paradigma agroecológico (El Chipote y Santa María), que circunscribe las dimensiones de sostenibilidad (socio-político-

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

cultural, económica y agroambiental), y se reflejó en mejores índices de sostenibilidad general. En ambas localidades, estos agroecosistemas obtuvieron un mejor índice de sostenibilidad general.

14. En los cuatro agroecosistemas con granos básicos evaluados se necesita implementar un plan de gestión integral del agroecosistema, que incluya indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales, considerando los resultados de la evaluación agroecológica de estos agroecosistemas, para que a mediano y largo plazo se puedan alcanzar índices de sostenibilidad general superiores al 95 %, que son excelentes.

Tabla 9. Dimensiones de la sostenibilidad, componentes, indicadores e índices de sostenibilidad en los agroecosistemas localizados en Diriamba y Chinandega

| CRITERIO | COMPONENTE | COD | INDICADOR | NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%) | | | |
|-----------------------------------|---|-----|--|-----------------------------|--------------|-------------|------------|
| | | | | Diriamba | | Chinandega | |
| | | | | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| 1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL | 1.1. BIENESTAR (ALIMENTACION, SALUD Y EDUCACION) | S1 | Conservación del producto | 25 | 75 | 50 | 75 |
| | | S2 | Diversificación de la dieta | 100 | 100 | 100 | 50 |
| | | S3 | Autoconsumo | 75 | 50 | 50 | 75 |
| | | S4 | Acceso a los servicios | 80 | 80 | 100 | 100 |
| | | S5 | Condiciones de la vivienda | 20 | 60 | 100 | 80 |
| | | S6 | Oportunidades de educación | 100 | 50 | 75 | 50 |
| 1. SOCIO-POLITICO CULTURAL | 1.2. RELACIONES INTERNAS (a la finca) | S7 | Jóvenes involucrados | 0 | 50 | 50 | 75 |
| | | S8 | Papel de los jóvenes | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | | S9 | Mujeres involucradas | 0 | 100 | 75 | 25 |
| | | S10 | Papel de las mujeres | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | | S11 | Democracia de los procesos internos | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | | S12 | Planificación de la finca | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL | 1.3. RELACIONES EXTERNAS (a la finca) | S13 | Relaciones con instituciones públicas y privadas | 100 | 33.3 | 100 | 100 |
| | | S14 | Relaciones con realidades colectivas locales | 75 | 25 | 100 | 100 |
| | | S15 | Participación en las realidades colectivas locales | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | S16 | Medios de comunicación | 33.3 | 33.3 | 100 | 66.6 |
| | | S17 | Relaciones con los consumidores | 100 | 0 | 100 | 0 |

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

| CRITERIO | COMPONENTE | COD | INDICADOR | NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%) | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----|---|-----------------------------|--------------|-------------|------------|
| | | | | Diriamba | | Chinandega | |
| | | | | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| | | S18 | Oportunidades de formación para los productores | 75 | 0 | 100 | 25 |
| | | S19 | Participación a eventos | 25 | 25 | 100 | 25 |
| 1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL | 1.4. CULTURA Y TERRITORIO | S20 | Historia y territorio | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | S21 | Propiedad de la tierra | 50 | 50 | 100 | 100 |
| | | S22 | Transmisión horizontal de conocimientos | 100 | 0 | 100 | 25 |
| | | S23 | Transmisión de conocimientos entre generaciones | 100 | 50 | 100 | 100 |
| | | S24 | Uso de los productos | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 2. ECONOMICA | 2.1. DESARROLLO | E1 | Área | 100 | 100 | 100 | 0 |
| | | E2 | Diversificación de la finca | 75 | 50 | 50 | 25 |
| | | E3 | Cantidad producida para la venta | 75 | 100 | 100 | 50 |
| | | E4 | Mejoramiento de la finca | 0 | 100 | 100 | 100 |
| | | E5 | Desarrollo turístico | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 2. ECONOMICA | 2.2. EFICIENCIA - DINAMISMO | E6 | Empleo | 50 | 100 | 100 | 100 |
| | | E7 | Diversificación de los mercados | 75 | 25 | 50 | 50 |
| | | E8 | Canales comerciales | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | E9 | Poder de negociación del productor | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | E10 | Transformación de productos | 25 | 25 | 25 | 0 |
| | | E11 | Autosuficiencia en insumos | 50 | 25 | 100 | 0 |
| | | E12 | Certificaciones de la finca | 100 | 0 | 100 | 0 |

