



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible

Trabajo de Tesis  
Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas  
con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Siuna,  
Nicaragua

Autora:  
Ing. Kettys Raquel Díaz Torres

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

Managua, Nicaragua  
Mayo, 2019

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>SUMMARY</b>	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	4
2.1 General	4
2.2 Específicos	4
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	5
3.1 Localización de los agroecosistemas y periodo de estudio	5
3.2 Enfoque de la investigación y diseño metodológico	6
3.3 Análisis de datos	15
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	17
<b>4.1 Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas</b>	17
4.1.1 Diseños y manejo de la biodiversidad productiva	17
4.1.2 Manejo y conservación de suelo	19
4.1.3 Manejo y conservación del agua	21
4.1.4 Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos	22
4.1.5 Diseño y manejo de la diversidad auxiliar	24
4.1.6 Estado de los elementos de la diversidad asociada	26
4.1.7 Coeficiente de manejo de la biodiversidad	28
<b>4.2 Balance aparente de nutrientes, relaciones intercatiónicas y caracterización de parámetros de calidad de suelo</b>	32
4.2.1 Balance aparente de nutrientes	32
4.2.2 Relaciones intercatiónicas	37
4.2.3 Evaluación de parámetros o indicadores de calidad de suelo físico, químico y biológico	39
<b>4.3 Caracterización de la diversidad de la flora arbórea, dasométrica y silvicultural, funcionalidad y valor comercial</b>	46
4.3.1 Caracterización de la diversidad alfa de la flora arbórea	46
4.3.2 Caracterización de la diversidad beta de la flora arbórea	50
4.3.3 Características dasométricas y silviculturales de la flora arbórea	54
4.3.4 Funcionalidad de las especies taxonómicas del componente arbóreo	58
4.3.5 Valor comercial de la madera en los agroecosistemas	65
<b>4.4 Macrofauna del suelo y funcionalidad</b>	66
4.4.1 Caracterización de la diversidad alfa de la macrofauna del suelo	69
4.4.2 Caracterización de la diversidad beta de la macrofauna edáfica	72
4.4.3 Funcionalidad las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica	75
<b>4.5 Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas</b>	84
4.5.1 Índice de sostenibilidad general de los agroecosistemas	84

4.5.2	Índice de la sostenibilidad de los componentes en cada dimensión	85
4.5.3	Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes	87
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	95
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	98
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b>	105

## **DEDICATORIA**

Este estudio que se ha realizado con mucho esfuerzo se lo dedico primeramente a Dios ya que él ha estado conmigo en todo momento, me ha dado sabiduría y paciencia para comprender las cosas a él se lo debo todo. A la Santísima Virgen María por interceder en nuestras suplicas.

A mi padre, Juan José Díaz Obando por sus consejos y trasmitirme su sabiduría para emprender desde muy niña el amor a los estudios, que ha contribuido mucho para lograr esta tesis de maestría.

Dedico este trabajo de investigación, a mi esposo Humberto Antonio Brenes Hurtado y mi niña Alexandra Raquel Brenes Díaz, porque ellos me han dado fuerza para seguir adelante y luchar por mis sueños.

Ing. Kettys Raquel Díaz Torres

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente sobre todas las cosas a Dios nuestro señor, por permitirme vivir, ya que gracias a él pude estudiar la maestría que con mucho sacrificio logré en medio de tantas dificultades, pero éstas me hicieron fuerte y encontré ángeles que me brindaron la mano cuando más lo necesité.

A mi esposo Humberto Antonio Brenes Hurtado porque siempre me dio confianza en mí misma.

A nuestro asesores Ing. Msc. Hugo René Rodríguez González, Ing. MSc. Leonardo García Centeno, Ing. MSc. Claudio Arsenio González por compartir esa experiencia conmigo que se gana con el tiempo.

Muy en especial al Dr. Dennis José Salazar Centeno, por haberme aceptado en esta investigación, su apoyo incondicional, su tiempo, sobretodo que me ha tenido la paciencia para compartir a detalle esa gran sabiduría, a través de sus conocimientos.

A Manuel Antonio Morales Navarro presidente de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) por habernos integrado a través del proyecto que se ejecutó.

Ing. Kettys Raquel Díaz Torres

## INDICE DE CUADRO

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Lotes de los agroecosistemas evaluados agroecológicamente, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2015-2016	6
2	Indicadores y fórmula para calcular el componente y el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB)	7
3	Nivel de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en el agroecosistema	7
4	Entradas y salidas de nutrientes que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes (N, P, y K)	8
5	Categorización de la presencia de materia orgánica (MO) en el suelo	8
6	Categorías de valoración de los parámetros del suelo evaluados según García (2015)	9
7	Parámetros o indicadores de calidad de suelo y métodos con que se determinaron en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria	10
8	Categorías de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases (SB) y del número de lombrices de tierra por metro cuadrado	10
9	Criterios o dimensiones, componentes y número de indicadores por componente de HESOFI	14
10	Resultados del análisis de suelo del laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria, de las parcelas del agroecosistema Los Laureles, Siuna, RACCN, 2017	38
11	Resultados del análisis de suelo del laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria, de las parcelas del agroecosistema El Encanto, Siuna, RACCN, 2017	38
12	Funciones de la flora arbórea maderable según MARENA (2002) en los agroecosistemas agroforestales con cacao Los Laureles (LL) y El Encanto (EE), en el Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua 2016	61
13	Nombres científicos de especies forestales, volumen (m <sup>3</sup> ) y valor comercial en dólares americanos (\$ USA) en los agroecosistemas agroforestales con cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en Los Laureles y El Encanto, Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua 2016.	65
14	Clases y órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica en dos agroecosistema con cacao (Los Laureles y El Encanto) El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016	68
15	Número de organismos según las familias taxonómicas y su funcionalidad en el agroecosistema medianamente complejo Los Laureles (LL) y el agroecosistema poco complejo El Encanto (EE), El Hormiguero, Siuna, RACCN	83
16	Dimensiones o criterios, componentes, indicadores e índices de sostenibilidad en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, en Siuna, Nicaragua, 2017	92

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	19
2	Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	20
3	Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	22
4	Manejo de las interacciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017	24
5	Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DAMBAu) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	26
6	Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	28
7	Coefficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas con cacao, El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.	31
8	Balance aparente de N, P y K por parcelas en el agroecosistemas cacao, Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	34
9	Balance general aparente de nutrientes N, P y K, agroecosistema Los Laureles, Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	35
10	Balance aparente de nutrientes de N, P y K, en el agroecosistema El Encanto, propietario Carlos José López Lago, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	36
11	Comparación del balance aparente de nutrientes de N, P y K, de los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto en Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	37
12	Categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo evaluados en el agroecosistema Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	41
13	Categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo evaluados en el agroecosistema El Encanto, propietario Carlos José López Lago, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	44
14	Comparación de las categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo entre el agroecosistema Los Laureles y el Encanto, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.	45
15	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para lo órdenes taxonómicos de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	49

16	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las familias taxonómicas de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	50
17	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los géneros y especies taxonómicas de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	50
18	Índice de similitud de Bray Curtis para los órdenes taxonómicos arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	52
19	Índice de similitud de Bray Curtis para las familias taxonómicos arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	52
20	Índice de similitud de Bray Curtis para las especies taxonómicos arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	54
21	Distribución de las clases diamétricas del componente arbóreo en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.	55
22	Distribución de las clases de altura del arbolado en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.	56
23	Distribución de la calidad de los fustes de la composición arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.	57
24	Distribución del arbolado según la cobertura de copa de la composición arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.	57
25	Distribución del comportamiento del estado fitosanitario en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.	58
26	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	70
27	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	71
28	Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.	72
29	Índice de disimilitud Bray Curtis para las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	73
30	Índice de disimilitud Bray Curtis para los órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	74



31	Índice de disimilitud Bray Curtis para las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.	75
32	Índice o grado de sostenibilidad general de agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, Siuna, Nicaragua, 2017.	85
33	Nivel o grado de sostenibilidad por componente del agroecosistemas cacaoteros en Siuna, Nicaragua, 2017.	86

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>		<b>Página</b>
1a	Nombres científicos de árboles frutales, medicinales y aromáticos en los agroecosistemas agroforestales con cacao en Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016	106
2a	Nombres científicos y familias taxonómicas de árboles forestales en los Agroecosistemas Los Laureles y el Encanto, Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016	107
3a	Órdenes y familias taxonómicos de la macrofauna edáfica con sus respectivas frecuencias absolutas o abundancia y probabilidades correspondientes en dos agroecosistema con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016	108

## RESUMEN

El presente estudio sobre la evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Siuna, Nicaragua, se llevó a cabo en los años 2015 y 2016. El propósito de esta tesis consistió en evaluar agroecológicamente dos agroecosistemas con cacao considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales. Para lograr esta finalidad se implementaron diferentes metodologías y herramientas. Se seleccionaron dos agroecosistemas colindantes (Los Laureles y El Encanto) localizadas entre las coordenadas 13° 44' de latitud norte y 84° 46' de longitud oeste y a una altitud de 200 msnm en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS. El agroecosistema Los Laureles posee diseños y manejos de su biodiversidad “medianamente complejo y se gestiona bajo el paradigma agroecológico, mientras que el agroecosistema El Encanto tiene diseños y manejos de su biodiversidad “poco complejo y se aplican agrotóxicos sintéticos propios del paradigma convencional. En el agroecosistema Los Laureles, en las parcelas con potrero mixto (maíz, frijol, retana y grama) y con bosque el balance aparente es positivo y cero, respectivamente. Ambos agroecosistemas presentan variaciones en el pH, materia orgánica y N, P y K. En general, se constató que las parcelas tienen deficiencias de P y con variaciones importantes en el contenido de potasio. En ambos agroecosistemas se identificaron 29 especies forestales, de las cuales siete son primarias. Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyeron sobre las características de la biodiversidad de especies forestales en las categorías taxonómicas de órdenes, familias, géneros y especies; y sobre la riqueza, uniformidad, dominancia y equidad de las familias taxonómicas de la macrofauna del suelo. El agroecosistema Los Laureles tiene un índice de sostenibilidad general de 69%, mientras que el del agroecosistema El Encanto es de 33%.

Palabras claves: Agroecología, cacao, biodiversidad e indicadores del suelo.

## SUMMARY

The present study on the agroecological evaluation of two agroecosystems with cacao (*Theobroma cacao* L.) in Siuna, Nicaragua, was carried out in 2015 and 2016. The purpose of this thesis was to agroecologically evaluate two agroecosystems with cocoa considering productive, environmental, economic and social indicators. To achieve this goal, different methodology and tools will be implemented. Two adjacent agroecosystems (Los Laureles and El Encanto) were selected located between the coordinates 13 ° 44 'north latitude and 84 ° 46' west longitude and at an altitude of 200 meters above sea level in the transition zone of the BOSAWAS biosphere reserve. The Los Laureles agroecosystem has designs and management of its biodiversity "moderately complex and managed under the agroecological paradigm, while the El Encanto agroecosystem has designs and management of its biodiversity" little complex and applied synthetic agro-toxic of the conventional paradigm. In the Los Laureles agroecosystem, in plots with mixed pasture (corn, beans, broom and grass) and with forest, the apparent balance is positive and zero, respectively. Both agroecosystems show variations in pH, organic matter and N, P and K. In general, it was found that the plots have deficiencies of P and with important variations in potassium content. In both agroecosystems, 29 forest species were identified, of which seven are primary. The designs and management of biodiversity and the paradigm with which the agroecosystem is managed influenced the characteristics of the biodiversity of forest species in the taxonomic categories of orders, families, genera and species; and on the wealth uniformity, dominance and equity of the taxonomic families of the soil macro-fauna. The Los Laureles agroecosystem has a general sustainability index of 69%, while the agroecosystem El Encanto is 33%.

Keywords: Agroecology, cocoa, biodiversity and soil indicators.

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, un cultivo que se está promoviendo con un enfoque agroecológico es el cacao (*Theobroma cacao* L.). Este cultivo se desarrolla bajo un sistema agroforestal muy diverso, que le ayuda a amortiguar el calor. Según el INTA (2010) diferentes aspectos interactúan y juegan un rol importante dentro del sistema como: conservación de suelo y agua, mejoramiento de microclima (radiación solar, temperatura, viento), protección (cortinas rompe vientos, estabilización de taludes), control de malezas (cobertura y exceso de sombra), servicios ambientales (regulación hídrica, fijación de carbono, conservación de biodiversidad).

La agroecología, se define como la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles. Está construida sobre la base de la conservación de los recursos y otros aspectos de la agricultura tradicional, local y de pequeña escala. La agroecología provee el conocimiento y metodología necesarios para desarrollar una agricultura que sea, por un lado ambientalmente adecuado y por otro lado altamente productiva y económicamente viable. Esta establece condiciones para el desarrollo de nuevos paradigmas en agricultura, en parte porque prácticamente elimina la distinción entre la generación de conocimiento y su aplicación. También valoriza el conocimiento local empírico de los agricultores, el compartir este conocimiento y su aplicación al objetivo común de sostenibilidad. La agroecología puede ayudar a encontrar las causas de los problemas que han emergido como resultado de prácticas insostenibles y a explorar las bases teóricas para desarrollar modelos que pueden facilitar el diseño, las pruebas y la evaluación de agroecosistemas sostenibles reestructurando el enfoque actual de la agricultura con el objetivo de que la humanidad disponga de sistemas sostenibles de producción de alimentos. Hoy, la agroecología continua creciendo y unificando disciplinas. Por un lado, esta representa el estudio de los procesos ecológicos en los agroecosistemas; y por otro lado actúa como un agente de cambio que busca la transformación social y ecológica que debe ocurrir para que la agricultura se desarrolle realmente sobre bases sostenibles. (Gliessman, 2002).

El manejo agroecológico debe tratar de optimizar el reciclado de nutrientes y de materia orgánica, cerrar los flujos de energía, conservar el agua y el suelo y balancear las poblaciones

de plagas y enemigos naturales. La estrategia explota las complementariedades y sinergismos que resultan de varias combinaciones de cultivos, árboles y animales, en arreglos espaciales y temporales diversos (Altieri, 1994).

La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas (su genética, edafología y otros) para abrazar un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de coevolución, estructura y función. En lugar de centrar su atención en algún componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995).

Adicionalmente, en los últimos años, Nicaragua se ha posicionado en el mundo del cacao por la calidad de las variedades que se cultivan. Nicaragua fue reconocida como país productor de 100% cacao fino por la organización internacional del cacao (ICCO, 2009).

Este sistema agroforestal muy diverso está en manos de pequeños productores indígenas y campesinos pobres que viven y trabajan en zonas remotas, con deficientes vías de comunicación y muchas veces alrededor de áreas protegidas de interés nacional e internacional (MAGFOR, 2010) y por consiguiente, goza de mucha importancia desde el punto de vista económico, social y ambiental. Nicaragua se ubica en el lugar 42 de los países productores de cacao y participa con un 0,03% en el comercio mundial. Según CENAGRO (2011), a nivel nacional se cultivan alrededor de 11,027 ha (15,753.57 mz) en (unos 6,000 productores), en parcelas pequeñas inferiores a 3 ha.

Los agroecosistemas cacaoteros son sistemas agroforestales muy diversos y algunos de ellos están certificados (Orgánico, comercio justo, sostenible, certificación UTZ y la Alianza para Bosques conocida como Rainforest Alliance, etc), pero la gran mayoría de ellos no gozan de una certificación por ser muy costosa y no está al alcance de los pequeños productores, que son la mayoría. No obstante, hay agricultores cacaoteros que están implementando prácticas agroecológicas en sus agroecosistemas, 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 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 tesis contribuirá al logro de ese resultado, para lo cual se seleccionaron dos agroecosistemas en Siuna. Característica de estos agroecosistemas es que tienen en común el cultivo del cacao bajo un sistema agroforestal, en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS, en las cuales se desarrollaron una serie de investigaciones, cuyo propósito consiste en una evaluación agroecológica considerando indicadores productivos, ambientales, económicos y sociales.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar agroecológicamente dos agroecosistemas con cacao considerando indicadores, ambientales, económicos y sociales en Siuna, Nicaragua.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en dos agroecosistemas con cacao.
2. Estimar los flujos de nutrientes (entradas y salidas) a través de un balance aparente de nutrientes (N, P, K), las relaciones intercatiónicas e indicadores de calidad de suelos físicos, químicos y biológicos en dos agroecosistemas con cacao.
3. Determinar la diversidad alfa, beta, su funcionalidad, la estructura dasométrica y las características silviculturales de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao.
4. Identificar taxonómicamente los organismos de macrofauna edáfica y su funcionalidad en dos agroecosistemas con cacao.
5. Cuantificar el grado de sostenibilidad de dos agroecosistemas con cacao.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización de los agroecosistemas y período de estudio**

El área de estudio se localiza en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN), municipio de Siuna, comunidad el Carao, que se localiza entre las coordenadas 13° 44' de latitud norte y 84° 46' de longitud oeste y a una altitud de 200 msnm. Según la clasificación Kopen el clima es tropical monzónico, con temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones superiores a los 2,000 mm anuales. El municipio presenta un período seco aproximado de 2 a 3 meses sin lluvias esporádicas. Los suelos del municipio presentan una topografía plana y pendiente entre 0 y 10%, son arcillosos, limosos y franco arcilloso y la vegetación natural está formada por bosques de coníferas y latifoliadas, con amplio potencial forestal (INIDE 2008). Esta evaluación agroecológica se llevó a cabo en los años 2015 y 2016.

Los agroecosistemas seleccionados se localizan en la zona de transición de la reserva de la biósfera de BOSAWAS. Representa el ecosistema de bosque húmedo tropical más extenso en Centroamérica (MARENA.SETAB, 2003) y son colindantes o vecinos.

Uno de los agroecosistemas es Los Laureles (UTMX 722765; UTMY 1517912), cuyo propietario es el campesino Erman Valerio Pérez Aguilar, cuya área es de 9.45 ha. El segundo agroecosistema es El Encanto (UTMX 722765; UTMY 1518115), del campesino Carlos José López Lago, con un área de 9.8 ha.

Estos agroecosistemas se subdividieron en cuatro lotes o parcelas considerando pendiente, vegetación, cultivos anuales, cultivos perennes, ganado y pastos, lo que se expresa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Lotes de los agroecosistemas evaluados agroecológicamente, El Carao, El Hormiguero, Suina, Nicaragua, 2015-2016

Lote	Agroecosistemas	
	Los Laureles	El Encanto
<b>I</b>	Cacao de 8 años	Cacao de 15 años
<b>II</b>	Cacao de 15 años	Cacao de 4 años
<b>III</b>	Pasto natural, maíz y frijol	Pasto natural, maíz y frijol
<b>IV</b>	Bosquete	Cacao de 6 años

### 3.2 Enfoque de la investigación y diseño metodológico

El enfoque de la investigación para la evaluación agroecológica de los dos agroecosistemas con cacao considerando indicadores 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.

Hernández et al (2014) definen que los estudios descriptivos son los que describen los hechos como son observados y los correlacionales estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes, se estudia la correlación entre dos variables. Estos autores definen a la investigación no experimental, según la temporalización, que pueden ser transeccional o transversal: Es decir que es un diseño de investigación que recolecta datos de un solo momento y en un tiempo único. El propósito de este método es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

La determinación del grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad, en los dos agroecosistemas con cacao, se realizó a través de la metodología de Vázquez (2013a), que tiene seis componentes, 64 indicadores y un coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB), que categoriza al agroecosistema en diferentes grados de complejidad de sus diseños y manejos de la biodiversidad (cuadro 2 y 3). El valor de cada indicador oscila en el intervalo cerrado de 0 a 4.

Cuadro 2. Indicadores y fórmula para calcular el componente y el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB)

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

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

CMB	Grados de complejidad
<b>0 – 1.0</b>	Simplificado (s)
<b>1.1 – 2.0</b>	Poco complejo (pc)
<b>2.1 – 3.0</b>	Medianamente complejo (mc)
<b>3.1 – 3.5</b>	Complejo (c)
<b>3.6 – 4.0</b>	Altamente complejo (ac)

La estimación de los flujos de nutrientes (entradas y salidas) a través de un balance aparente de nutrientes (N, P, K), las relaciones intercasiónicas e indicadores de calidad de suelos físicos, químicos y biológicos en dos agroecosistemas con cacao se realizó mediante las siguientes metodologías y parámetros:

**A:** Los flujos de nutrientes (entradas y salidas) se estimó a través de un balance aparente de nutrientes (N, P, K), en los dos agroecosistemas con cacao, se determinó considerando las entradas y salidas de nutrientes de cada agroecosistema (cuadro 4). Se recolectaron 5 muestras

de suelo por lote, para un total de 20 por agroecosistema, las cuales se llevaron al laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria en Managua.

Cuadro 4. Entradas y salidas de nutrientes que se tomaron en cuenta para obtener el balance aparente de nutrientes (N, P, y K)

<b>Aportes o entradas de nutrientes (E)</b>	<b>Exportación o salidas de nutrientes (S)</b>
Aporte de fertilizantes minerales (kg)	Cosecha del producto (kg)
	Residuos de cosecha (kg)
Aporte de material orgánico (kg)	Pérdidas por quema (kg)
<b>Balance aparente (N, P, y K)= Entradas (E) - Salidas (S)</b>	

**B:** La estimación de las relaciones intercатиónicas y los indicadores de calidad de suelos físicos, químicos y biológicos en dos agroecosistemas con cacao, se realizó mediante los siguientes parámetros: **profundidad del suelo** (cm) a través de un barreno, **densidad aparente** ( $\text{gcm}^{-3}$ ) mediante un cilindro de PVC, **porosidad** (%), **infiltración** ( $\text{cmh}^{-1}$ ), **materia orgánica** (MO) a través del efecto de agua oxigenada al 10% y categorizarla según el cuadro 5, **pH** mediante cinta y **textura** a través del tacto. Para que el campesino pueda, en un futuro, ir evaluando su agroecosistema, se utilizaron métodos de campo debidamente calibrados elaborado por García (2015).

Cuadro 5. Categorización de la presencia de materia orgánica (MO) en el suelo

<b>Categoría</b>	<b>Observación</b>	<b>Presencia de MO</b>
<b>1</b>	No se observa efervescencia, ni se escucha al oído.	Nula
<b>2</b>	No se observa efervescencia, pero se escucha al oído.	Baja
<b>3</b>	Se nota efervescencia claramente	Media
<b>4</b>	La efervescencia es rápida y sube lentamente	Alta
<b>5</b>	La efervescencia es rápida y sube rápidamente	Muy alta

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

Cuadro 6. Categorías de valoración de los parámetros del suelo evaluados según García (2015)

Categoría	Parámetros del suelo					
	Profundidad (cm)	Porosidad total (%)	Materia orgánica	Infiltración (cmh <sup>-1</sup> )	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	12.1 - 25	5.3 – 5.9	Franco arcillo arenoso
4	100-150	56 - -69	Alta	2 - 6	6.6 – 7.4	Franco arcillo limoso
5	>150	40 - 50	Muy alta	6.1 - 12	6.0 – 6.5	Franco

Adicionalmente se tomó una muestra de suelo por lote, al azar, a una profundidad de 20 cm, para un total de cuatro muestras por agroecosistema, a las que se les determinaron macro y micros elementos, pH, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y textura. Estas muestras se trasladaron al laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria. Con los resultados se calculó las relaciones intercatiónicas y el porcentaje de saturación de bases (SB).

Finalmente se consideró el número de lombrices de tierra por metro cuadrado. En el cuadro 7 se muestran los parámetros físicos y químicos evaluados en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria, la profundidad del muestreo, los métodos empleados en el laboratorio con su respectiva fuente.

Los valores de las la capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases y número de lombrices por metro cuadrado se categorizaron basado en cinco escalas que se ilustran en el cuadro 8.

Cuadro 7. Parámetros o indicadores de calidad de suelo y métodos con que se determinaron-en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria

<b>Indicador químico *</b>	<b>Métodos</b>	<b>Fuente</b>
pH (H <sub>2</sub> O)	Potenciométrico 1:2.5 suelo: agua.	Mc Lean, (1982)
MO (%)	Walkley Black	Walkley y Black, (1934).
N (%)	A partir de la MO. Calculado	
P (ppm)	Olsen, colorimétrico. Extracción con bicarbonato de sodio pH 8.5.	Olsen et al ( 1954)
K(meq/100 g de suelo)	Acetato de amonio pH7 1N.	Thomas (1982)
Ca (meq/100 g de suelo)	Absorción atómica.	
Mg (meq/100 g de suelo)		
Na (meq/100 g de suelo)		
Fe (ppm)	Método de Olsen modificado.	Instituto Colombiano
Cu (ppm)	Medición en absorción atómica.	Agropecuario, ICA.
Zn (ppm)		(1989)
Mn (ppm)		
CIC	Método del acetato de amonio, NH <sub>4</sub> OAc, pH 7.0 1N	USDA. (1996)
Textura	Bouyuco	Blake y Hartge (1986)

\*: Todas las muestras fueron tomadas a 20 cm de profundidad.

Cuadro 8. Categorías de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases (SB) y del número de lombrices de tierra por metro cuadrado

<b>Categorías</b>	<b>Parámetros o indicadores del suelo</b>		
	CIC meq/100gr	Saturación de bases %	Lombrices por metro cuadrado
<b>1</b>	< 10	<20	Menos de 16
<b>2</b>	10 – 20	21-35	16 a 32
<b>3</b>	21 – 35	36- 45	33 a 64
<b>4</b>	36 – 45	46 – 85	65 a 96
<b>5</b>	> 45	> 86	Más de 97

La determinación de la diversidad alfa, beta, su funcionalidad, la estructura dasométrica y las características silviculturales de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao se realizó mediante un censo en ambos agroecosistemas en los lotes de cacao que estaban en producción, cuya edad de plantación es superior a los 5 años.

La estructura dasométrica y las características silviculturales de la flora arbórea en los dos agroecosistemas con cacao se realizó a través de las siguientes variable: especie, diámetro (cm) a la altura del pecho (DAP), medido a 1.30 m sobre el nivel del suelo (CATIE, 2002); 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: fustes completamente rectos, sin daños visibles, ni enfermos, 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; estado fitosanitario (EF) con las siguientes categorías: 1: árbol sano, 2: árbol con daños leves o con alguna rajadura, rama pequeña quebrada, machetazo, 3: árbol con daño severo o presencia de malezas y 4: árbol completamente dañado, podridos o con presencia de comején. La estructura horizontal: se describe como la distribución matemática que presentan las variables cualitativas medidas en el mismo plano principal, el diámetro de los arboles a la altura del pecho (DAP) y el arrea 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).

La identificación taxonómica de los organismos de la macrofauna edáfica y su funcionalidad, en los dos agroecosistemas con cacao, se llevó a cabo mediante el método del Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) propuesto por Anderson e Ingram (1993). Cada monolito tenía las siguientes dimensiones: 25 cm x 25 cm x 30 cm, el que se subdividió en tres estratos sucesivos (Hojarasca-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm de profundidad). Este procedimiento se realizó en cinco puntos de muestreos por lote para un total de 20 muestras por agroecosistema, 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 (agroecosistema, 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 (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 macrofauna edáfica, a nivel de familia, se procedió a determinar su rol funcional.

La cuantificación del grado de sostenibilidad de los dos agroecosistemas con cacao se hizo a través de La Herramienta de Evaluación de Sostenibilidad de Agroecosistema (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 a uno o diferentes agroecosistemas en diferentes ambientes, y también los mismos agroecosistemas 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 agroecosistema. El segundo nivel de análisis engloba los componentes de cada criterio de la sostenibilidad en un nivel intermedio de análisis, que permite una mejor diagnosis de la sostenibilidad del agroecosistema. El tercer nivel está formado por los indicadores de cada componente que permiten evaluar la situación de campo (cuadro 9).

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 agroecosistemas agroecológicos, sistemas agrícolas diversificados, se



requiere analizar la sostenibilidad a nivel de agroecosistema-sistema. En el cuadro 9 se muestran los criterios, componentes y número de indicadores por componente y su valor 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 del agroecosistema 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 agroecosistema 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 agroecosistema, 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 agroecosistema 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 para 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 agroecosistema 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 agroecosistema 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 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.

Cuadro 9. Criterios o dimensiones, componentes y número de indicadores por componente de HESOFI

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

Con esta herramienta metodológica se determina 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 corresponde 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 ultimo 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 **optimo** 100%. Los índices de sostenibilidad con valores inferiores al 80% **no son considerados aceptados**.

### 3.3 Análisis de datos

Los datos de la aplicación de la metodología de Vázquez (2013a) 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 gráficos de barras; y los parámetros de calidad de suelo físicos, químicos y biológicos se presentan en gráficos radiales y cuadros.

La identificación taxonómica de la macrofauna edáfica y de la flora arbórea, así como su funcionalidad se presenta en cuadros de frecuencia. Con los datos de la identificación taxonómica de la macrofauna edáfica y de la flora arbórea (taxón y abundancia) se calculó los índices de **Renyi y Bray-Curtis**, 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).

La ecuación de **Renyi** resume los aspectos más importantes de la diversidad alfa: la riqueza de especies, la uniformidad de la distribución, la dominancia y la equidad de la distribución mediante la siguiente fórmula:

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

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

Partiendo de los datos de abundancia de los individuos colectados se calcularon los perfiles de Renyi para cada una de los agroecosistemas (Renyi, 1961).

El **Índice de distancia de Bray-Curtis o diversidad beta** determina la distancia ecológica entre dos agroecosistemas o dos subsistemas dentro de un mismo agroecosistema. Los valores de diversidad beta oscilan entre 0 y 1. Si el valor es cercano a 0 los subsistemas 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 agros ecosistemas son más similares. La distancia de **Bray-Curtis** para cada par de parcelas o agroecosistemas se calcula con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

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

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

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; y cuadro, elaborados a través del programa EXCEL.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

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

En Nicaragua, se han publicados resultados de la aplicación de la metodología de Vázquez (2013a) en diferentes zonas agroecológicas y agroecosistemas con café, granos básicos y con ganado bovino con el propósito de determinar sus diseños y manejos de la biodiversidad. Estos resultados son reportados por Rodríguez *et al.*, (2017a, 2017b y 2017c).

#### 4.1.1. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva

La biodiversidad productiva es la biota introducida que se planifica y se cultiva o cría con fines económicos, donde se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza (Vázquez *et al.*, 2011).

El valor del componente de los diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr), es superior en el agroecosistema Los Laureles (3.13); debido a que de los dieciocho indicadores (figura 1), ocho de ellos alcanzan el valor óptimo (4), y seis indicadores tienen un valor de 3.

El campesino ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales con una diversidad de especies de cultivos tales como cacao, yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ), quequisque, (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), malanga, *Colocasia esculenta* (L.) Schott), plátano y guineo (*Musa spp.*), frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.) maíz (*Zea mays* L.), pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) y 15 especies de árboles, cuyas funciones son frutales, medicinales y aromáticos (cuadro 1a). Adicionalmente en el sistema agroforestal de cacao se identificaron 23 especies arbóreas maderables (cuadro 2a). Tiene cerdos y aves de corral (gallinas criollas), con diseños de policultivos de más de cuatro especies asociadas o intercaladas. Además el agroecosistema cuenta con sistemas agroforestales en más del 75 % del área con una complejidad de diseños mixtos aprovechando todos los espacios disponibles en el agroecosistema.

En el agroecosistema El Encanto el valor del componente de los diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr), es inferior (2.70); dos de los 18 indicadores están en su valor óptimo (4) y 10 de ellos alcanzan un valor de 3. Esto se debe a que se tiene el agroecosistema agroforestal con cacao, yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ), quequisque, (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), malanga, (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), plátano y guineo (*Musa spp.*), frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.) maíz (*Zea mays* L.), pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) y 16 especies de árboles, cuyas funciones son frutales, medicinales y aromáticos (cuadro 1a). Adicionalmente en el sistema agroforestal de cacao se identificaron 22 especies arbóreas maderables (cuadro 2a), cuyas funciones son energía, industria y construcción, cercas vivas, cortinas rompe vientos, sombra y alimento para ganado y manejo del bosque.

Vázquez y Simonetti (2013), describen que los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejos, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar los cultivos. Aquellos agroecosistemas con diseños donde integran los componentes de plantas y animales con el ambiente, buscan aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y auto regulatoria de los agrosistemas (Márquez, 2013).

**DMBPr en Los Laureles: 3.13; DMBPr en El Encanto: 2.70**

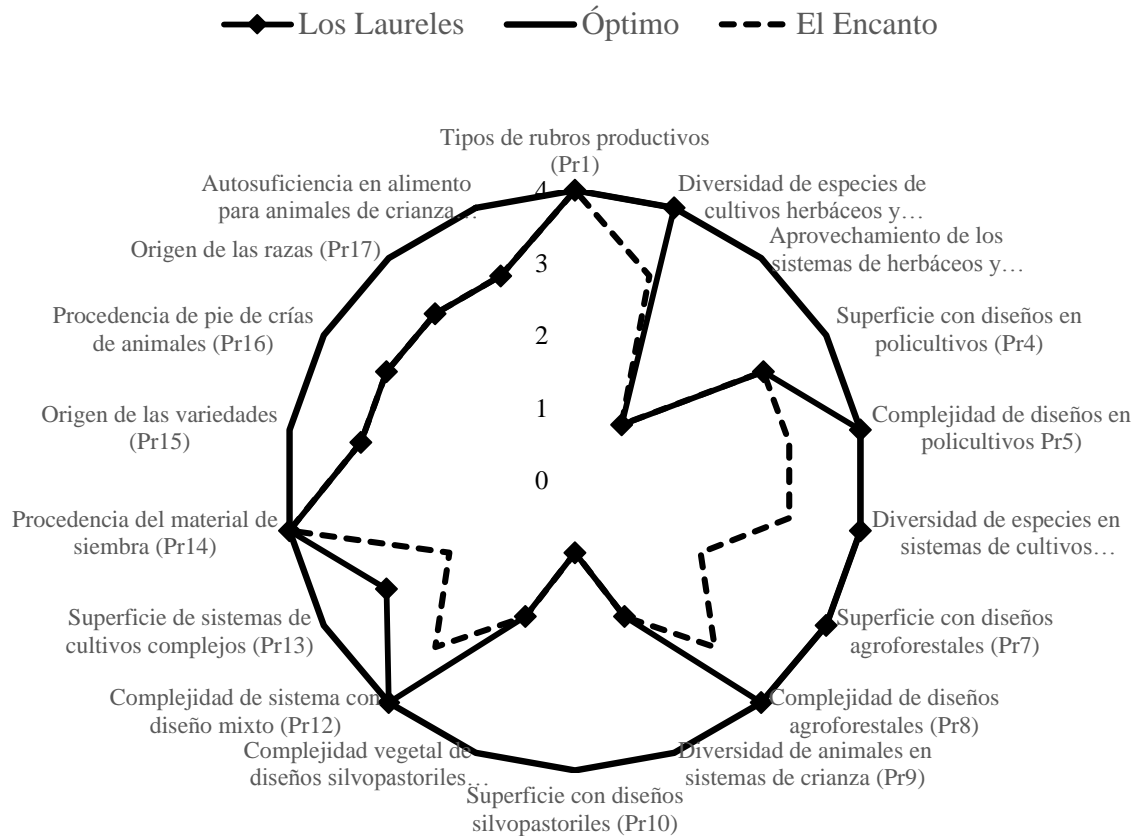


Figura 1. Diseños y manejos de la biodiversidad productiva (DMBPr) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

4.1.2 Manejo y conservación del suelo

Las técnicas de conservación de suelo y agua son aquellas actividades que se ejecutan para evitar las pérdidas de los suelos por causa de la erosión, son muy diversas y deben ser seleccionadas en función de la pendiente del terreno, del largo de ella, de la vegetación existente en cada lugar y del costo y obedecen a tres principios fundamentales; favorecer la cobertura vegetal del suelo, mejorar la infiltración del agua y reducir o evitar que ella escurra sobre la superficie. (INIA, 2003).

La figura 2 muestra los indicadores del componente manejo y conservación del suelo (MCS) que los campesinos realizan en sus agroecosistemas. En el agroecosistema Los Laureles, donde

el cultivo principal es el sistema agroforestal de cacao, por su manejo presenta mejor conservación del suelo. Adicionalmente cuenta con superficie para rotaciones de cultivo (maíz, frijol común y terciopelo, (*Mucuna pruriens*;L.) durante el año. Además cuenta con superficies con prácticas antierosivas como barreras muertas y barreras vivas, con una diversidad de fuentes de biomasa orgánica. En la agroecosistema El Encanto no se realizan rotaciones de cultivos, ni tiene superficies con prácticas antierosivas, que lo hace más vulnerable y frágil referente al agroecosistema Los Laureles.

Altieri y Nicholls (2013), afirma que el manejo de los cultivos de cobertura y los abonos verdes mejoran la cobertura del suelo protegiéndolo de la erosión, pero lo más importante, adicionan biomasa, la que a su vez contribuye a un mayor nivel de materia orgánica en el suelo.

En ambos agroecosistemas, Los Laureles y El Encanto, de los 7 indicadores del manejo y conservación de suelo, dos de ellos son similares en su punto óptimo (4); en la forma de preparación y conservación del suelo, ya que-ambos campesinos realizan laboreo mínimo o sin laboreo, utilizando herramientas como el espeque y macana que provocan poca perturbación en el suelo. Hay que resaltar que ambos agroecosistemas se localizan en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS, la que por sus condiciones edafoclimáticas no es recomendable un laboreo excesivo de suelo.

### MCS en Los Laureles: 2.9; MCS en El Encanto: 1.6

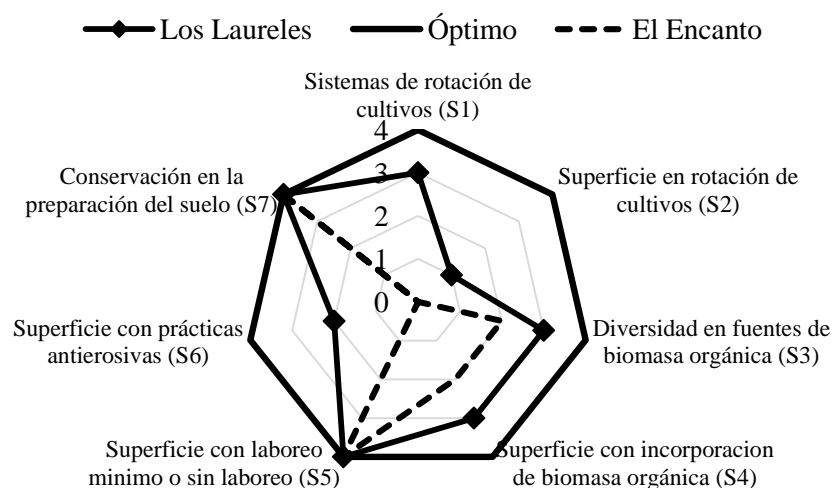


Figura 2. Manejo y conservación del suelo (MCS) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.



#### 4.1.3 Manejo y conservación del agua

Para la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola, la conservación de suelo y agua consiste en aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Con las técnicas de conservación de suelos se reduce o elimina el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y con esto, la buena producción de los cultivos. (FHIA, 2004).

En la figura 3 se muestra el manejo y conservación del agua (MCA) en ambos agroecosistemas con cacao, que es muy similar (0.86). Los campesinos no cuentan con superficies bajo sistemas de riego, ni con sistemas de drenaje, ni realizan manejo del drenaje, ni sistema de drenaje debido a que la estación lluviosa se extiende durante diez meses en el año y no lo consideran necesario, a pesar que los dos meses que no llueve son muy severos para las plantas, provocando un fuerte déficit hídrico a los vegetales. El agua drena de forma natural y la fuente de abasto de agua para uso agrícola es la que se precipita en forma de lluvia. Dada las características edafoclimáticas de la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS es recomendable hacer obras para el manejo del drenaje mediante diferentes sistemas.