| CRITERIO | COMPONENTE | COD | INDICADOR | NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%) | | | |
|------------------|------------------------------|-----|--|-----------------------------|--------------|-------------|------------|
| | | | | Diriamba | | Chinandega | |
| | | | | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| | | E13 | Alianzas económicas | 75 | 50 | 100 | 0 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.1. BIODIVERSIDAD | G1 | Numero especies | 100 | 75 | 100 | 25 |
| | | G2 | Variedades locales | 100 | 75 | 100 | 25 |
| | | G3 | Diversidad estructural de la cercas | 100 | 50 | 100 | 100 |
| | | G4 | Semillas (autoproducción) | 100 | 75 | 100 | 50 |
| | | G5 | Asocio | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.2. TERRITORIO | G6 | Ambientes de regeneración natural | 100 | 100 | 100 | 0 |
| | | G7 | Acciones de recuperación y protección del territorio | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.3. SUELO Y AGUA | G8 | Rotaciones | 100 | 25 | 100 | 0 |
| | | G9 | Uso eficiente del agua | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | G10 | Cosecha de agua | 100 | 100 | 100 | 0 |
| | | G11 | No fertilización química de síntesis | 100 | 0 (Aplica) | 100 | 0 (Aplica) |
| | | G12 | Fertilización orgánica | 75 | 50 | 100 | 0 |
| | | G13 | Abono verde | 100 | 100 | 100 | 0 |
| | | G14 | Reciclaje de desechos orgánicos de la finca | 100 | 50 | 100 | 0 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.4. DEFENSA DE LOS CULTIVOS | G15 | No productos químicos sintéticos de defensa | 100 | 0 Aplica | 100 | 0 Aplica |
| | | G16 | Técnicas de defensa natural | 100 | 25 | 100 | 0 |
| | | G17 | No uso de herbicidas sintéticos | 100 | 50 | 100 | 0 |

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DE DOS AGROECOSISTEMAS CON GRANOS BÁSICOS EN DIRIAMBÁ Y DOS EN CHINANDEGA, NICARAGUA

| CRITERIO | COMPONENTE | COD | INDICADOR | NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%) | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----|---|-----------------------------|--------------|-------------|------------|
| | | | | Diriamba | | Chinandega | |
| | | | | El Chipote | El Manantial | Santa María | Santa Rosa |
| | | G18 | Control de malezas alternativo | 100 | 25 | 100 | 0 |
| | | G19 | No tratamientos post cosecha químico sintéticos | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | G20 | Técnicas de post cosecha alternativas | 100 | 50 | 100 | 0 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.5. ENERGIA | G21 | Energías renovables | 25 | 50 | 50 | 0 |
| | | G22 | Material y tipología de empaque | 50 | 50 | 100 | 100 |
| 3. AGROAMBIENTAL | 3.6. PARTE ANIMAL | G23 | Razas | 25 | 50 | 50 | 25 |
| | | G24 | Razas locales | 100 | 75 | 100 | 75 |
| | | G25 | Reproducción | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | G26 | Pastoreo | 0 | 100 | 0 | 100 |
| | | G27 | Estructuras de estabulación | 0 | 50 | 100 | 50 |
| | | G28 | Alimentación 1 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | G29 | Alimentación 2 | 100 | 50 | 100 | 50 |
| | | G30 | Mutilación | 100 | 0 | 100 | 0 |
| | | G31 | Manejo de las excretas | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | G32 | Sacrificio | 100 | 50 | 100 | 0 |
| Total de indicadores a mejorar | | | | 31 | 45 | 13 | 47 |