La evaluación de las prácticas de conservación y manejo del agua requiere de indicadores más detallados, sea mediante estudios específicos o sistematizando experiencias de campesinos u otros agricultores, ya que ésta tiene múltiples efectos sobre la biodiversidad en el agroecosistema. En el sector campesino se ha desarrollado una cultura de conservación y explotación sustentable de los recursos. En general, se observan prácticas de manejo inadecuadas de los suelos, los cultivos y el agua; la erosión y el desperdicio de agua caracterizan la mayor parte del territorio de la entidad; incluso, se han abandonado y destruido muchas obras de conservación de suelos que se hicieron en décadas pasadas en lugar de mantenerlas y rehabilitarlas (CCRECRL, 2009).

### MCA en Los Laureles: 0.86; MCA en El Encanto: 0.86

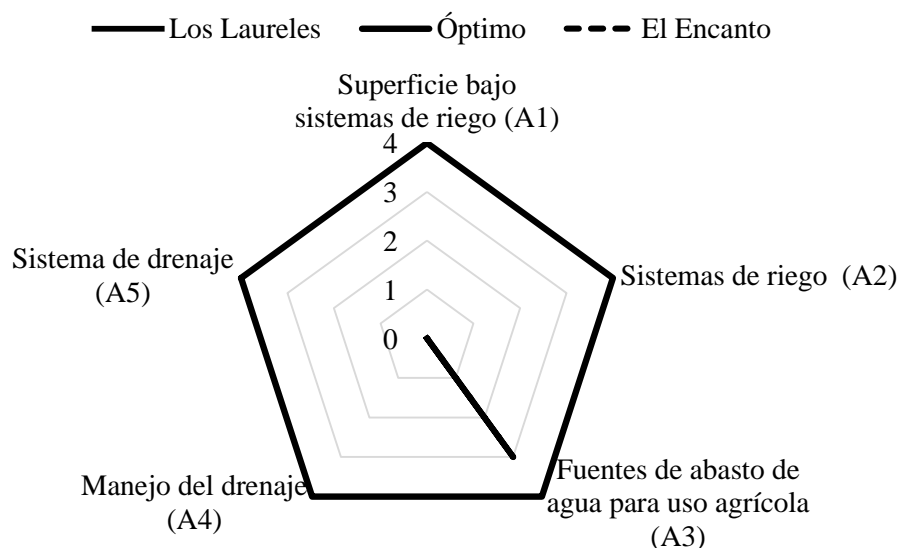


Figura 3. Manejo y conservación del agua (MCA) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

#### 4.1.4 Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

El manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos se refiere a productos y técnicas para reducir la incidencia de organismos nocivos a las plantas cultivadas y los animales de crianza, y para fortalecer su crecimiento y desarrollo. Los indicadores utilizados consideran la reducción de intervenciones, la integración de productos biológicos y de éstos, los que se obtienen en el propio agroecosistema (Vázquez *et al.*, 2011).

En el agroecosistema El Encanto, el valor del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos es de 0.57 (figura 4). El campesino no utiliza insumos biológicos en sus intervenciones sanitarias en los rubros productivos vegetales. Cada año realiza el mismo número de intervenciones de productos sintéticos (herbicidas, urea, fertilizante completo), en el manejo de intervenciones sanitarias de estos rubros. Solamente decide en algunas intervenciones en rubros productivos animales, que es la aplicación de desparasitantes y vitaminas. Esto conduce a que este campesino sea muy dependiente de estos insumos sintéticos, que es distintivo de una gestión convencional del agroecosistema por su propietario. Desde la perspectiva agroecológica, lo ideal es ser cada vez menos dependientes de insumos externos, cuya finalidad es alcanzar la

soberanía tecnológica. En este agroecosistema, el uso indiscriminado de estos agrotóxicos contribuye a contaminar las fuentes de agua del agroecosistema y de la cuenca; y reducir su diversidad biológica en el suelo y la de los ríos y riachuelos.

La diversidad en la agricultura ha demostrado ser una vía para proteger a los agricultores de plagas y enfermedades, por el contrario, el camino de la especialización y el monocultivo provocan el aumento de la contaminación, por el uso de agro tóxicos y fertilizantes y la degradación de recursos naturales, como consecuencia se asiste a un proceso acelerado de erosión genética de las especies cultivadas, que ocurre por la sustitución de variedades, de gran diversidad y adaptación por cultivares denominados modernos, obtenidos a través de la manipulación y selección del material genético (Yong, 2010).

En el agroecosistema Los Laureles, el valor del manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos es de 1.86. Este campesino realiza intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales, aprovechando parte de los recursos de su agroecosistema, allí mismo los elabora para el manejo de plagas y enfermedades, que son él te de estiércol, insecticidas naturales y bocashi como fertilizante orgánico. Las decisiones de intervenciones en rubros productivos vegetales se han disminuido. Todo esto contribuye a que este campesino sea menos dependiente de insumos externos, característica de una gestión agroecológica del agroecosistema por parte del campesino.

En ambos agroecosistemas no se realizan intervenciones biológicas en rubros productivos animales, solo desparasitan y vitamina a cerdos, caballos y aves de corral.

MISRPr en Los Laureles: 1.86; MISRPr en El Encanto: 0.57

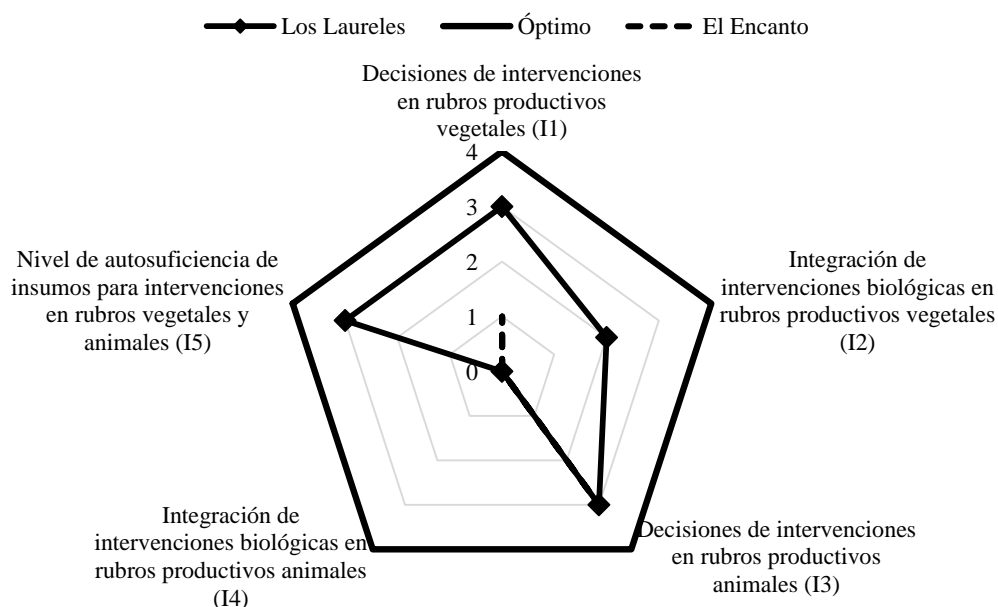


Figura 4. Manejo de las interacciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

#### 4.1.5 Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar

La biodiversidad auxiliar es la vegetación no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se maneja para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad. La vegetación auxiliar en un agroecosistema puede estar integrada por cortinas rompe vientos, cerca viva perimetral e internas, arboledas, ambientes seminaturales, corredores ecológicos internos y barreras vivas laterales e intercaladas en los agroecosistemas. Se considera la estructura de los elementos que la integran, así como la complejidad de los diseños y manejos que se realiza (Vázquez *et al.*, 2011).

En el agroecosistema Los Laureles, el manejo de la biodiversidad auxiliar logra un valor de 3.55 (figura 5). De los 15 indicadores 11 obtienen el valor óptimo (4), mientras que éste, en el agroecosistema El Encanto el valor es de 1.23, con solo tres indicadores en su valor óptimo (4).

Esto nos indica, que el agroecosistema Los Laureles cuenta con diversidad de especies en barreras vivas laterales e intercaladas, con diversidad de especies y estructuras en corredores ecológicos internos, así como también manejo y diversidad estructural de ambientes seminaturales, manejo y diversidad estructural de arboledas, diversidad estructural de la cerca viva perimetral y tolerancia a las arvenses presentando una belleza escénica.

En el agroecosistema El Encanto, los valores obtenidos en los componentes son más bajos; no cuenta con superficie con barreras vivas laterales, diversidad de especies en barreras vivas laterales, con superficie con barreras vivas intercaladas, con diversidad de especies en barreras vivas intercaladas, con manejo de ambientes seminaturales. Solamente cuenta con diversidad estructural de los ambientes seminaturales, diversidad estructural de las arboledas y tolerancia de arvenses y tiene poca diversidad de especies en corredores ecológicos internos.

Los diseños y manejos de la vegetación auxiliar pueden contribuir a múltiples funciones como por ejemplo, la cerca viva perimetral, que mediante su diseño agroecológico puede lograrse entre 10 - 15 funciones (Vázquez, 2013a). En la agricultura de sistemas de producción y las bases agroecológicas, la biodiversidad constituye un recurso natural esencial que se puede diseñar, planificar, y manejar por el propio agricultor para favorecer su conservación y los procesos ecosistémicos que contribuyan a la eficiencia del sistema de producción.

Los sistemas donde se encuentran una alta diversidad de especies arbóreas permiten la capturar carbono, además de propiciar resiliencia para enfrentar las variaciones climáticas. Los sistemas agroforestales tienen una alta complejidad estructural y que sirva como amortiguador frente a grandes fluctuaciones de temperatura, manteniendo así el cultivo principal más cerca a sus condiciones óptimas (Altieri y Nicholls, 2013).

## DAMBAu en Los Laureles: 3.55; DAMBAu en El Encanto: 1.23

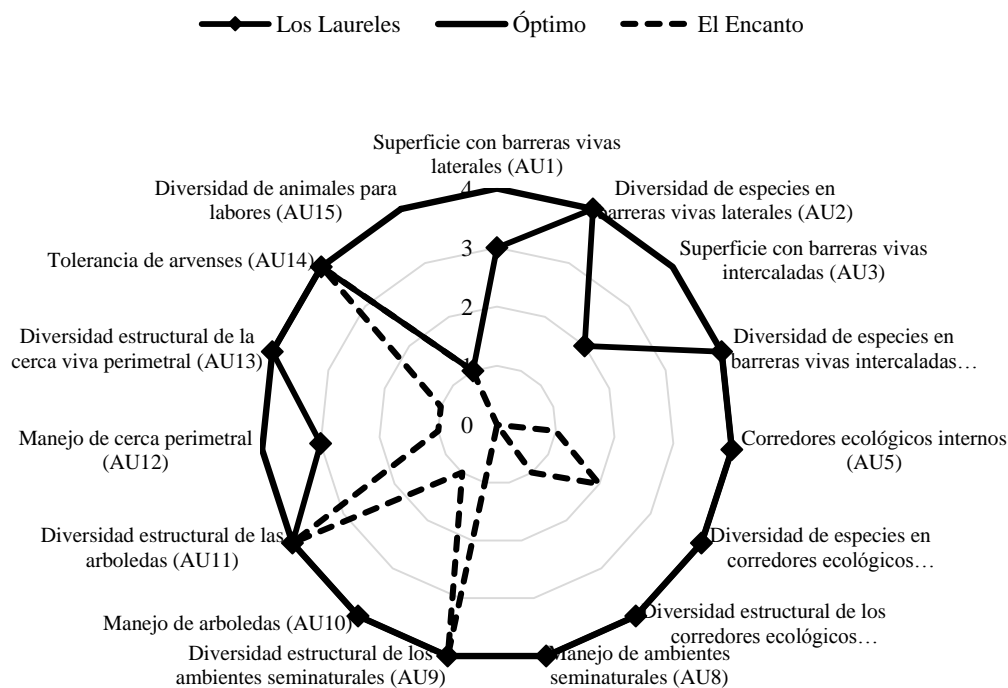


Figura 5. Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DAMBAu) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

### 4.1.6 Estado de los elementos de la biodiversidad asociada

La biodiversidad asociada son los organismos, sean animales, vegetales y microorganismos, que se asocian a las plantas cultivadas y los animales de crianza, en unos casos con interacciones positivas y en otras negativas, representados por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. La biodiversidad asociada u organismos que influyen de manera directa, positiva o negativa, sobre el desarrollo fisiológico y la defensa de las plantas cultivadas (Vázquez *et al.*, 2011).

El agroecosistema Los Laureles, el estado de los elementos de la biodiversidad asociada obtiene un valor de 3.38 (figura 6). De los catorce indicadores, siete de ellos están en su valor óptimo (4). En el agroecosistema El Encanto, éste logra un valor de 2.63 ya que cumple solo con 4 indicadores en su valor óptimo.

El productor del agroecosistema Los Laureles aprovecha la presencia de las arvenses por la diversidad que tiene como una forma de protección del suelo, además de ser hábitats o alimento para muchos insectos por lo tanto hay menos incidencia de nematodos de las agallas y organismos nocivos; existe más diversidad de organismos nocivos fitófagos por condiciones de humedad y acumulación de materia orgánica, así como también diversidad en macrofauna del suelo, de polinizadores y de grupos de reguladores naturales esto se debe a la gran variedad de plantas que existen en el agroecosistema.

El agroecosistema El Encanto presenta baja diversidad de población de reguladores naturales y baja población de macrofauna del suelo, debido a que el campesino aplica productos químicos sintéticos año con año, que se refleja en una alta diversidad de organismos nocivos fitófagos en la parte aérea de los vegetales y en los animales de cría.

Martínez *et al.*, (2013) ejemplifica que la diversidad y población o intensidad con que se manifiestan algunos elementos, pueden servir como referencia, sobre todo los que son organismos nocivos, sus reguladores naturales y la macrofauna del suelo, que pueden considerarse como representativos por su nivel de interacción con los rubros productivos.

## EBAs en Los Laureles: 3.38; EBAs en El Encanto: 2.63

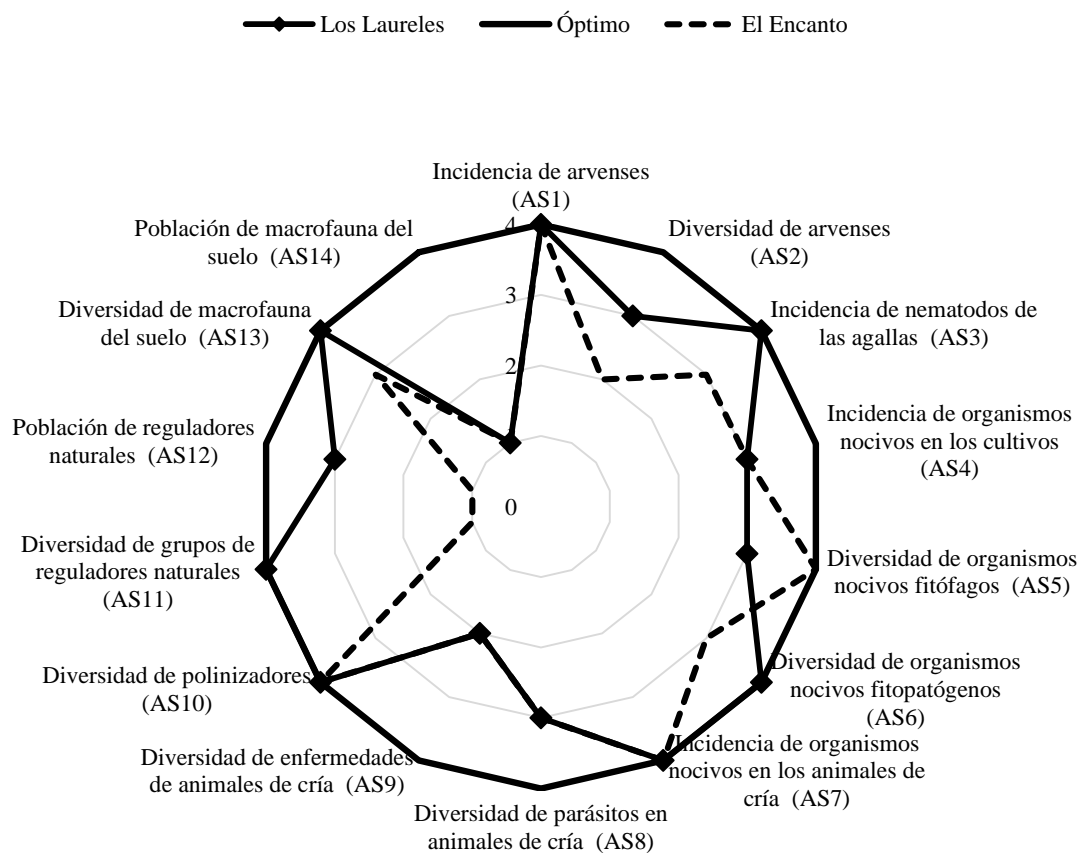


Figura 6. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

### 4.1.7 Coeficiente del manejo de la biodiversidad

El coeficiente del manejo de la biodiversidad permite clasificar al agroecosistema respecto a la complejidad alcanzada de sus diseños y manejos de la biodiversidad y elaborar un plan de reconversión, que permita a mediano y largo plazo complejizarlo y alcanzar la soberanía alimentaria, tecnológica y energética.

Rodríguez *et al.*, (2017a, 2017b y 2017c) realizaron diagnósticos para determinar el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en diferentes zonas agroecológicas y



agroecosistemas. En la zona del pacífico, con un periodo lluvioso de seis meses (1200 a 2000 mm\*año), Rodríguez *et al.*, (2017a) determinaron que los diseños y manejos de la biodiversidad de agroecosistemas con granos básicos (75 a 468 msnm) pueden ser poco complejo y medianamente complejo, por ser éstos de agricultura familiar, a pequeña escala (2.1 a 9.1 ha), con diferentes grados de diversificación. En Boaco, en la zona de transición intermedia (360 msnm), con un periodo lluvioso de ocho meses (1200 a 2000 mm\*año), en agroecosistemas con ganado bovino, a mediana escala (13 y 19.3 ha), los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo y complejo (Rodríguez *et al.*, 2017b), mientras que en Matagalpa y Condega, en la zona de transición alta (850 a 1200 msnm), con un periodo lluvioso de ocho meses (850 a 2400 mm\*año), en agroecosistemas con café, a pequeña y mediana escala (3.5 a 39.2 ha), los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo, medianamente complejo y complejo, debido a que éste es un sistema agroforestal (Rodríguez *et al.*, (2017c).

La figura 7 muestra el resultado del coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) de dos agroecosistemas con cacao, que se localizan en el trópico húmedo de nuestro país, en una zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS, cuya altitud no supera los 200 msnm, con precipitaciones superiores a los 2000 mm por año, cuyo periodo lluvioso oscila entre 9 a 10 meses, con suelos arcillosos, ácidos y poco fértiles.

En el agroecosistema Los Laureles, el “coeficiente de manejo de la biodiversidad” tiene un valor de 2.61, esto indica que es clasificado como agroecosistema con diseños y manejos de su biodiversidad “medianamente complejo”, que se caracteriza por integrar más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales, con diseños de policultivos de más de cuatro especies asociadas o intercaladas, con sistemas agroforestales en más del 75 % del área con una complejidad de diseños mixtos, contar con superficie para rotaciones de cultivo durante el año, realizar prácticas antierosivas (barreras muertas y barreras vivas), utilizar laboreo mínimo con espeque y macana que provocan poca perturbación en el suelo, producir el material de siembra y elaborar insumos biológicos; que reduce su dependencia de insumos externos, tener un buen diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar y un buen estado de los elementos de la biodiversidad asociada. Todo lo anterior, es propio de una gestión de este agroecosistema bajo el paradigma agroecológico. Lo ideal en esta zona agroecológica es contar con agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad complejos y altamente

complejos, gestionados agroecológicamente, por estar localizados en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS, que por sus características edafoclimáticas son muy frágiles.

El agroecosistema El Encanto refleja un valor del “coeficiente de manejo de la biodiversidad” de 1.60, que lo clasifica como agroecosistema con diseños y manejos de su biodiversidad “poco complejo, que se identifica por integrar más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales, producir el material de siembra, no realizar prácticas antierosivas, utilizar laboreo mínimo con espeque y macana que provocan poca perturbación en el suelo, aplicar agrotóxicos sintéticos (herbicidas, urea, fertilizante completo) desparasitantes y vitaminas, que lo hace muy dependiente de insumos externos, por un deficiente diseño de su biodiversidad auxiliar Todo lo antes expuesto demuestra, que este campesino gestiona su agroecosistema de forma mixta, al combinar prácticas propias del paradigma agroecológico con prácticas de una producción convencional. Este agroecosistema colinda con el agroecosistema Los Laureles, y muestra un deterioro muy marcado de su biodiversidad y agudiza más su vulnerabilidad y la de la cuenca. Estos resultados son preocupantes, debido a que si se establecen agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo, en el que se integran prácticas conforme al paradigma convencional, la vulnerabilidad y fragilidad de la cuenca se agudiza y los efectos del cambio climático serán mayores, no solo para la cuenca, sino para Nicaragua. Por tanto, es perentorio, que las instituciones del Estado sean rigurosas en la aplicación de leyes, reglamentos y normativas en lo referido al tipo de actividad agraria a realizarse en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS.

Regiones agroecológicas con agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad complejos y altamente complejos por sus distribuciones y arreglos permiten disponer de mayor alimento, estabilidad ante variaciones climáticas y un equilibrio en sus agroecosistemas. Estos agroecosistemas presentan interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen y estas relaciones determinan en gran medida la salud del mismo (Altieri y Nicholls, 2000). Mientras más complejos son los agroecosistemas mayor estabilidad presentan y pueden llegar a ser sostenible desde la dimensión o criterio socio-

político-cultural, económico y agroambiental y garantizar la soberanía alimentaria, tecnológica y energética.

Para alcanzar la sostenibilidad y la soberanía, en ambos agroecosistemas, urge que sus propietarios implementen un plan de conversión para complejizar sus diseños y manejos de la biodiversidad, para que las interacciones y relaciones entre los elementos de la biodiversidad que los componen determinen en gran medida la salud y sostenibilidad de ambos.

### CMB en Los Laureles: 2.61; CMB en El Encanto: 1,60

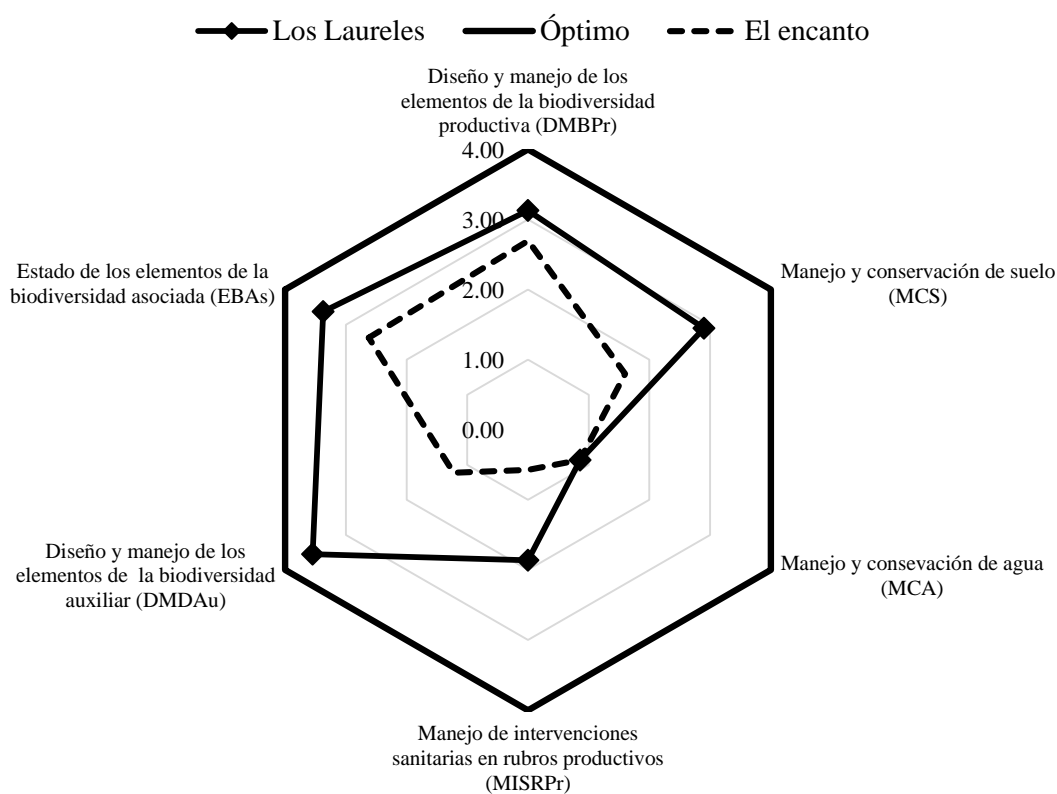


Figura 7. Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Carao, El Hormiguero, Siuna, Nicaragua, 2017.

A medida que un sistema de producción es más biodiverso, habrá menores condiciones para el arribo, establecimiento e incremento de poblaciones de organismos nocivos, sean insectos, ácaros, nemátodos, hongos, bacterias, virus, arvenses y otros, debido a diversos efectos, principalmente por reducción de la concentración de hospedantes preferidos, por confusión o repelencia y por incremento de enemigos naturales, entre otros factores (Vázquez y Matienzo, 2010).

## 4.2 Balance aparente de nutrientes, relaciones intercatiónicas y caracterización de parámetros de calidad de suelo

En Nicaragua, se han publicados resultados sobre balance aparente de nutrientes y caracterización de propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes zonas agroecológicas y a agroecosistemas con café, granos básicos y con ganado bovino, que se gestionan con enfoques o paradigmas diferentes (agroecológico, convencional y mixto). Estos resultados son reportados por García *et al.*, (2017a, 2017b y 2017c). En este estudio el balance aparente de nutrientes (N, P y K), las relaciones intercatiónicas y la caracterización de parámetros o indicadores de calidad de suelo se llevaron a cabo en dos agroecosistemas agroforestales con cacao, localizados en Siuna. Uno de estos agroecosistemas tiene diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejo y se gestiona bajo el paradigma agroecológico (Los Laureles) y el segundo tiene diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo e implementa prácticas propias del paradigma convencional (El Encanto), aunque no en un cien por ciento.

### 4.2.1. Balance aparente de nutrientes

El balance aparente de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entra y la que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces, en períodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios, neutros o acumulativos generándose situaciones de pérdida, equilibrio o ganancia de nutrientes en el suelo, respectivamente (Ciampitti y García, 2008). El balance por ser “aparente”, no consideran transformaciones de nutrientes en el sistema suelo-planta, las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión, ni ingresos por deposiciones atmosféricas, por lo que posiblemente subestime el resultado en muchas condiciones.

En Diriamba, García *et al.*, (2017a) determinaron que en agroecosistemas con granos básicos, con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejo y gestionado agroecológicamente (El Chipote), el balance aparente de nutrientes (N, P y K) es negativo, pero menor que el del agroecosistema El Manantial, con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y gestionado de forma mixta. En Chinandega, en agroecosistemas con granos básicos y con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y gestionado agroecológicamente (Santa María), el balance aparente de nutrientes (N, P y K) resultó negativo. Por el contrario, en un agroecosistema

con granos básicos con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y gestionado convencionalmente (Santa Rosa), únicamente el balance del P fue ligeramente positivo.

En Boaco, en un agroecosistema con ganado bovino y con diseños y manejos de su biodiversidad complejo y gestionado agroecológicamente (Buena Vista), el balance aparente de nutrientes (N, P y K) resultó positivo. Por el contrario, en un agroecosistema con ganado bovino y con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y gestionado convencionalmente (San Juan), arrojó un balance aparente de nutrientes ligeramente negativo (García *et al.*, 2017b).

En Matagalpa y Condega, en agroecosistemas con café y con diseños y manejos de su biodiversidad complejo (La Espadilla) y medianamente complejo (Linda Vista), ambos gestionados bajo el paradigma agroecológico, el balance aparente de nutrientes resultó ligeramente positivo para el primero y muy negativo para el segundo. En estas localidades, en agroecosistemas con café, con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo, el balance del N y P se reflejó positivamente (El Milagro de Dios), mientras que en el agroecosistema La Vecina el balance de N, P y K resultó ligeramente positivo (García *et al.*, 2017c).

En Nicaragua, una de las zonas que produce más cacao se encuentra en el municipio de Waslala, las familias de esta zona se dedican al cultivo extensivo del cacao, combinando las plantaciones de cacao con diferentes especies forestales, y frutales, que permiten reducir la erosión de los suelos, y protegiéndolo de la pérdida de nutrientes (Gaitán, 2005).

Los sistemas agroforestales con cacao pueden producir hasta 14 t MS/ha<sup>-1</sup> año de hojarasca y residuos de podas, lo cual contiene 340 kg N/ha/año y podrían fijar hasta 60 kg/ha/año de N atmosférico por el uso de árboles leguminosos a una densidad de 300 árboles/ha (Beer *et al.* 1998). Johnson, et al (2008), afirman que las necesidades del cacao no son muy altas, una cosecha de cacao de 1,000 kg/ ha extrae del suelo 44 kg de N, 10 kg de P y 77 kg de potasio.

En el periodo de estudio, en el agroecosistema Los Laureles, el balance aparente de nutrientes de N, P y K, muestra valores positivos (figura 8) para las parcelas con cacao de 8 años, y cacao de 15 años, considerando que en estas parcelas éste es el cultivo principal. El balance positivo se debe a

que éstas reciben aplicaciones de abonos orgánicos, bocashi, te de estiércol y el control de insectos con bioinsecticida, los que sumados a sus contenidos nutricionales superan las cantidades extraídas por las cosechas. Puede notarse que las diferencias en los valores solo se deben a las cantidades que reciben cada parcela según su tamaño.

Vásquez (2007), asegura que la incorporación de abono orgánico enriquece la capacidad del suelo para albergar una gran actividad biológica, la cual tiene varias implicancias favorables, entre las ventajas más relevantes se encuentra: ayuda a mejorar la estructura del suelo; permite la labor de las bacterias ayudando a sintetizar los nutrientes; otros elementos despiden antibióticos y los hay que producen el típico olor a tierra mojada.

La parcela de potrero mixto muestra balances negativos de N, P y K (figura 8), ésta es utilizada para la siembran maíz y frijol en la época de apante una vez al año para su autoconsumo, y pastos naturales como grama y retana que son aprovechada por dos equinos, esta parcela no recibe ningún tipo de fertilizante, por lo que no existen entradas, solamente salidas.

La parcela de bosquete presentó balance cero (figura 8), que se debe principalmente a que el productor no realiza ninguna actividad en ella.

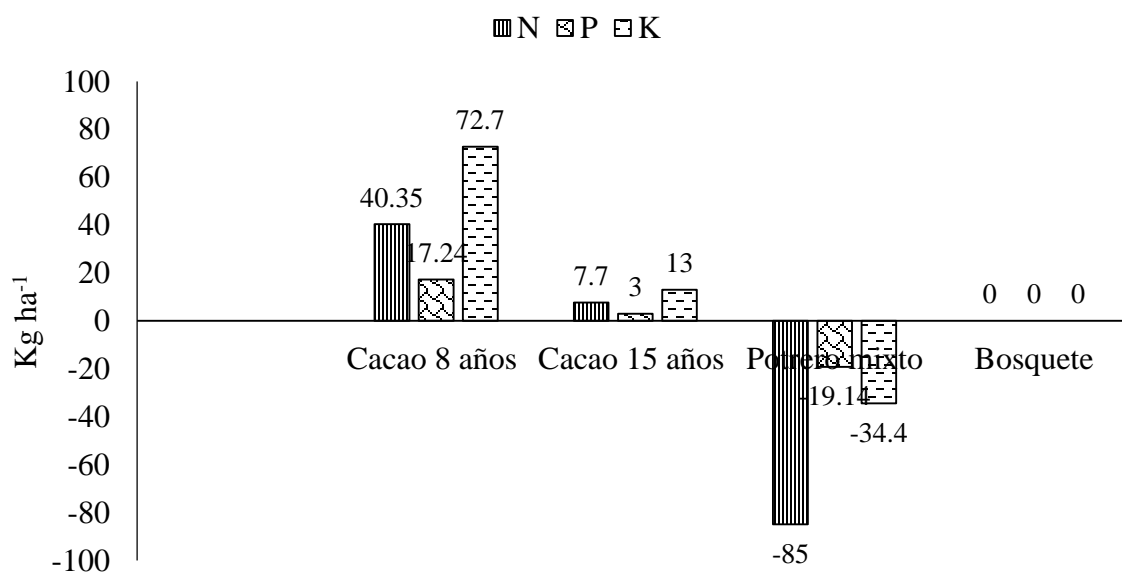


Figura 8. Balance aparente de N, P y K por parcelas en el agroecosistemas con cacao, Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, ciclo 2015-2016.

El balance general en el agroecosistema resulta positivo para P y K (figura 9), pero negativo para N, que se atribuye a que las cantidades aplicadas con fertilizante orgánico al sistema no son lo suficientemente grandes como para restituir las cantidades que se exportan por los cultivos establecidos en la parcela donde se producen alimentos para la familia y los animales.

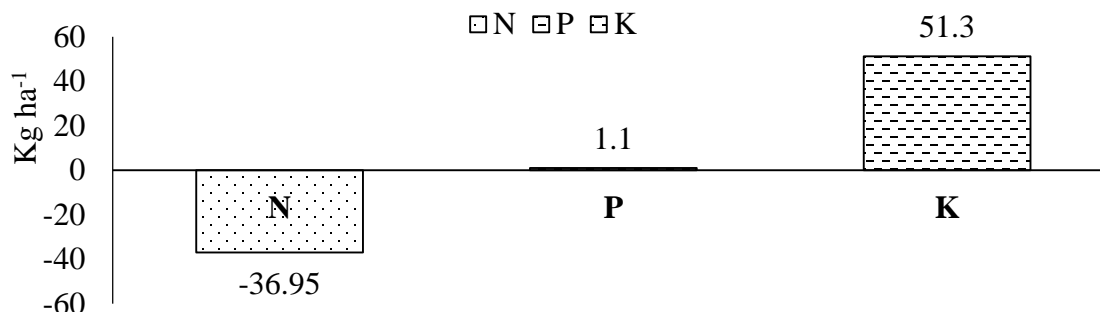


Figura 9. Balance general aparente de nutrientes N, P y K, en el agroecosistema Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, ciclo 2015-2016.

En el agroecosistema El Encanto, el balance aparente de N, P y K es positivo a nivel de las parcelas (figura 10) con cacao de 4 años, cacao de 15 años y cacao 6 años. Esto es el resultado de las altas aplicaciones de fertilizantes químicos sintéticos en estas parcelas en producción y el bajo rendimiento que se obtiene (516.4 kg ha<sup>-1</sup>).

Los fertilizantes de origen sintético han sido una de las alternativas más utilizadas en la fertilización de cacao a partir de la revolución verde, pero usado de una manera desmedida provocando el deterioro de la fertilidad del suelo por la acumulación de sales y el deterioro de las características fisicoquímicas del suelo, influenciando también negativamente la fauna y flora del suelo (Enriquez, 1980).

En la parcela de potrero mixto el balance de N y K es negativo (figura 10), ya que las extracciones de los cultivos ahí establecidos (maíz-frijol- pasto retana) son más altas que las cantidades que se aplican. La fertilización solamente está dirigida a maíz y frijol, pero éstas no reponen las cantidades extraídas por estos cultivos, aumentando las exportaciones el pasto retana que no recibe ningún tipo de fertilización o reposición de nutrientes. En el potrero mixto, solamente el P resulta positivo, que se debe fundamentalmente al uso de fórmulas altas en este

elemento y a la baja extracción de este nutriente, producto de los bajos rendimientos que obtiene por unidad de área.

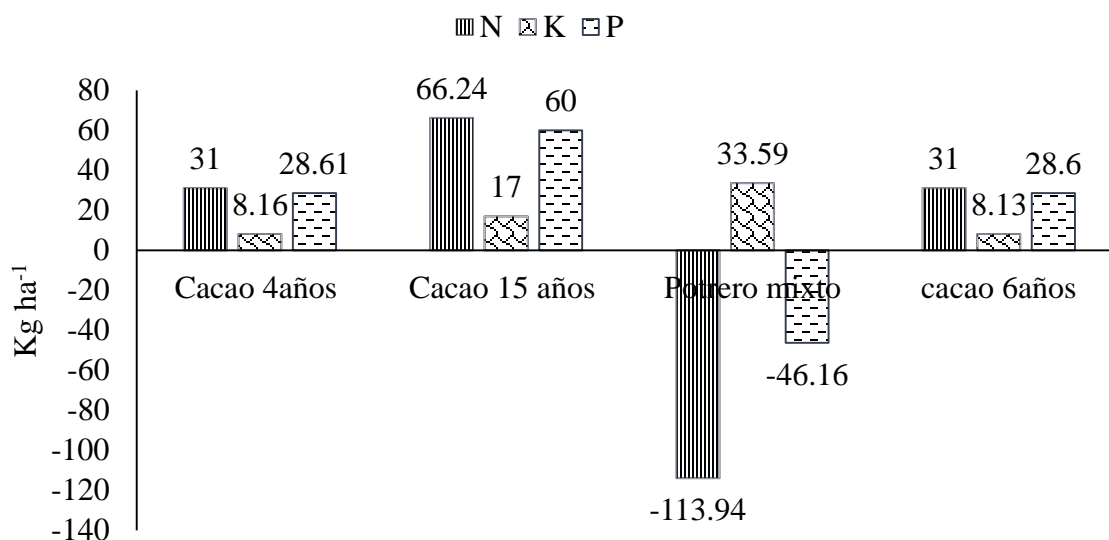


Figura 10. Balance aparente de nutrientes de N, P y K, en el agroecosistema El Encanto, propietario Carlos José López Lago, Siuna, RACCN, Nicaragua, ciclo 2015-2016.

Comparando los balances aparentes (N, P y K) entre los dos agroecosistemas, El Encanto presenta los mejores resultados al obtener balances positivos para los tres elementos evaluados (figura 11) en los dos años estudiados. Estos valores positivos representan una diferencia de 102.46 kg de nitrógeno, 131.56 kg de fosforo y 39.5 kg de potasio, que se debe a las grandes cantidades de estos elementos aplicados en la fertilización y a los bajos rendimientos obtenidos. La aplicación de fuentes químicas que sobre pasan los niveles de extracción por los cultivos son la causa de estos resultados. El balance negativo para N en el agroecosistema Los Laureles se debe fundamentalmente a la presencia de cultivos para consumo, que no reciben las cantidades que éstos exportan con el rendimiento. En este agroecosistema, una forma de lograr un balance positivo de N, sería aumentando las aplicaciones de bocashi y/o estiércol agregando a estos materiales fuentes más ricas en nitrógeno, con plantas leguminosas o rotando con éstas especies herbáceas.