COD: Código del indicador

V. REFLEXIONES

El proceso de investigación que se desarrolló en el marco del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en la seguridad y la soberanía alimentaria y nutricional (SAN) de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica (DCI-FOOD/2013/317-971)”, financiado por la Comunidad Europea, y coordinado por el Programa de Campesino a Campesino de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (PCaC-UNAG)”, ha contribuido a la integración de diferentes metodologías mediante un enfoque interdisciplinario y transdisciplinario para tener una visión sistémica (cultivos, crianza de animales, suelo, flora, etc.) y holística (sostenibilidad: agroambiental, socio-político-cultural y económica) de los agroecosistemas analizados, en la que han participado especialistas de diferentes instituciones, productores y estudiantes de grado y posgrado. Este esfuerzo demuestra, a nivel nacional y regional, que es viable hacer alianzas estratégicas efectivas en aras de promover un desarrollo endógeno, que a mediano y largo plazo, garantice la soberanía alimentaria y nutricional, la soberanía energética y la soberanía tecnológica de nuestro país y de los pueblos mesoamericanos, para la cual el rediseño y evaluación de agroecosistemas con granos básicos con enfoque agroecológico son ineludibles.

Es perentorio poner en manos de las asociaciones de productores, Organismos no Gubernamentales (ONG's), técnicos y productores, estas herramientas metodológicas para el rediseño y evaluación de agroecosistemas con granos básicos con enfoque agroecológico (holístico y sistémico). Para esta finalidad, se debe construir una gran alianza nacional efectiva en la que participen instituciones del gobierno, Organismo no Gubernamentales (ONG's), el Movimiento de Productores(as) Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua (MAONIC), PCaC-UNAG, la academia, organizaciones de productores etc., y contar con apoyo internacional para promover el paradigma de producción agroecológico y contribuir al tránsito hacia la sostenibilidad (ambiental, económica y socio-político-cultural) y resiliencia de Nicaragua y de los pueblos latinoamericanos.

Es urgente hacer estudios de rediseños de agroecosistemas agroecológicos con granos básicos, a mediano y largo plazo, considerando las condiciones agroclimáticas (zona seca, de transición y húmeda), las características del suelo (física, química y biológica), el área de los agroecosistemas (pequeña, mediana y grande), el nivel académico y de organización de los productores y su capacidad gerencial para dirigir esfuerzos específicos encaminados a promover el paradigma de producción agroecológico a nivel nacional basados en la tipología del productor y agroecosistemas.

De los cuatro agroecosistemas con granos básicos analizados, en dos de ellos, El Chipote (medianamente compleja) en Diriamba y Santa María (poco compleja) en Chinandega, se ha implementado una serie de prácticas agroecológicas, pero éstas no son suficientes para alcanzar, en plenitud, el paradigma agroecológico, debido a que en ambos agroecosistemas se necesita fortalecer indicadores agroambientales, económicos y socio-político-cultural para que en el futuro se consideren verdaderos referentes nacionales de sistemas de producción

agroecológicos. No obstante, hay que resaltar que ambos productores son promotores agroecológicos calificados, están organizados y comprometidos con el paradigma de producción agroecológico, lo que ha permitido que ambos agroecosistemas estén en el tránsito hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Por consiguiente, estos productores deben hacer un rediseño agroecológico de sus agroecosistemas considerando los resultados de estas investigaciones para complejizar los diseños y manejos de la biodiversidad, mejorar los indicadores agroambientales, económicos y socio-político-culturales con la finalidad de lograr, a mediano y largo plazo, la soberanía alimentaria, energética y tecnológica.

Agroecosistemas con granos básicos, con el mismo nivel de complejidad de sus diseños y manejos de su biodiversidad pueden ser gerenciados con diferentes paradigmas productivos, como es el caso de las fincas Santa María y Santa Rosa en Chinandega; y El Manantial en Diriamba, que fueron caracterizadas por sus diseños y manejos de su biodiversidad como fincas poco complejas. La agricultora de la finca Santa María gerencia su agroecosistema bajo el paradigma o modelo agroecológico, mientras que el agricultor del agroecosistema Santa Rosa lo hace bajo el paradigma convencional. El agricultor del agroecosistema El Manantial realiza una gerencia combinando ambos paradigmas o modelos.

Las menores pérdidas de N, P y K se determinaron en los agroecosistemas, en los se ha implementado prácticas agroecológicas (El Chipote y Santa María), pero es necesario un rediseño agroecológico y garantizar con precisión las fuentes (¿Qué aplicar?), las cantidades (¿Cuánto aplicar?), las forma de aplicación (¿Cómo aplicarlo?) y el momento de aplicar (¿Cuándo?) los nutrientes mediante fertilizantes orgánicos (sólidos y líquidos) enriquecidos con microorganismos de montaña y/o harina de roca para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, de modo que los balances de estos nutrientes sea cero año con año (en equilibrio) y así conservar sosteniblemente la calidad y fertilidad, a largo plazo, del recurso suelo. En la estrategia deben incluirse el asocio y/o barbechos con leguminosas arbustivas e incorporarlos, de modo que aumenten las ganancias de N en el sistema y el mejoramiento general de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En los agroecosistemas El Chipote (medianamente compleja) y El Manantial (poco compleja), en Diriamba, tienen a las familias Lumbricidae (lombrices) y Theridiidae (arañas) con alta disimilitud, indicando que ambas fincas son disimiles en la presencia de dichas categorías taxonómicas, por condiciones de manejo diferidas. Ambas familias se presentaron en mayor proporción en la finca El Chipote. La sensibilidad al manejo por parte de ambas familias presentes en estos agroecosistemas donde el agroecosistema “medianamente complejo” supera al “poco complejo” implica la pérdida del desempeño de funciones depredadoras y detritívoras en el agroecosistema El Manantial.

En el agroecosistema Santa María se implementan prácticas para la conservación y restitución de suelos que no necesariamente aumentan la materia orgánica disponible para la macrofauna. El compost incorporado en este agroecosistema es un tipo de abono que mejora las características del suelo, siendo un material ya procesado, que deja un menor aporte en términos de fuente alimenticia para la macrofauna del suelo. En el agroecosistema

Santa Rosa se presentó una mayor diversidad de macrofauna a causa del rubro ganadero y sus aportes directos con estiércol fresco en el suelo, proporciona más alimento para la diversidad de organismos edáficos. El agroecosistema Santa María tiene un mayor número de árboles pero su diversidad de especies es menor en comparación al agroecosistema Santa Rosa generándose, en este último, influencia sobre los posibles nichos ecológicos formados en cada una de las áreas arborizadas de la finca.

La familia Carabidae (escarabajos) tiene funciones depredadoras que ayudan a controlar las poblaciones de múltiples organismos nocivos. Una menor presencia en el agroecosistema Santa María, en Chinandega, resultó en una alta disimilitud según el índice de Bray-Curtis. Los carábidos por naturaleza les gusta vivir en suelos con incorporación de estiércol fresco porque son depredadores y dentro de su lista de presas están las larvas del orden díptera, en este caso las larvas de moscas que se desarrollan en el estiércol del ganado bovino presentes en el agroecosistema Santa Rosa. El estiércol fresco estimula el aumento de poblaciones de carábidos en Chinandega, que son muy importantes para la agroecología. Esto demuestra la importancia del componente animal bovino en los agroecosistemas con granos básicos para garantizar la presencia de escarabajos en los agroecosistemas, pero el área de éstos y las condiciones agroclimáticas son fundamentales para su crianza.

En los cuatro agroecosistemas con granos básicos evaluados, es fundamental hacer un rediseño del arbolado para garantizar que sea muy diverso y con una mejor uniformidad, menor dominancia y mejor equidad para aprovechar mejor las funciones ecológicas de éstos tanto para los agroecosistemas, como para el territorio o cuenca y para la familia campesina. En este rediseño se debe incluir el manejo silvicultural de la flora arbórea para que los fustes sean de buena calidad y sanidad.