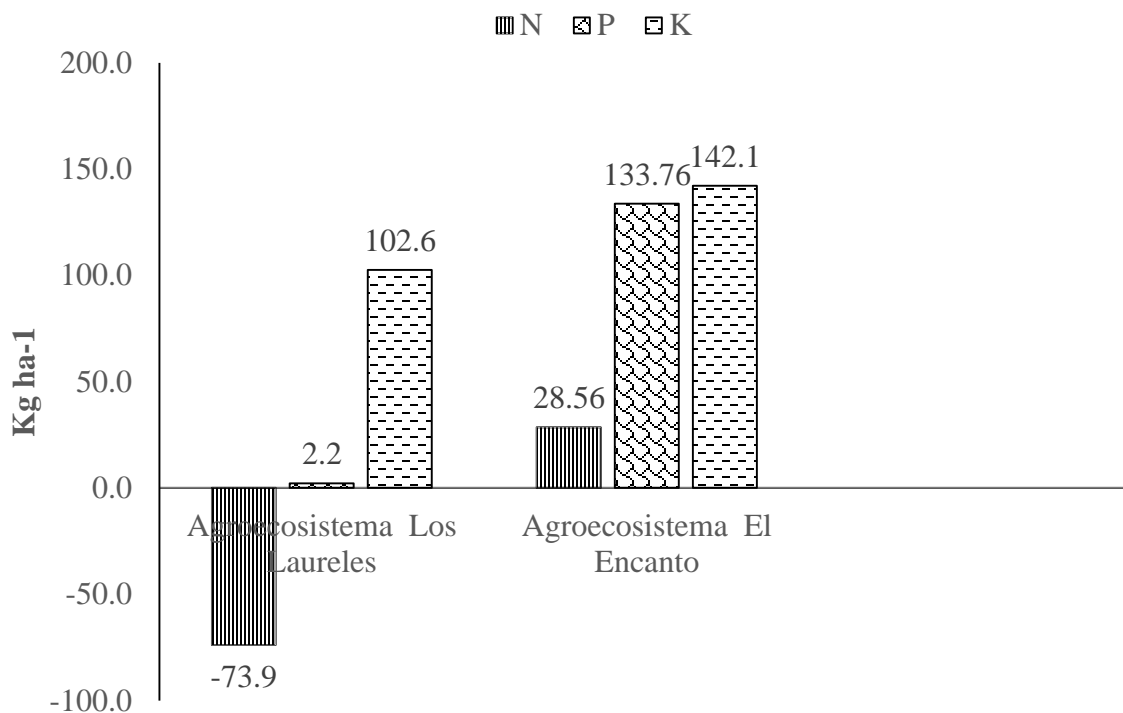


Figura 11. Comparación del balance aparente de nutrientes de N, P y K, de los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto en Siuna, RACCN, Nicaragua, ciclo 2015-2016.

#### 4.2.2 Relaciones intercatiónicas

Cuando se analizan los resultados de los balances aparentes de los agroecosistemas y se observa los datos de los análisis químicos del suelo en estudio, se puede apreciar claramente que todas las parcelas de ambos agroecosistemas presentan variaciones en el pH, MO y N, P y K. En general, puede observarse que éstas tienen deficiencias de P y con variaciones importantes en el contenido de potasio, lo que evidencia que se encuentran altamente lixiviadas de este de nutriente.

En el agroecosistema Los Laureles, las relaciones intercatiónicas (cuadro 10) en el suelo, denotan, claramente, que en la parcela con cacao de 15 años, existe una posible deficiencia de potasio por exceso tanto de calcio como de magnesio, esto implica que para que los rendimientos del cultivo no se vean afectados, las enmiendas orgánicas que a futuro se utilicen deben ser enriquecidas con potasio con musáceas o ceniza de cascarilla de arroz, para que en el mediano y largo plazo se reestablezca las relaciones intercatiónicas entre esos elementos, en los rangos ideales.

Similar situación se presenta para la parcela con cacao de 8 años (cuadro 10), con una posible deficiencia de K por exceso de calcio. La deficiencia de potasio es una tarea a resolver, ya que las parcelas donde se presenta este problema, son las parcelas destinadas a la producción y el potasio es necesario para garantizar la calidad de las almendras.

En relación al agroecosistema El Encanto, los datos del análisis de suelo muestran que las parcelas con cacao de 4 y de 6 años presentan desbalance nutricional entre el calcio y el potasio (cuadro 11), de modo que al igual que en Los Laureles debe aplicarse cantidades un poco más altas de potasio que las que actualmente se aplican. Debe indicarse también que aplicaciones de cal, sobre todo en la parcela con cacao de 6 años deben evitarse, no solo porque esa parcela es la que menos acidez presenta, sino también porque se podría empeorar la relación intercатиónica entre esos dos elementos.

Cuadro 10. Resultados del análisis de suelo del laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria, de las parcelas del agroecosistema Los Laureles, Siuna, RACCN, 2017

Lotes	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	(H <sub>2</sub> O)	(%)	Ppm	meq/100g suelo				%					
Cacao 8 años	5.68	4.18	0.21	2.61	0.32	8.60	2.71	0.29	17.31	68.9	3,2	26,9	8,5
Cacao 15 años	5.60	2.77	0.14	4.06	0.18	8.78	2.71	0.33	17.12	70.1	3,2	48,8	15,1
Potrero mixto	4.63	2.66	0.13	8.92	0.31	6.59	2.29	0.22	16.92	55.6	2,9	21,3	7,4
Bosquete	5.14	2.30	0.11	4.34	0.29	7.43	2.06	0.22	14.38	69.5	3,6	25,6	7,1
Valores ideales											2- 5	5- 25	3.5- 15

Cuadro 11. Resultados del análisis de suelo del laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria, de las parcelas del agroecosistema El Encanto, Siuna, RACCN, 2017

Lotes	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	(H <sub>2</sub> O)	(%)	Ppm	meq/100g suelo				%					
Cacao 4 años	5.20	2.72	0.14	3.44	0.23	6.27	2.39	0.20	13.99	64.9	2,6	27,3	10,4
Cacao 15 años	4.74	2.51	0.13	2.27	0.22	4.67	2.32	0.17	14.18	52.0	2,0	21,2	10,5
Potrero mixto	5.40	2.93	0.15	4.91	0.45	7.33	2.71	0.20	14.57	73.4	2,7	16,3	6,0
Cacao 6 años	6.38	4.07	0.2	2.20	0.38	16.1	3.31	0.22	23.77	84.5	4,9	42,6	8,7
Valores ideales						9					2- 5	5- 25	3.5- 15

En ambos agroecosistemas, es evidente, por las condiciones naturales, el proceso de lixiviación a que son sometidos esos suelos, sobre todo de potasio, han conducido a un desequilibrio

nutricional de los mismos, lo que induce a una necesidad impostergable de establecer todas las acciones necesarias para superar el antagonismo que produce el desbalance en las relaciones intercatiónicas y mejorar la nutrición balanceada del cultivo.

Según Wessel (1971) los nutrientes del suelo en una plantación de cacao son anualmente reducidos vía cosecha del cacao, se ha reportado que conforme el cacao madura existe una considerable pérdida de nutrientes. Las bases divalentes de calcio y magnesio, juegan un papel altamente significativo en la nutrición del cacao. El potasio y el magnesio son antagonísticos, el exceso del primero afecta la absorción del segundo y viceversa. El magnesio se pierde en forma acelerada conforme aumenta la acidez del suelo, mientras que el contenido de potasio se mantiene igual aunque sus pérdidas son elevadas por efecto de lluvia por lixiviación (Urquhart, 1963).

#### 4.2.3 Evaluación de parámetros o indicadores de calidad de suelo físicos, químicos y biológicos

Rincón (2010) sostiene que el suelo es el resultado de la descomposición de las rocas debido al intemperismo fisicoquímico y la acción biológica de los seres vivos. Labrador (2008) afirma que éste es un sistema auto organizado y heterogéneo que posee una gran complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes (abióticos y bióticos) y a los procesos que tienen lugar en su seno.

Los indicadores de calidad de suelo son una herramienta útil para definir las condiciones en las que se encuentra, diferenciando sus debilidades y atributos como sistema. Además, es una herramienta que funciona para monitorear las condiciones del suelo durante el tiempo y espacio y también se puede realizar entre cultivos que compartan ciertas características similares ubicados en la misma o en diferente zona (Pérez, 2010).

La búsqueda de los indicadores o parámetros ideales para la medición de la calidad de suelos es un tema de interés alrededor del mundo, pero está claro que es imposible tener un indicador para diagnosticar la calidad del suelo, sino que es fundamental utilizar una mezcla de indicadores físicos, químicos y biológicos (Soto *et al.*, 2006).

Los indicadores de calidad de suelo como referencia en este estudio están entre los químicos: contenido de nutrientes, acidez, materia orgánica, CIC, la saturación de bases, y entre los físicos:

porosidad, textura, infiltración y profundidad del suelo y entre los biológicos la abundancia de lombrices por metro cuadrado.

En el agroecosistema Los Laureles, en todas las parcelas, los parámetros o indicadores de suelo evaluados promediaron en la categoría tres y a nivel de parcela o lote los parámetros mejor categorizados fueron la saturación de bases y porosidad del suelo, y los más bajos (2) se alcanzaron en cuatro de los siete parámetros restantes. Cuando se analiza cada parámetro en cada parcela (figura 12), podrá notarse fácilmente cual o cuales son los factores más limitantes de cada parcela. Para las parcelas con potrero mixto y bosque el factor más limitante es el pH, calificado como muy ácidos con valores de 4.63 y 5.14 respectivamente (cuadro 10). Para las parcelas con cacao aunque el pH es un poco menos ácido que las parcelas analizadas anteriormente, esto no pareciera ser limitante para este cultivo, ya que se adapta bien a pH ácidos, sin embargo, la cantidad de nutrientes disponibles podría ser un factor limitante sobre todo con las bases calcio, magnesio y potasio. Aunque la saturación de bases para estas parcelas alcanza la categoría 4 considerada como alta, la capacidad de almacenamiento del suelo es baja, lo que se refleja en una baja capacidad de intercambio de cationes, que como se puede observar en la misma figura 12 ésta alcanza la categoría de 2, lo que puede estar afectado por el tipo de arcillas que predominan en estos suelos rojos con altas pluviometría.

Si se analizan las relaciones intercatiónicas para este agroecosistema, se nota (cuadro 10) que la relación Ca/K en tres de las cuatro parcelas está fuera del rango normal, lo que indica que uno de los elementos más afectados por la lixiviación es el potasio y que existe una alta probabilidad de que el cultivo de cacao presente deficiencias de potasio no solo por déficit en el suelo, sino también por la mayor presencia de calcio.

Debe hacerse notar, que en la parcela de cultivos mixtos, donde se produce no solo alimento para los animales, sino para la misma familia, también tiene un pH muy ácido y tiene como limitantes adicionales la profundidad del suelo, es además un suelo arcilloso con una alta porosidad, lo que aumenta el riesgo de escorrentía agravando la erosión. Este riesgo es mayor si existe presencia de aluminio en esa parcela, el cual es activo y tóxico a pH menores 5.2 por lo que la práctica del encalado es una opción que se debe considerar.

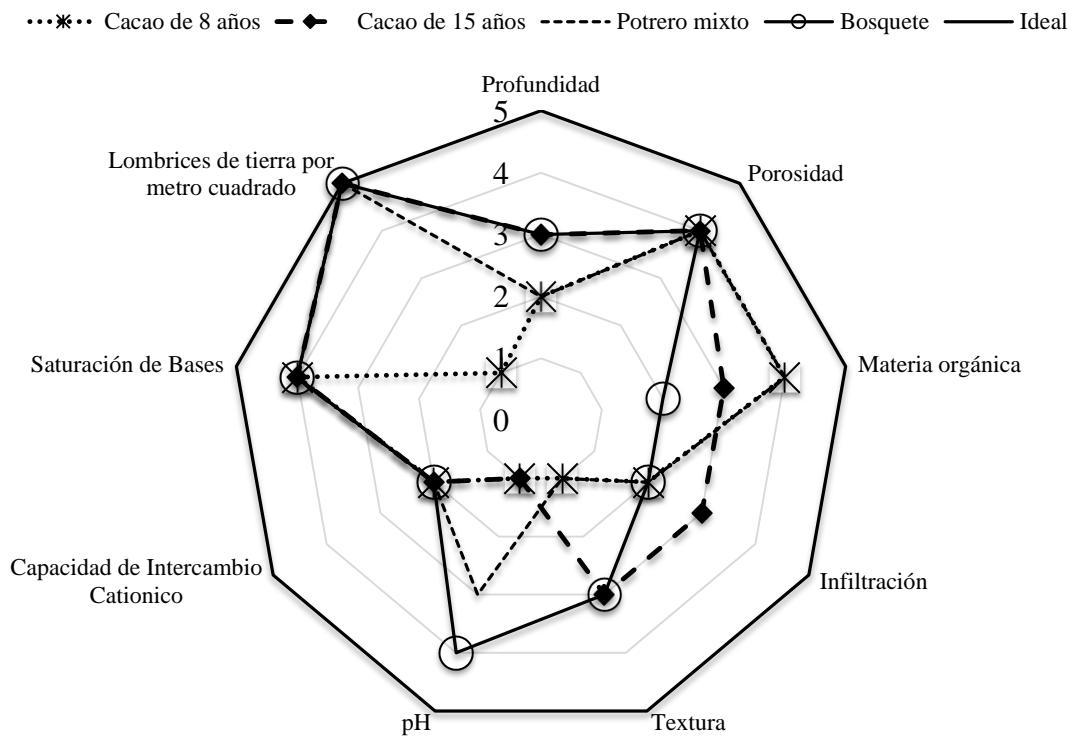


Figura 12. Categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo evaluados en el agroecosistema Los Laureles, propietario Erman Valerio Pérez Aguilar, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.

En las parcelas con cacao de 8 años y potrero mixto, la profundidad del suelo oscila entre 25 y 50 cm, cuya categoría es 2, que se considera moderadamente superficial, condición que no garantiza que las raíces de anclaje del cacao profundicen más de 50 cm, lo que afecta su vida útil. En el resto de parcelas, la profundidad del suelo varía de 50 a 100 cm, cuya escala es 3 y se clasifica como suelo moderadamente profundo.

La figura 12 evidencia, que la parcela con cacao de 8 años, es la que más limitantes tiene dentro del agroecosistema Los Laureles, ya que ésta por estar ubicada en una pendiente, ha afectado su profundidad y su pH, a pesar de la existencia de prácticas anti erosivas.

A nivel de agroecosistema, la textura va de arcillosa a franco arcillosa, y la porosidad total se encuentran en el rango de 50-55 %, que es satisfactoria, cuya escala es 4, y ambas propiedades edáficas no son limitantes para el cacao y resto de cultivos (pasto retana, frijol y maíz).

En la parcela con cacao de 15 años, la infiltración se encuentra en la escala de 3, cuyo rango es 2 a 6 cm h<sup>-1</sup> con un drenaje imperfecto; en el resto de parcelas, ésta tiene categoría 2 que es superior a 25 cm h<sup>-1</sup>, es decir excesivamente drenado.

La parcela con cacao de 8 años presenta el menor número de lombrices por metro cuadrado (3 lombricesm<sup>-2</sup>) y obtiene la categoría 1, fenómeno que se atribuye a la menor profundidad del suelo, a una textura y pH no adecuados en esta parcela, cuyas categorías son 2, 1 y 1, respectivamente (figura 12). En las parcelas o lotes restantes, el número de lombrices fue superior a 115m<sup>-2</sup> y obtienen la categoría de 5. Estas parcelas tienen suelos más profundos, una mejor textura y pH, que favorecen la presencia o abundancia de las lombrices de tierra.

En el agroecosistema El Encanto, cuyo manejo es más convencional, con uso de insumos químicos sintéticos, la parcelas con cacao de 15 años es la que presenta el pH más ácido (4.74), que se atribuye al uso por más tiempo de fertilizantes sintéticos. Esta parcela de acuerdo al análisis de suelo, es la que más bajo porcentaje de saturación de bases tiene (53%), que indica una alta probabilidad de presencia de aluminio que causa toxicidad al cultivo. Las otras tres parcelas (con cacao de 4 y de 6 años; y potrero mixto) presentan pH menos ácido y una saturación de bases un poco mayor, que mejora la condición nutritiva para los cultivos establecidos. Los datos de análisis de suelo también muestran que la parcela con cacao de 6 años tiene un mejor pH y la saturación de bases es más alta, la relación Ca/K debe ser atendida.

En el cuadro 11 se puede observar, en todas las parcelas, que los niveles de fósforo son muy bajos, que es lógico si se considera el nivel de pH de éstas y las bajas saturaciones de bases, que indica la posibilidad de una alta fijación de fósforo, no solo del existente en la solución del suelo, sino también del que se aplique como fertilizante. La práctica del encalado debe ser considerada en tres de las cuatro parcelas del ecosistema, excepto la parcela con Cacao 6 años.

Queda de manifiesto también la baja CIC de los suelos y los bajos niveles de calcio, magnesio y potasio disponible, de modo que estos niveles sean considerados para determinar si satisfacen los requerimientos de los cultivos. Los factores anteriores deben ser considerados para las parcelas con cacao (4 y 6 años) y la parcela con cultivos mixtos.

En las parcelas de potrero mixto y con cacao de 15 y de 6 años, el contenido de materia orgánica es medio, cuya categoría es de 3, respectivamente, en la parcela con cacao de 6 años ésta es alta con clasificación de 4 según García (2015).

Cuando se observa la figura 13, encontramos que las cuatro parcelas presentan como factores más limitantes la infiltración, la que se encuentra en una escala 1, que es inferior a  $2.0 \text{ cm h}^{-1}$ , que a su vez está asociada al tipo de textura que presentan estos suelos como es arcillosa (categoría 1), ambas están asociadas, pero esto aumenta el riesgo de procesos erosivos de los mismos. Una limitante adicional y que empeora la situación de la parcela (potrero mixto) es que la profundidad es menor de 25 cm, que se clasifica como moderadamente superficial en una escala de 2. En el resto de las parcelas, ésta oscila entre 50-100 cm, cuya escala es de 3 y se considera moderadamente profundo, pero que puede afectar el anclaje y vida útil del cacao porque el sistema radical de este cultivo se desarrolla mejor en suelos profundos (INTA, 2010). En las parcelas con cacao de 4 años y con cacao de 6 años se registraron los menores números de lombrices de tierra con 26 y 16 individuos por metro cuadrado, cuyas categorías son 2 y 1, respectivamente. El indicador físico que puede influir en este comportamiento es la textura del suelo en estas parcelas.

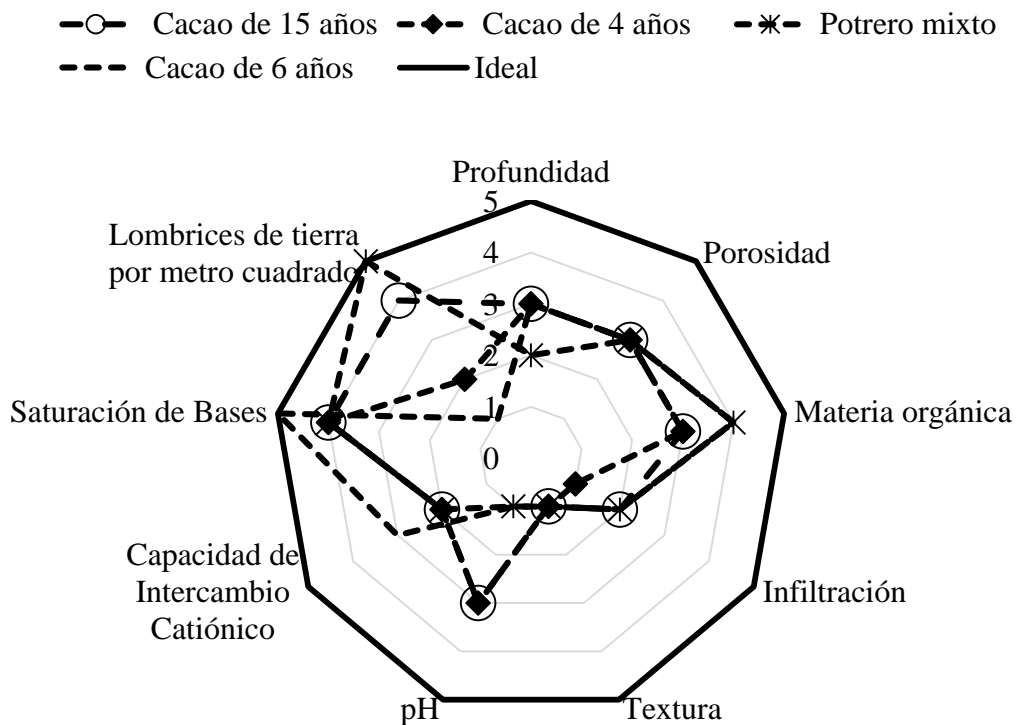


Figura 13. Categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo evaluados en el agroecosistema El Encanto, propietario Carlos José López Lago, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.