La sostenibilidad de agroecosistemas con granos básicos no solamente consiste en implementar prácticas agroecológicas (dimensión agroambiental) en éstos, sino que en la gerencia de estos agroecosistemas, además de éstas, hay que considerar prácticas e indicadores de las dimensiones socio-político-cultural y económica, las cuales deben ser parte de un plan de gestión integral de cada agroecosistema, que para implementarlo se necesita voluntad del campesino para trabajar, cambiar de actitud, invertir en los agroecosistemas con visión empresarial y de futuro, para lo cual es fundamental la integración de la familia para emprender los trabajos y garantizar la democracia de los procesos internos. Desde la perspectiva de una gerencia integral de los agroecosistemas es necesario registrar las entradas (insumos, energía fósil, mano de obra e ingresos económicos), las salidas (productos), las labores productivas, y administrativas que se realizan en los agroecosistemas para garantizar, a mediano y largo plazo, la trazabilidad, la calidad e inocuidad de los productos ofertados (salidas) para mercados locales, nacionales e internacionales y poder hacer análisis económicos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales asegura la soberanía alimentaria.
- Anderson, J.M y Ingram, J.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods 2 ed. Wallingford, Oxfordshire: CAB International 221 p. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2776/1/tnp351323f.pdf>
- Andrews, KL; Caballero, R; Matute, D. 1989. Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centroamérica. Cuarta edición. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1- 179p.
- Arana, C. 2014. Los macroinvertebrados edáficos y su importancia en las dinámicas agroproductivas. BIOMA, 46-52.
- Ayala M, JE.; Monterroso, LE. 1998. Aspectos básicos sobre la biología de la gallina ciega. El salvador. Guatemala.
- Bassett, P. 1978. Damage to winter cereals by *Zabrus tenebrioides* (Goeze) (Coleoptera: Carabidae). Plant Pathology, 48.
- Bertinaria, F. 2016. Agricultura di piccola scale in Centro América: valutazione della sostenibilità di sistema agricoli agroecologici. Tesis de maestría de la Universidad de Torino, Italia. P. 78.
- Bertinaria, F; Pedretti, M; Tomasi, S; Morales, M; Valverde, L; Gioliotto, R; Peano, C y Salazar, D. 2016. Herramienta para evaluar la sostenibilidad en fincas (HESOFI) en Nicaragua. XIII Reunión científica de docentes investigadores de la Universidad Nacional Agraria.
- Bohac, J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agrie. Ecosyst. Envir.* 357-372
- Cabezas Melara, F.A. 1996. Introducción a la entomología. Trillas, S.A. México.
- Cabrera Dávila, G. C. 2014. La macro fauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo. Cuba: Rufford. Recuperado de: <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>.
- CATIE (Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza). 2002. Plagas y enfermedades en América central: Guía de campo. CATIE.Turrialba.C.R.260p.
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). Resultados Finales. 2011. Gobierno de Nicaragua. Consultado 10 abr 2015. Disponible en www.inec.gob.ni Consultado 21 ene. 2012. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>.
- Coronado, R & Márquez, A. 1991. Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de los insectos. Limusa. México.
- Coto A, D. 1998. Estados inmaduros de insectos de los órdenes coleóptera, díptera y lepidóptera. Manual de reconocimiento. Turrialba. Costa Rica.
- Doran, J. W., y Parkin T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Defining and Assessing soil quality

- for sustainable environment. USA: Soil Science Society of America.
- Epperlein, K., & Wetzel, T. 1985. Kenntnis der Dispersion des Getreidelauflaufers (*Zabrus tenebrioides* Goeze) wichtige Voraussetzung für die effektive Überwachung und gezielte Bekämpfung. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in DDR, 41-42.
- Estrada, A. 2015. Orden Ixodida: Las garrapatas. España: Universidad de Zaragoza. Recuperado de: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_13.pdf
- Evans, H. 1984. Insect biology: a textbook of entomology. California.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales. Roma. (en línea) consultado en 01 de abril. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/ae218s/AE218S06.htm>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2017. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Obtenido de <http://www.fao.org>: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/ba/organic_matter.pdf
- Fernández, V., & Corley, J. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. *Ecología Austral*, 83-93.
- Ferrero, F. 1985. A precious forest auxiliary insect: *Calosoma sycophanta*. *Phytoma*, 28.
- García, L. 2015. Manual: Metodologías de campo para determinar la profundidad, la densidad aparente, materia orgánica e infiltración del agua en el suelo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.
- Gómez Anaya, JA. 2008. Ecología de los ensamblajes de larvas de odonatos (insecta) y su uso potencial como indicadores de calidad ecológica en la sierra de Coalcomán, Michoacán, Mexico (en línea). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consultado el 31 ene. 2017. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Ecologia%20de%20los%20ensamblajes.pdf.
- González, V. & Pomares, F. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Valencia: CEAE. 24 p.
- Hutchinson, I. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica-Informe técnico No.204. 32 p.
- Jiménez Martínez, E.; Sandino Díaz, V. 2009. Entomología. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2458/1/nh10j61e.pdf>.
- Jiménez, E. (2009). Entomología, Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2458/1/nh10j61e.pdf>
- Kanmegne, J; Smaling, E. M. A; Brussaard, L; Gansop Kouomegne, A; & Boukong, A. 2006. Nutrient flows in smallholder production systems in the humid forest zone of southern Cameroon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76:233–248.
- Kindt, R; Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies: World Agroforestry Centre (ICRAF) Nairobi. 207 p.
- Labrador, J & Altieri, M. 2001. Agroecología y desarrollo: aproximación a los fundamentos agroecológicos para

- la gestión sustentable de agrosistemas mediterráneos. España: Universidad de Extremadura.
- Luff, M. 1996. Use of Carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Annales Zoologica Fennici*, 185-195.
- MAGFOR. (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 2012a. Fortalecimiento de Políticas agro-ambientales en países de América Latina y el Caribe a través de Diálogo e Intercambio de Experiencias Nacionales, CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA FINCA "EL CHIPOTE", MUNICIPIO DE DIRIAMBÁ, DEPARTAMENTO DE CARAZO, NICARAGUA, AMÉRICA CENTRAL, PROYECTO GCP/RLA/195/BRA.
- MAGFOR. (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 2012b. Fortalecimiento de Políticas agro-ambientales en países de América Latina y el Caribe a través de Diálogo e Intercambio de Experiencias Nacionales, CARACTERIZACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA FINCA "SANTA MARIA", MUNICIPIO DE CHINANDEGA, DEPARTAMENTO DE CHINANDEGA, NICARAGUA, AMÉRICA CENTRAL, PROYECTO GCP/RLA/195/BRA.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2000. Estrategias para el desarrollo de la agricultura nacional, Horizonte 2010, un enfoque hacia la Seguridad Alimentaria. Managua, Nicaragua, P. 68.
- McGavin G.C. 2000. Manual de identificación. Insectos. Arañas y otros Artrópodos terrestres. Barcelona. Universidad de Cambridge. Ed. Omega, S.A.
- Mendieta López, M; Rocha Molina, M. 2007. Sistemas agroforestales. (en línea). Managua, NI. Universidad Nacional Agraria (UNA). Consultado 17 ene. 2017. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf
- Mendoza Hernández, F; Gómez Sousa, J. 2006. Entomología General. Pueblo y educación.
- Mendoza, F. 1982. Entomología general. La Habana, Cuba: pueblo y educación.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Nicholls, C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Medellín, Colombia: universidad de Antioquia.
- Pérez, T. 1999. La especialización de los insectos fitófagos: una regla más que una excepción. *Bol. S.E.A.*, 759-776.
- PNUMA. 2008. La Biodiversidad y la agricultura. Montreal, Canadá: ONU.
- Quiros, D; Louman, B; Valerio, J; Jimenez, W. 2001. Bases ecológicas. In: Louman, B; Nilsson, M. (eds). *Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central*. Centro Agronómico de Investigación y enseñanza. P 21-75.
- Ramírez, W. 2013. Estudio de indicadores de la calidad del suelo en áreas destinadas a la producción intensiva de gramíneas cespitosas (tesis de maestría). Estación experimental de pastos y forrajes, "INDIO HATUEY".
- Renyi, A. 1991. On measures of Entropy and information. In: Neyman, J. (ed). *Proceedings of the 4 th Berkeley Symposium on Mathematica Statics and Probability*, vol. 1, pp. 547-561. University of California Press, Berkely, C.A.
- Rodríguez, T. Torres, R. Gómez, L. Bayres, K. y Velásquez, D. 2013. *Agricultura Familiar en Nicaragua*. Serie