Cuando se comparan los resultados de los análisis de suelo de los dos agroecosistemas, claramente se nota (cuadros 10 y 11) que guardan mucha similitud en todas sus propiedades químicas, que es normal si se trata de suelos de la misma serie, pero además de suelos desarrollados bajo las mismas condiciones de clima, las pequeñas diferencias que se puedan observar posiblemente estén influenciadas por el manejo que se les esté dando.

La figura 14 muestra claramente las propiedades físicas en que se diferencian ambos agroecosistemas. El Encanto, producto de la clasificación 1 en la textura, también presenta limitaciones en la porosidad, que a su vez afecta también la capacidad de infiltración de agua y aumenta el riesgo de escorrentía en esos suelos. Las diferencias en los niveles de materia orgánica se atribuyen a que la materia orgánica presente estaba más joven, que provoca una efervescencia mayor en el agroecosistema. Ribó (2003) afirma que el uso de una fertilización



casi exclusivamente química, ha provocado un enorme empobrecimiento de los suelos de cultivos en materia orgánica.

En el agroecosistema Los Laureles se registra un promedio de 107 lombrices de tierra por metro cuadrado, mientras que en el agroecosistema El Encanto 67 lombrices por metro cuadrado, cuyas categorías son 5 y 4, respectivamente. Una mejor porosidad, textura y pH del suelo son los indicadores físicos y químicos que favorecen la abundancia de lombrices de tierra por metro cuadrado, en el agroecosistema Los Laureles (figura 13).

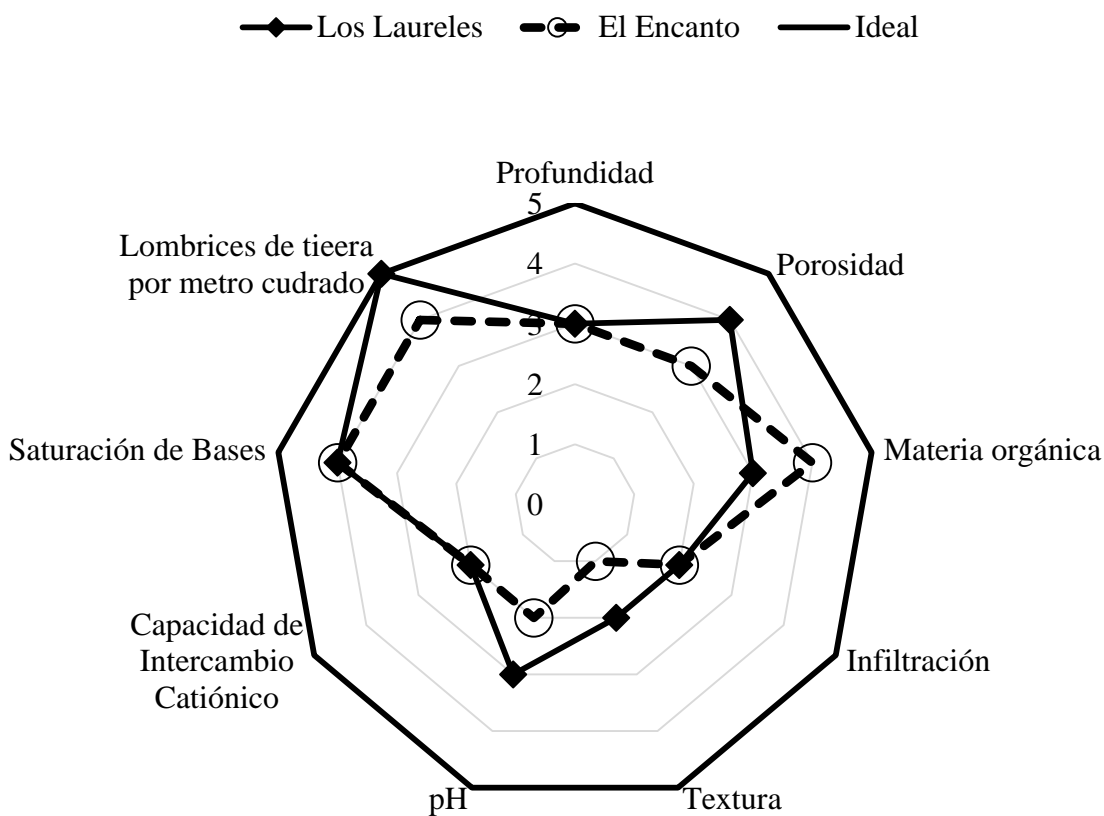


Figura 14. Comparación de las categorías de los parámetros o indicadores de calidad de suelo entre el agroecosistema Los Laureles y el Encanto, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2015-2016.

### **4.3 Caracterización de la diversidad de la flora arbórea, dasométrica y silvicultural, funcionalidad y valor comercial**

En Nicaragua, se han publicados resultados sobre la caracterización de la diversidad de la flora arbórea, dasométrica y silvicultural, y funcionalidad en diferentes zonas agroecológicas y a agroecosistemas con, granos básicos, con ganado bovino y con café, que se gestionan con enfoques o paradigmas diferentes (agroecológico, convencional y mixto), con el propósito de determinar la diversidad alfa, beta y su funcionalidad, así como sus características dasométricas y silviculturales. Estos resultados son reportados por Salazar *et al.*, (2017a, 2017b y 2017c). La caracterización de la flora arbórea y su funcionalidad se llevó a cabo en los sistemas agroforestales con cacao que estaban productivos, cuyas áreas son 3.7 ha en el agroecosistema Los Laureles (cacao de 8 y 15 años) y 2.2 ha en el agroecosistema El Encanto (cacao de 6 y 15 años).

#### **4.3.1 Caracterización de la diversidad alfa de la flora arbórea**

Una forma de evaluar la biodiversidad es mediante las características de la diversidad alfa, que son riqueza, uniformidad, dominancia y equidad. La riqueza se refiere al número de especies de una muestra territorial (Whittaker, 1972). En este estudio, ésta representa las diferentes categorías taxonómicas en un mismo taxón de una muestra territorial. La uniformidad es la forma como están distribuidas las abundancias, frecuencias absolutas o poblaciones de las categorías en el respectivo taxón. La dominancia es la probabilidad de que un organismo pertenezca a la misma categoría del respectivo taxón y la equidad indica que tan homogéneas o proporcionales son las abundancias de las categorías en el respectivo taxón (Magurran, 1989 y Peet, 1974). Para evaluar las características de la diversidad alfa existen distintos indicadores.

Gómez (2008) plantea que los indicadores de biodiversidad son una medida basada en la obtención de datos verificables, que transmiten información del estado actual de un agroecosistema, lo que determinará las acciones a implementar para garantizar la conservación o restitución de la biodiversidad y su uso sostenible. Los indicadores de biodiversidad, pueden evaluar el progreso y el éxito de prácticas implementadas para la detección de problemas emergentes y así diseñar las posibles soluciones en base a datos confiables y verificables.

Salazar *et al.*, (2017a) determinaron, en Diriamba, que en un agroecosistema con granos básicos, con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejo y gestionados

agroecológicamente (El Chipote), las poblaciones de la flora arbórea son mayores, con mayor riqueza, pero menos uniforme, más dominante y menos equitativa. Por el contrario, en Chinandega, en un agroecosistema con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y gestionado agroecológicamente (Santa María), las poblaciones de la flora arbórea son menores, con menor riqueza, menos uniformes, más dominantes y menos equitativas. En Boaco, en agroecosistema con ganado bovino y con diseños y manejos de su biodiversidad complejo y gestionado agroecológicamente (Buena Vista), hay mayor población del arbolado, con mayor riqueza, pero con menos uniformidad, más dominante y menos equitativa (Salazar *et al.*, 2017b). En Matagalpa y Condega, en agroecosistemas con diseños y manejos de su biodiversidad complejo (La Espadilla) y medianamente complejo (Linda Vista), respectivamente, ambos gestionados bajo el paradigma agroecológico, los arbolados son más poblados, con mayor riqueza, más uniforme, menos dominante y más equitativo (Salazar *et al.*, 2017c).

En el agroecosistema Los Laureles se identificaron 185 árboles forestales en los cacaotales productivos, que significa 50 árboles forestales por ha; mientras que en el agroecosistema El Encanto se registraron 125 individuos, que representa 57 árboles forestales por ha. Esta población de árboles forestales por ha en los cacaotales es muy similar a la recomendada por el INTA (2010) que reporta entre 51 y 59 árboles por ha. En ambos agroecosistemas, todos los árboles forestales identificados pertenecen a la clase Magnoliopsida o dicotiledóneas.

En ambos agroecosistemas se identificaron 29 especies forestales, de las cuales siete son primarias, que representa el 24% de las especies identificadas. El restante 74% son especies secundarias o introducidas (cuadro 2a). Las especies primarias son las siguientes: *Brosimum alicastrum* Swartz (Ojoche), *Carapa guianensis* Aubl. (Cedro macho), *Cedrela odorata* L (Cedro Real), *Ceiba pentandra* L. (Ceiba), *Dalbergia tucurensis* J.D.Smith (Granadillo); *Swietenia macrophylla* King. (Caoba) y *Tetragastris panamensis* Engl. (Querosín), pero el Ojoche, el Cedro Real y la Ceiba son de amplia distribución en nuestro país. Este hallazgo demuestra que en esta zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS hay efectos antropogénicos que han perturbado su evolución ecológica para introducir cultivos agroforestales como el cacao con árboles frutales, medicinales y aromáticos (cuadro 1a); y granos básicos, principalmente, maíz y frijol, que se establecen sin laboro del suelo.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre las características de la biodiversidad de riqueza (Alfa = 0), uniformidad (Alfa  $\pm$  1: índice de Shannon-Weaver), dominancia (Alfa es igual a 2: índice Simpson) y equidad (Alfa mayor de 2.2: índice de Berger-Parker) en las categorías taxonómicas de órdenes, familias, géneros y especies (figuras 15, 16 y 17).

En agroecosistema Los Laureles hay menor riqueza de órdenes, cuyas poblaciones son menos uniformes, más dominantes y menos equitativas. Se identifican nueve órdenes. (figura 15). Los órdenes más dominantes son Laminales, Fabales y Sapindales, cuyas probabilidades son 29.2%, 27.6% y 23.2%. En el agroecosistema El Encanto se identificaron 10 órdenes y los más dominantes son Laminales, Sapindales y Fabales con una probabilidad 39.2%, 29.6% y 10.4%, respectivamente.

En el agroecosistema Los Laureles se identificaron un total de 14 familias, 23 géneros y 23 especies forestales, mientras que en el agroecosistema El Encanto 13, 22 y 21 respectivamente, cuya riqueza es superior en el agroecosistema Los Laureles y sus abundancias son más uniformes, menos dominantes y más equitativas (figura 16 y 17) referente a la de El Encanto.

Las familias más dominantes en el agroecosistema Los Laureles son: Boraginaceae, Fabaceae, Meliaceae, Moraceae, Anacardiaceae y Bigniaceae, cuyas probabilidades son 25.4%, 23.8%, 16.8%, 9.2%, 6.5% y 3.8%, respectivamente. En este agroecosistema las especies más dominantes son: *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. (Boraginaceae), *Lonchocarpus minimiflorus* L. & Roussis, (Fabaceae), *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Ficus glabrata* Kunth (Moraceae), *Erythrina berterouana* Urb (Fabaceae), *Spondias mombin* L, (Anacardiaceae), *Tabebuia rosea* Bertol (Bigniaceae), *Albizia niopoide* Spruce ex Benth (Mimosaceae), y *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) con probalidades de 24.9%, 12.7%, 10.6%, 5.3%, 3.7%, 3.7% y 3.2%, respectivamente. Las familias más dominantes en el agroecosistema El Encanto son: Boraginaceae, Anacardiaceae, Fabaceae, Moraceae y Sterculiaceae con probabilidades de 35.7%, 23.0%, 9.5%, 7.9% y 5.6%, respectivamente. Las especies más dominantes en este agroecosistema son: *Cordia alliodora* Ruiz & Pav (Boraginaceae), *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae), *Guazuma ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae), *Brossimum alicastrum* Swartz (Moraceae), *Dalbergia tucurensis* J.D.Smith

(Fabaceae) y *Cecropia peltata* L. (Cecropiaceae), cuyas probabilidades son 35.7%, 21.4%, 5.6%, 5.6%, 4.0% y 3.2%.

INTA (2010) menciona que para el establecimiento de sistemas agroforestales con cacao se deben plantar especies de la familia Boraginaceae y Fabaceae, al igual que los árboles frutales ya que son más eficaces para mejorar la producción. Ambos agroecosistemas poseen una diversidad de familias donde se encuentran especies maderables y frutales. Estas últimas especies no son consideradas en este inventario de la flora arbórea, pero ambas (maderables y frutales) son importantes para el manejo y producción de los agroecosistemas cacaoteros, ya que interactúan y juegan un rol importante dentro del sistema: conservación de suelo y agua, mejoramiento de microclima (radiación solar, temperatura, viento), protección (cortinas rompe vientos, estabilización de taludes), control de malezas (cobertura y exceso de sombra), servicios ambientales (regulación hídrica, fijación de carbono y conservación de biodiversidad).

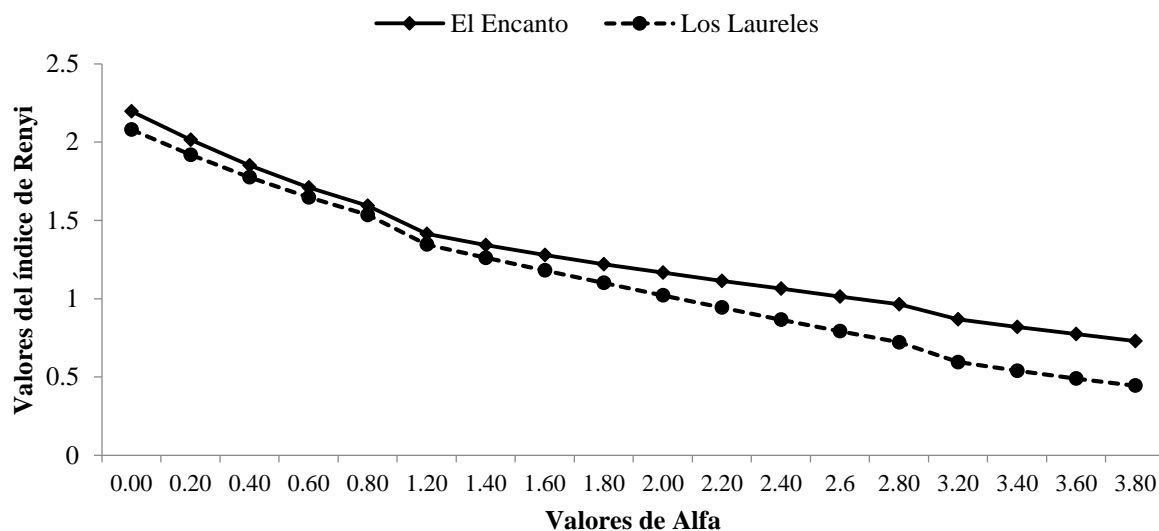


Figura 15. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los órdenes taxonómicos de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

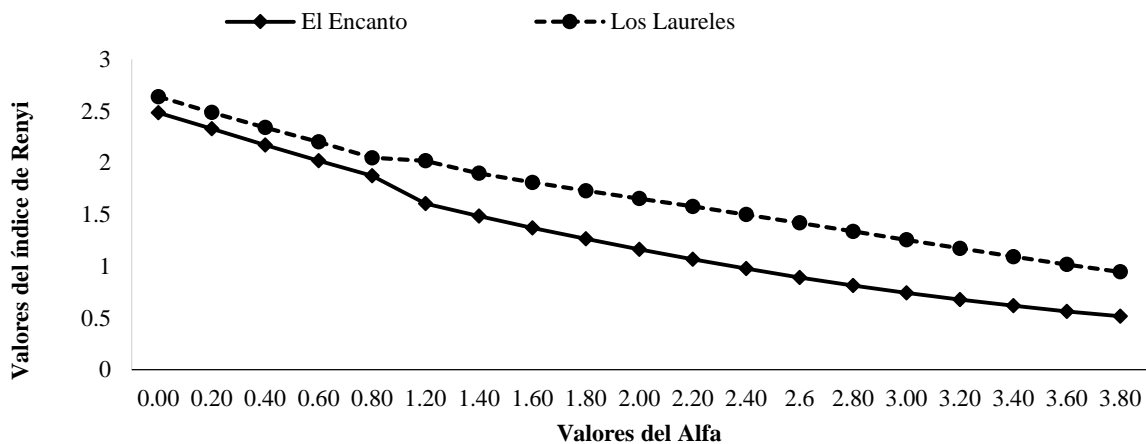


Figura 16. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las familias taxonómicas de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

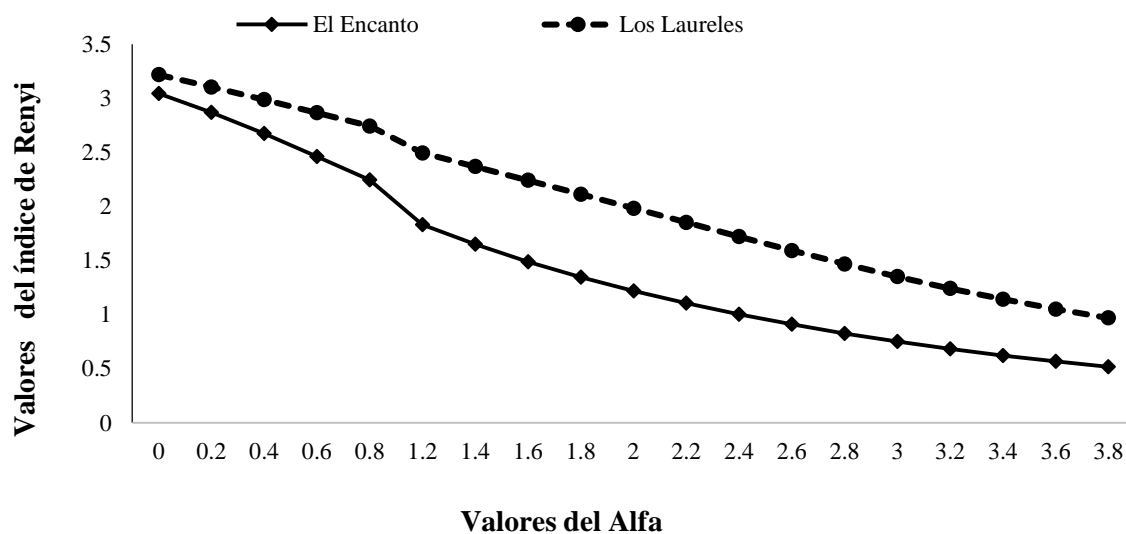


Figura 17. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los géneros y especies taxonómicas de la flora arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

#### 4.3.2 Caracterización de la diversidad beta de la flora arbórea

Otra manera de evaluar la biodiversidad es a través de la diversidad beta, que mide el grado de remplazamiento de especies a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972) y se basa en proporciones o diferencias (Magurran, 1989) mediante datos cualitativos (ausencia/presencia de

categorías taxonómicas) o cuantitativos (abundancia como número de individuos) y determina la distancia ecológica entre dos agroecosistemas.

El índice de disimilitud de Bray Curtis se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente en dos sistemas (Brower y Zar, 1984). El valor máximo esperado y posible es 1.00, un valor cercano a 1 indica que existe una gran probabilidad (alta) de que ambas familias estén asociadas positivamente, mientras que un valor cercano a cero, indicará que existe una gran probabilidad de que ambas especies se asocien de manera negativa (Badii *et al.*, 2008).

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema no tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de los órdenes taxonómicos de la flora arbórea de ambos agroecosistemas (figura 18).

En ambas localidades se identifican siete órdenes taxonómicos comunes de la foresta arbórea. Los órdenes Urticales y Fabales tienen un índice de Bray Curtis de 0.38 y 0.41 respectivamente (figura 18), cuya disimilitud es intermedia. En el agroecosistema los Laureles, sus proporciones poblacionales son 27.6% y 7.0%, respectivamente; mientras que en el agroecosistema el Encanto logran proporciones poblacionales o de abundancia de 10.4% y 2.4%.

Los órdenes Malvales, Laminales, Sapindales, Rosales y Rosidales obtienen índices de disimilitud de 1.0, 0.95, 0.89, 0.84 y 0.80, respectivamente, que significa que su disimilitud es baja, las proporciones de la abundancia de estos ordenes son 3.8%, 29.2%, 23.2%, 4.3% y 1.6 en el agroecosistema Los Laureles, mientras que en el agroecosistema El Encanto tienen 5.6%, 39.2%, 29.6%, 8.8% y 1.6, respectivamente.

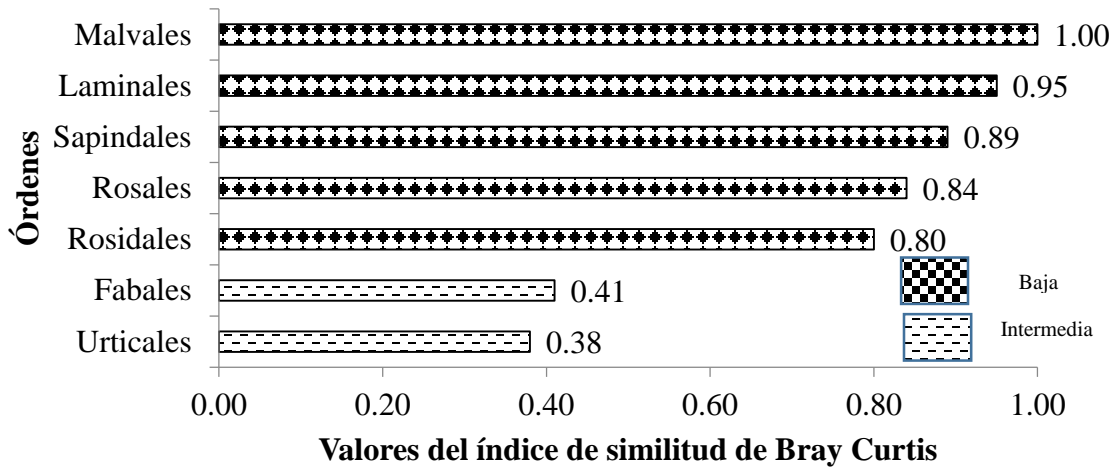


Figura 18. Índice de similitud de Bray Curtis para los órdenes taxonómicos arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

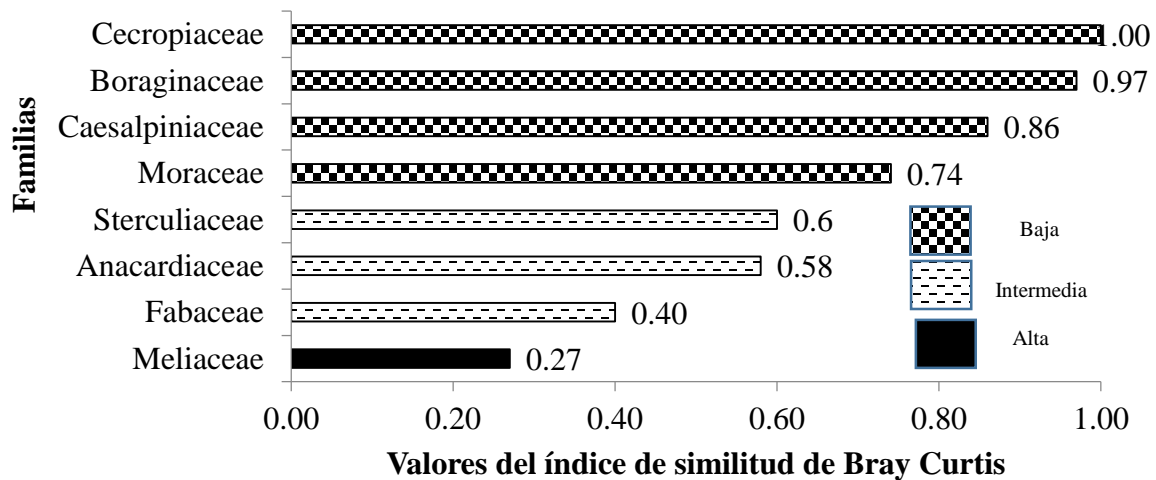


Figura 19. Índice de similitud de Bray Curtis para las familias taxonómicas arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de las familias y especies taxonómicas de la flora arbórea de ambos agroecosistemas (figura 19 y 20). En ambos agroecosistemas se registran ocho familias taxonómicas comunes (figura 19), de las cuales la familia Meliaceae tiene un índice de Bray Curtis de 0.27, que significa una disimilitud alta. En el agroecosistema Los Laureles, la proporción de la abundancia de esta familia es de 16.8% versus



4.0% en el agroecosistema El Encanto. Las familias Moraceae, Cesalpiniaceae, Boraginaceae y Cecropiaceae logran índices de disimilitud de 0.74, 0.86, 0.97 y 1.0, cuya disimilitud es baja. En el agroecosistema El Encanto, sus proporciones de abundancia logran el 8.0%, 2.4%, 36.0% y 3.2%, respectivamente; mientras que el agroecosistema Los Laureles, éstas tienen 9.2%, 2.2%, 25.4% y 2.2%.

En ambos agroecosistemas se identificaron 15 especies taxonómicas comunes (figura 20), de las cuales *Erythrina berteruana* Urb. (Fabaceae), *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Ficus glabrata* Kunth. (Moraceae), *Lonchocarpus minimiflorus* L. & Roussis (Fabaceae) y una desconocida tienen índices de Bray Curtis de 0.18, 0.18, 0.29, 0.29 y 0.33, respectivamente, que expresan que sus disimilitudes son altas. En el agroecosistema Los Laureles, las proporciones de la abundancia de estas familias son 9.0%, 10.6%, 6.3%, 12.7% y 2.6%, mientras que en el agroecosistema El Encanto logran proporciones de 0.8%, 1.6%, 1.6%, 3.2% y 0.8%.

Las especies *Acacia mangium* Willd. (Caesalpiniaceae), *Brossimum alicastrum* Swartz, (Moraceae), *Gliricidia sepium* Jacq. (Fabaceae), *Couratari guianensis* Aubl. (Lecythidaceae), *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. (Boraginaceae), *Castilla elastica* Cerv. (Moraceae), *Morinda panamensi* Seem. (Rubiaceae) y *Cecropia peltata* L. (Cecropiaceae) logran índices de disimilitud de 0.67, 0.73, 0.8, 0.89, 1., 1. Y 1, que manifiesta una disimilitud baja.

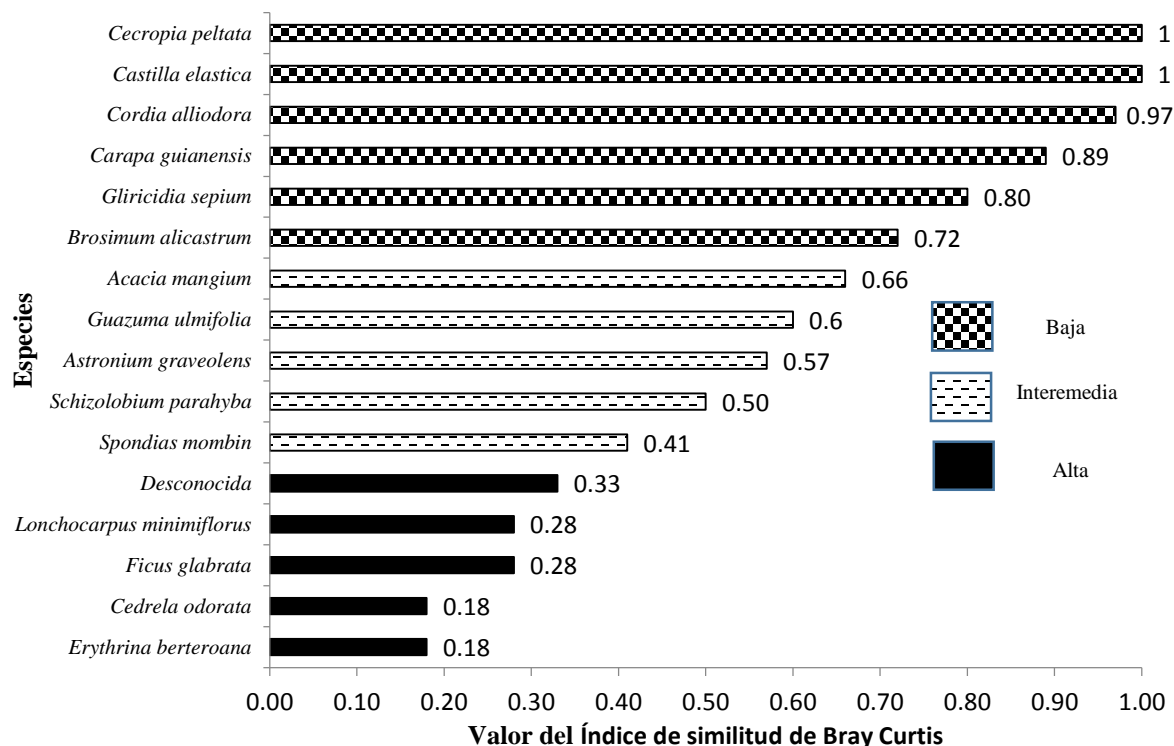


Figura 20. Índice de similitud de Bray Curtis para las especies taxonómicas arbóreas comunes en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

#### 4.3.3 Características dasométricas y silviculturales de la flora arbórea

En la figura 21 se observa la estructura horizontal del arbolado en ambos agroecosistemas. Los árboles maduros y aprovechables están presentes en un bajo número de individuos, que son los superiores a los 40 cm de diámetro. La mayoría son árboles jóvenes y tienen diámetros inferiores a los 39.9 cm. Estos resultados demuestran que es urgente mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles menores a 40 cm de diámetro, priorizando las especies con valor comercial (madera o leña), pero también las especies ecológicas o forrajeras. También expresan que la vegetación primaria ha sido alterada para introducir las plantaciones de cacao bajo sombra.

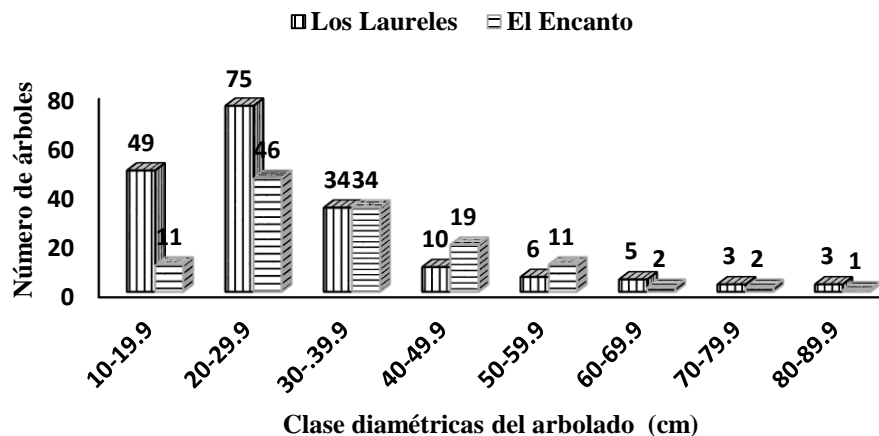


Figura 21. Distribución de las clases diamétricas del componente arbóreo en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.

En la figura 22 se puede observar el comportamiento de la estructura vertical del arbolado que es de forma similar en ambos agroecosistemas, siendo más homogénea la estructura vertical del agroecosistema Los Laureles. Se puede ver que el arbolado con más árboles está desde la clase de 9 metros hasta 27 metros de altura. En el agroecosistema El Encanto la estructura está desordenada. La estructura vertical está dada por el hábito o comportamiento de crecimiento que tienen las diferentes especies forestales, cuando los árboles crecen en grupos o en bosque totalmente cubiertos de árboles, entonces éstos son altos y delgados, aún siendo jóvenes o viejos. Cuando los árboles crecen dispersos generalmente crecen grueso y bajos (achaparrados sean jóvenes o viejos). El otro factor es la especie, la especie puede tener un potencial genético de crecer altos, otras su potencial de que quedas achaparrados, estos aspectos influye en la estructura vertical de los árboles.

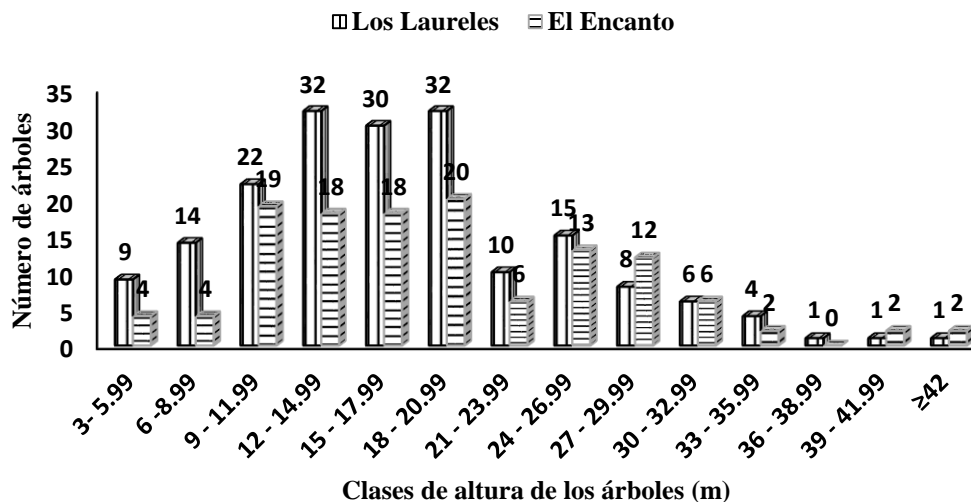


Figura 22. Distribución de las clases de altura del arbolado en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.

La calidad de los fustes del arbolado de los agroecosistemas cacaoteros se muestra en la figura 23. En el agroecosistema Los Laureles y El Encanto en la clase 1 hay 75 y 58 árboles, que son árboles con fustes completamente rectos, sin daños visibles, ni enfermos. En clase 2 se registran 93 y 58 individuos que tienen fuste inclinado con ángulo entre 1 y 45 grados, y en la clase 3, que son árboles con fuste muy inclinado con ángulo mayor de 45 grados existen 20 y 9. En la clase 4 con fuste completamente dañado solo el agroecosistema El Encanto presenta un árbol dañado. En general en los dos agroecosistemas el arbolado está en buenas condiciones de calidad en cuanto a su rectitud y daños, es decir, árboles que van desde sanos y sin daños hasta arbolado levemente curvos y con daños leves.

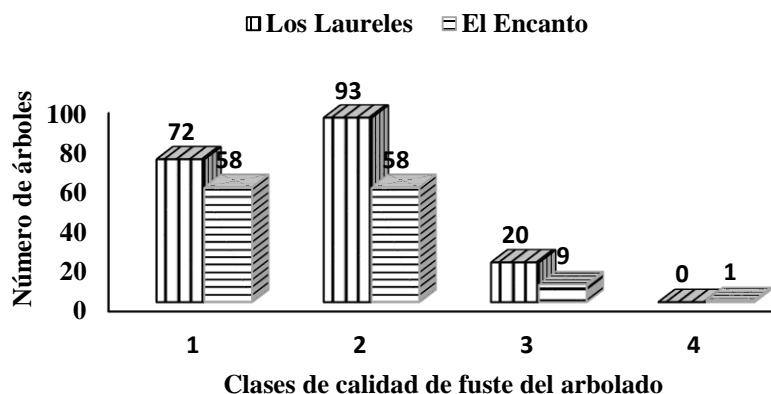


Figura 23. Distribución de la calidad de los fustes de la composición arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.

En la figura 24, se puede ver la distribución del arbolado por tamaño de copa, se observa que el mayor número de árboles son de copa pequeña (54%), la cobertura disminuye a medida que aumenta el tamaño de copa, esta distribución se debe a que, sí los árboles están bastante cerca uno de otro generalmente quedan con copa pequeña y sí, se encuentra más dispersos, el tamaño de la copa aumenta, por tanto cubrirá más terreno. Esto es importante cuando se trata de darle seguimiento al crecimiento de la regeneración natural de un arbolado que es de importancia económica.

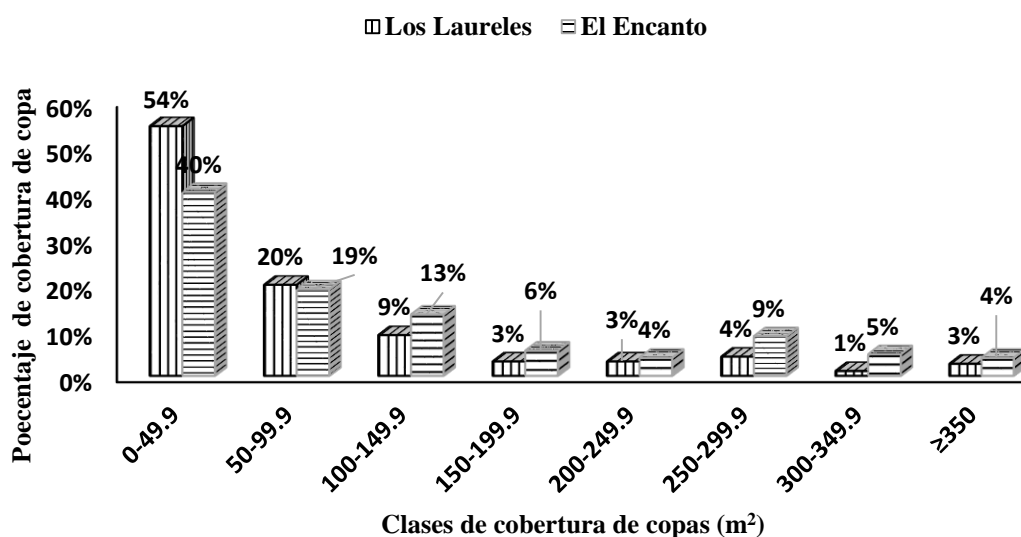


Figura 24. Distribución del arbolado según la cobertura de copa de la composición arbórea en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.

En ambos agroecosistemas están similares en árboles sanos (figura 25), solamente en el agroecosistema Los Laureles presenta mayor número de árboles con daños leves o con alguna rajadura. En ambos agroecosistemas en la clase 3: hay pocos árboles con daño severo o presencia de malezas así también en la clase 4, que son árboles completamente dañado, podridos o con presencia de comején. Para conservar los árboles, mejorar su estética o mejorar su reproducción, se tienen que someter a tiramientos de saneamiento, tanto físicos, como evitar el ataque de plagas o enfermedades, estos se puede hacer por simple inspección de observación a los árboles, por ejemplo en la figura 25 el estado fitosanitario 3 y 4 se pueden eliminar y mejorar los estados 1 y 2, eliminando los defectos o los ataques observados.

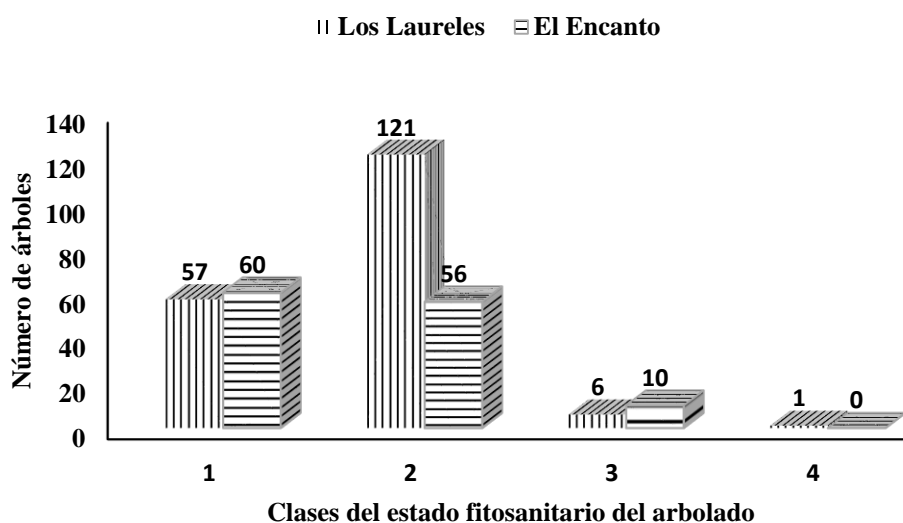


Figura 25. Distribución del comportamiento del estado fitosanitario en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto) en Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua. 2016-2017.