- Documentos de Trabajo N°151. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile.
- Romero, Y. 2013. Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados edáficos en cinco microcuencas del Río Estelí y Río Viejo Nicaragua. (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/1173/#sthash.U4H8JQLv.dpuf>
- Ross, H. 1964. Introducción a la entomología general y aplicada. Barcelona: OMEGA, S.A.
- Salazar, D. 2013. Nicaragua potencial faro regional para el diseño y evaluación de agroecosistemas agroecológicos. Revista Científica LA CALERA, Vol. 13. N° 20, p. 58-65. ISSN 1998-7846, www.una.edu.ni/diep/calera.
- Salazar, D. 2014. Impactos multifactoriales del cambio climático en Nicaragua y estrategias de adaptación. Revista Científica LA CALERA, Vol. 14. N° 23, p. 96-104, ISSN 1998-8850, www.una.edu.ni/diep/calera.
- Southwood, J. 1961. The number of species associated with various trees. Journal of Animal Ecology. Recuperado de: http://www.britishecologicalsociety.org/100papers/Extended_Commentaries/55_Southwood.pdf.
- Southwood, T. 1960. The abundance of the hawaiian trees and the number of their associated insect species. Proc. Hawaiian, 299-303.
- Tiebas, M., Biurrún, R., & Esparza, M. 1992. Métodos de lucha química para el control del zabro del cereal, *Zabrus tenebrioides*. Bol. San. Veg. Plagas, 149-159.
- Urbaneja, A; Ripolles, J; Abas, R; Calvo, J; Vanaclocha, P. Tortosa, D; Jacas, J & Castañera, P. 2005. Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España.
- Vásquez, L. 2013a. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. Agroecología, 8 (1): 33-42. Consultado en: <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182951/152441>.
- Vásquez, L. 2013b. Diseño y manejo agroecológico del sistema de producción: enfoque holístico para suprimir poblaciones de organismos nocivos. Conferencia en el doctorado en agroecología, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2676/1/ppe14s161.pdf>
- Weseloh, R. 1985. Predation by *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae): evidence for a large impact on gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) pupae. WESELOH, R. 1985. Predation by *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae): Canadian Entomologist.
- Weseloh, R., Bernon, L., Butler, R., & Fuester, D. 1995. Releases of *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) near the edge of Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) distribution. Environ. Entomol, 1713-1717.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente documento exteriorizan su inmensa gratitud, primeramente, a los productores (Miguel Ángel Sandino Sánchez, Evelio Sandino Sánchez, Blanca Victoria Landeros y Alejandro García) por permitirnos incursionar en sus agroecosistemas, dialogar con sus familias y aprender de su entorno agroambiental, económico y socio-político-cultural.

También, expresamos nuestro agradecimiento a los estudiantes de grado y posgrado de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua por su talentoso, tesonero y arduo desempeño para contribuir a hacer realidad la presente publicación, que es fundamental para la promoción científica del paradigma de producción agroecológico en nuestro país y en América latina.

Nuestro reconocimiento a las instituciones en las que nos desempeñamos profesionalmente (Universidad Nacional Agraria y Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Nicaragua) por darnos ese voto de confianza para la planificación, organización, seguimiento y evaluación de este proceso de investigación, trabajando en un equipo muy colaborativo, interdisciplinario y transdisciplinario, tomando decisiones consensuadas y pertinentes para la resolución de los problemas oportunamente. Entre estas instituciones, agradecemos, primordialmente, a la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) de Nicaragua a través del Programa de Campesino a Campesino (PCaC) por ser la gestora desde la génesis, la implementación y la administración del proyecto a nivel regional.

Así mismo, expresamos nuestro reconocimiento a Roberto Giuliotto de RE.TE (Asociación de Técnicos para la Solidaridad y Cooperación Internacional), quién nos contactó con la Università degli Studi di Torino, Italia, para que los estudiantes Flavio Bertinaria, Marco Pedretti y Silvia Tomasi y los profesores Cristiana Peano y Vincenzo Girgenti participaran en este loable proyecto, quienes en estrecha colaboración y cooperación con funcionarios de la UNA, PCaC-UNAG y MAONIC, desarrollaron la Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad de Finca (HESOFI), la cual forma parte del enfoque y diseño metodológico de la presente investigación.

Finalmente, agradecemos a todas las instituciones nacionales e internacionales que aportaron su granito de arena para cofinanciar este proyecto, destacándose el aporte económico de la Comunidad Europea.







“Fortalecimiento de las capacidades de incidencia en políticas públicas en SAN de tres organizaciones de pequeños productores que promueven la producción agroecológica y orgánica”
DCI-FOOD/2013/317-971



www.una.edu.ni

www.unag.org.ni

Managua, Nicaragua, 2017