#### 4.3.4 Funcionalidad de las especies taxonómicas del componente arbóreo

MARENA, (2002) ha definido las funcionalidades que pueden desempeñar las plantas arbóreas, las cuales se precisan a continuación: energéticos, industriales, cortina rompe viento, de sombra y alimento para ganado, manejo de bosques para enriquecimiento y de construcción. Mendieta y Rocha, (2007) han adicionado la funcionalidad de cercas vivas. Adicional, a estas funciones, el INTA (2010) determina que los árboles desempeñan funciones ecosistemicas y agronómicas: conservación de suelo y agua, mejoramiento de microclima (radiación solar, temperatura, viento), protección (estabilización

de taludes), control de malezas (cobertura y exceso de sombra), servicios ambientales (regulación hídrica, fijación de carbono, conservación de biodiversidad).

En ambos agroecosistemas con cacao, las poblaciones de las especies arbóreas desempeñan las funciones de: energéticas, industriales y construcción, cercas vivas, cortina rompe viento, de sombra y alimento para ganado y manejo de bosques para enriquecimiento, destacándose las dos primeras funciones y la última, cuyas poblaciones siempre son superiores en ambos agroecosistemas, que oscilan entre 148 y 170 individuos en el agroecosistema Los Laureles, mientras que éstas varían entre 105 y 110 organismos en el agroecosistema El Encanto. (Cuadro 12). Este resultado indica que los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema no ejercen ninguna influencia sobre las funcionalidades de la de la flora arbórea, éstos tienen un efecto bien marcado sobre su población o abundancia. En el agroecosistema, Los Laureles se presentan siempre más poblaciones de las seis categorías funcionales antes descritas, que es resultado de la implementación de un conjunto de prácticas propias del paradigma agroecológico y un agroecosistema medianamente complejo en un área mayor. Las menores poblaciones de estos organismos funcionales, en el agroecosistema, El Encanto, se atribuye a que es poco complejo y su área es menor. En ambos agroecosistemas, las especies más abundantes son *Cedrela odorata* L. y *Cordia alliodora* Ruiz & Pav.

Los árboles energéticos son especies de rápido crecimiento y cuya madera tiene alto valor calorífico (MARENA, 2002). En el agroecosistema Los Laureles se registran 170 árboles, mientras que en el agroecosistema El Encanto 110. En ambos agroecosistemas, las especies más representativas son *Cedrela odorata* L. y *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. La especie *Lonchocarpus minimiflorus* L. & Roussis sobresale únicamente en el agroecosistema Los Laureles.

Los árboles industriales son apreciados por el valor industrial de su madera y sus subproductos como resinas, taninos, etc (MARENA, 2002). En el agroecosistema Los Laureles se identificaron 148 árboles, mientras que en el agroecosistema El Encanto 105. Los árboles para construcción son especies maderables que reúnen características como, excelente trabajabilidad, buena a alta durabilidad natural, buenas propiedades físicas y mecánicas, gran estabilidad dimensional.

Mendieta y Rocha, (2007) definen que los árboles de cercas vivas son los que se utilizan como un cerco vivo, formado de una hilera de árboles para delimitar potreros, áreas de pastos o áreas de cultivo. En el agroecosistema Los Laureles se registran 73 árboles, mientras que en el agroecosistema El Encanto 54. Las especies *Embothrium coccineum* J.R.Forst. y *Ficus glabrata* Kunth logran una mayor población en el agroecosistema Los Laureles, mientras que las especie *Spondias mombin* L. en el agroecosistema El Encanto.

Los árboles de cortina rompe viento forman una cortina que se caracteriza por la formación de una a diez hileras de árboles y arbustos plantados en contra de la dirección del viento, cuya función principal es la protección de los cultivos, pastos, ganado y evitar la erosión eólica (MARENA 2002). En el agroecosistema Los Laureles se registran 17 árboles, mientras que en el agroecosistema El Encanto 5. Las especies *Swietenia macrophylla* King. y *Tabebuia rosea* Bertol. Logran abundancia de 6 y 7 árboles, en el agroecosistema Los Laureles, mientras ésta última tiene una abundancia de 4 individuos, en el agroecosistema El Encanto.

Los árboles de sombra y para alimento del ganado son árboles forrajeros que favorecen la alimentación del ganado y contribuyen a darle mejores condiciones como es la sombra en tiempos calurosos. En el agroecosistema Los Laureles se registran 94 árboles, mientras que en el agroecosistema El Encanto 65. En ambos agroecosistemas, las especies *Cedrela odorata* L y *Cordia alliodora* Ruiz & Pav. Logran la mayor abundancia.

Los árboles de manejo de bosques para su enriquecimiento son especies que sirven al propietario para aprovechar de forma sostenida su bosque. En ambos agroecosistema se destaca la especie *Cordia alliodora* Ruiz & Pav., mientras que las especies *Erythrina berteroana* Urb. y *Lonchocarpus minimiflorus* L. & Roussis en el agroecosistema Los Laureles.



Cuadro 12. Funciones de la flora arbórea maderable según MARENA (2002) en los agroecosistemas agroforestales con cacao Los Laureles (LL) y El Encanto (EE), en el Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016

Nombres científicos	Energía				Industria y construcción				Cercas vivas				Cortinas rompeviento				Sobra y alimento para ganado				Manejo del bosque			
	LL		EE		LL		EE		LL		EE		LL		EE		LL		EE		LL		EE	
	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE
<i>Acacia mangium</i> Willd.	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
<i>Albizia niopoide</i> Spruce ex Benth.	6	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	5	2	-	-
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	7	-	-	-	-	4	7	-	-
<i>Bursera simarouba</i> L.	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carapa guianensis</i> Aubl. *	5	3	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cecropia peltata</i> L.	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-
<i>Cedrela odorata</i> L. *	20	2	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceiba pentandra</i> L.	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav. *	47	45	47	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	45	-	-	-	-	-	47	45	-	-
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dalbergia tucurensis</i> J.D.Smith *	-	5	-	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desconocido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	10	1	-	-	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus glabrata</i> Kunth.	12	2	-	-	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	2	-	-
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	3	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	3	2	-	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	3	7	-	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> L. & Roussis.	24	4	24	4	24	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	4	-	-
<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

Nombres científicos	Energía				Industria y construcción				Cercas vivas		Cortinas rompevientos		Sobra y alimento para ganado		Manejo del bosque	
	LL		EE		LL		EE		LL		EE		LL		EE	
	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE
<i>Shizolobium parahyba</i> Vell.	3	1	3	1	-	-	3	1	-	-	3	1	-	-	3	1
<i>Spondias mombin</i> L.	7	27	7	27	7	27	-	-	-	-	-	-	-	-	7	27
<i>Swietenia macrophylla</i> King. *	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-
<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	7		7		7		7		7		7		-	-	7	
<i>Tabebuia crisantha</i> Bertol.		4		4		4		4		4		4				4
<i>Tetragastris panamensis</i> Engl. *	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>110</b>	<b>148</b>	<b>105</b>	<b>73</b>	<b>54</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>94</b>	<b>65</b>	<b>138</b>	<b>109</b>				

**\*: Especies primarias**

Las funcionalidades de los árboles forestales definidas por MARENA, (2002) corresponden al uso que el agricultor o campesino puede darle a este componente en el agroecosistemas.

Desde el punto de vista ecológico, las funciones de los árboles, en los sistemas agroforestales (SAF) con cacao, es que contribuyen a recuperar la biodiversidad y son una alternativa para reducir la deforestación, combatir la erosión de suelos y rehabilitar praderas degradadas; representan una estrategia valiosa en la conservación de suelos y el mantenimiento de su fertilidad. Los SAF con altas densidades de especies arbóreas incrementan el potencial de fijación de carbono (Anguiano et al., 2013); asimismo, contribuyen a mantener la calidad y cantidad de agua; constituyen un recurso importante en la diversidad vegetal en ecosistemas silvestres (Beer et al., 2004). Dentro del aspecto ecológico, se resalta también la importancia de las cercas vivas, como es el caso del agroecosistema Los Laureles; que, en muchos casos, conectan masas boscosas con áreas fragmentadas y son corredores biológicos donde se desplaza la fauna silvestre, semillas y polen (Palomeque, 2009; De la Ossa-Lacayo, 2013).

Los SAF representan una alternativa de uso de la tierra que proporciona una diversidad de productos agrícolas y forestales (madera, leña, frutos, forraje, medicinas, entre otros) y servicios como: sombra para cultivos y animales, protección (en el caso de cortina rompevientos) y mejoramiento del suelo. Y contribuye, significativamente, en la generación de servicios

ambientales; entre ellos: la diversidad biológica de los agroecosistemas, creando en sus ramas, raíces y hojarasca hábitats para otros organismos (Beer et al., 2004).

La inclusión de árboles maderables y de uso múltiple en los SAF es también una alternativa para impulsar el desarrollo económico y social, incrementándose los beneficios cuando las especies forestales se combinan en sistemas de producción agrícola y ganadera; (López-Sánchez y Musalem, 2007).

Las funciones de las especies arbóreas hacia la sociedad disminuyen los de riesgos; por ejemplo, la susceptibilidad de que algún cultivo pueda ser atacado por plagas o enfermedades disminuyendo el rendimiento, lo cual afectaría al productor; al tener una diversidad de especies. Existe más oportunidad de empleo permanente, además de una producción constante la mayor parte del año. Un ejemplo son los huertos familiares que se practican en diferentes condiciones biofísicas y socio-económicas en varias partes del país, incluyendo el trópico seco de los tres estados en estudio Colima, Jalisco y Nayarit, en México (Gaspar et al., 2005); con esto se asegura la provisión de alimentos, al ofrecer una mejor nutrición por la variedad de cultivos y una mejor salud, al consumir alimentos con menor uso de agroquímicos (De la Cruz, 2009). En los SAF con cacao estudiados, además de las especies forestales identificadas, existían 67 árboles frutales de diferentes especies en el agroecosistema Los Laureles y 128 en el Encanto (cuadro 1a).

Las funciones de los árboles desde el punto de vista económico se obtiene una mayor producción por mejores condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos; por lo tanto, se reduce el uso de fertilizantes, así como una menor dependencia de insumos externos. Con la sombra de los árboles, se disminuye el estrés por las altas temperaturas en los animales, con una mayor producción. Existe una diversidad de productos, entre ellos: madera, leña, forraje, frutos, postes para cercas y productos agropecuarios (De la Cruz, 2009). Lo que permite, al productor, la venta de esos productos y con ello obtener ingresos económicos de forma inmediata. Destaca, también, la importancia de la cobertura arbórea sobre el consumo de follaje y frutos por el ganado, incrementando la producción tanto de leche como de carne (Betancourt et al., 2003; Palma, 2005).

En el agroecosistema los Laureles se registraron 26 árboles que pertenecen a la familia fabacea y 4 en el agroecosistema El Encanto (cuadro 2a). Las leguminosas poseen una característica generalizada que es albergar en sus raíces bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico, asociación que origina los nódulos radicales que presentan. Estas bacterias aportan a la planta el nitrógeno (Llamas *et al* 2016).

*Cedrela odorata* L pertenece a la familia Meliaceae y es restauradora de los suelos, mejora la fertilidad del suelo, recupera terrenos degradado, Se ha empleado esta planta para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera. Y controla la erosión de los suelos. Sirve de refugio y de sombra a especies silvestres y aves, y regulan las condiciones del microclima. En el agroecosistema Los laureles se registraron 20 individuos de esta especie, mientras que en el agroecosistema El Encanto 2 (cuadro 2a).

*Cordia alliodora* Ruiz & Pav. Pertenece a la familia boraginaceae, encontrándose 47 individuos en el agroecosistema Los Laureles y 45 en el agroecosistemas El Encanto (cuadro 2a) restaura los suelos, conservándolos y evitando la erosión, mejorando su fertilidad, aporta buena cobertura de hojarasca que le proporciona un acolchonado al suelo, ayuda al drenaje en suelos con tendencias a inundarse.

[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/16-borag1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/16-borag1m.pdf)

*Erythrina berteroana* Urb pertenece a la familia Fabaceae y proporcionan sombra al cacao. En el agroecosistema Los Laureles se registraron 10 individuos y en el agroecosistema el Encanto 1 (cuadro 2a). Estas protegen a cultivo como café y cacao de las grandes variaciones de temperatura, son especies que por lo general fijan nitrógeno por los residuos de podas y por la descomposición de los nódulos de las raíces después de la poda (Nygren et al. 2012), mejorando la estructura superficial del suelo, disminuye la escorrentía de las aguas de lluvia (Meylan 2012), y disminuye la erosión.

*Ceiba pentandra* L. pertenece a la familia Bombacaceae y existen 3 individuos únicamente en el agroecosistema Los Laureles (cuadro 2a). Esta especie es restaurador de los suelos conservándolo y evitando la erosión mejorando su fertilidad, rehabilita tierras de cultivos pobres o degradados, aporta buena cobertura de hojarasca que le da un acolchonado al suelo. Sirve de

refugio, brinda una amplia sombra a especies silvestres y aves; sirve de barreras rompevientos y de cercas vivas que reducen la velocidad de los vientos, evitan la erosión eólica que regulan las condiciones del microclima ([http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/14-bomba5m.PDF](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/14-bomba5m.PDF)).

*Swietenia macrophylla* King. es una Meliaceae, que restaura los suelos, conservándolos y evitando la erosión, mejorando su fertilidad, aporta buena cobertura de hojarasca que le proporciona un acolchonado al suelo. Sirve de refugio y dan sombra a especies silvestres y aves, evita la erosión eólica que regulan las condiciones del microclima. ([http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/37-melia5m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/37-melia5m.pdf))

#### 4.3.5 Valor comercial de la madera en los agroecosistemas

El precio de la madera en rollo de árboles en pie (provenientes de plantaciones forestales) de especies que se utilizan en la producción energética (leña principalmente) oscila entre US\$10.00 y US\$12.00 (de diez a doce dólares americanos) por metro cúbico, mientras que el precio de la madera en rollo en pie para el procesamiento industrial varía según la especie a cosechar, de esta manera se puede indicar que el valor promedio de la madera de especies comunes y semipreciosas oscila entre US\$40.00 a US\$60.00 (de cuarenta a sesenta dólares americanos) el metro cúbico, y para las especies preciosas (caoba, granadillo, cedro real) el precio promedio alcanza los US\$150.00 (ciento cincuenta dólares americanos) por metro cúbico. (INAFOR, 2001).

En ambos agroecosistemas se puede notar que poseen un capital en especies forestales, entre ellas algunas de valor internacional, que se exportan, como el granadillo (*Dalbergia tucurensis* J.D.Smith), laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav.), cedro real (*Cedrela odorata* L.), ceiba (*Ceiba pentandra* L.), caoba (*Swietenia macrophylla* King.), entre otras.

El agroecosistema Los Laureles posee un capital activo de **9,918.94 USA \$**, que es superior en al del agroecosistema El Encanto en 22.2%. Ambos campesinos disponen de ese capital, pero si lo realizan pueden destruir el cacaotal y afectar negativamente la estabilidad de la cuenca.

Cuadro 13. Nombres científicos de especies forestales, volumen (m<sup>3</sup>) y valor comercial en dólares americanos (\$ USA) en los agroecosistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.) en Los Laureles y El Encanto, Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua 2016.

Nombres científicos	Los Laureles		El Encanto	
	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor en \$ USA	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor en \$ USA
<i>Acacia mangium</i> Willd.	0.32	16.00	1.43	71.44
<i>Albizia niopoides</i> Spruce ex Benth.	23.49	<b>1174.61</b>	-	-
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	2.39	119.27	1088	544.12
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz*	0.91	48.58	-	-
<i>Bursera simarouba</i> L.	-	-	1.65	82.38
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.*	12.48	623.99	13.92	696.02
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	-	-	0.49	24.74
<i>Cecropia peltata</i> L.	-	-	4.61	230.61
<i>Cedrela odorata</i> L.*	14.71	<b>2206.62</b>	<b>6.43</b>	964.45
<i>Ceiba pentandra</i> L.*	32.9	1644.81	-	-
<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav.	30.03	<b>1501.59</b>	<b>52</b>	2600.02
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	-	-	-	-
<i>Dalbergia tucurensis</i> J.D.Smith*	-	-	2.42	363.24
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	0.53	26.38	-	-
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1.22	60.97	-	-
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> L. & Roussis.	20.55	<b>1027.52</b>	<b>4.98</b>	249.08
<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam	-	-	-	-
<i>Shizolobium parahyba</i> Vell.	8.85	442.53	3.7	184.95
<i>Spondias mombin</i> L.	7.41	<b>370.42</b>	<b>39.12</b>	1955.82
<i>Swietenia macrophylla</i> King.*	2.19	<b>328.6</b>	-	-
<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	6.54	<b>327.05</b>	-	-
<i>Tabebuia crysantha</i> Bertol.	-	-	<b>1.17</b>	58.64
<i>Tetragastris panamensis</i> Engl.*	-	-	<b>1.69</b>	84.45-
<b>Total</b>	<b>164.68</b>	<b>9,918.94</b>	<b>144.49</b>	<b>8,109.96</b>

\*: Especies primarias

#### 4.4 Macrofauna del suelo y funcionalidad

En Nicaragua, se han publicados resultados sobre la caracterización de la diversidad alfa y beta, y sobre la funcionalidad de las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en diferentes zonas agroecológicas y agroecosistemas con granos básicos, con ganado bovino y con café (Rodríguez *et al.*, 2017d, 2017e y 2017f), que se gestionan con enfoques o paradigmas diferentes (agroecológico, convencional y mixto). Rodríguez *et al.*, (2017a, 2017b y 2017c) determinaron que la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas arriba descritos son diferentes. En la zona del pacífico los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas con granos básicos pueden ser poco complejo, medianamente complejo y complejo, por ser éstos de agricultura familiar, a pequeña escala con diferentes grados de diversificación. En Boaco, en la zona de transición intermedia y un periodo lluvioso de ocho meses, en agroecosistemas con ganado bovino, a mediana escala, los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo y complejo, mientras que Matagalpa y Condega, en la zona de transición alta y un periodo lluvioso de ocho meses, en agroecosistemas con café, a pequeña y mediana escala, los diseños y manejos de la biodiversidad pueden ser poco complejo, medianamente complejo y complejo, debido a que éste es un sistema agroforestal. Los agroecosistemas con cacao a evaluar son agroforestales y se localizan en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS, en el trópico húmedo de Nicaragua, con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo y medianamente complejo (figura 7).

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre las poblaciones de la macrofauna edáfica. En el agroecosistema Los Laureles, que se gestiona bajo el paradigma agroecológico y con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejo, presenta una mayor población de macrofauna edáfica con 315 organismos (cuadro 14), que es superior en 96.8% a las registrada en el agroecosistema El Encanto. En este último agroecosistema se contabiliza un total de 160 individuos, cuya drástica reducción es el resultado de diseños y manejos de la biodiversidad poco complejo; de la ausencia de superficies con prácticas de manejo de suelo anti erosivas, que incrementan, las pérdidas de materia orgánica y de suelo, en el agroecosistema; y la aplicación de agrotóxicos. Este último elemento es propio de la producción de alimentos bajo el enfoque convencional.

Cuadro 14. Clases y órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica en dos agroecosistema con cacao (Los Laureles y El Encanto) El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016

Clases*	Órdenes	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad (%)	El Encanto	Probabilidad (%)
Arachnida	Araneae (Arac)	10	3.17	5	3.13
	Opiliones (Arac)	1	0.32	0	0.00
	Scorpiones (Arac)	1	0.32	0	0.00
<b>Subtotal Arac</b>		<b>12</b>	<b>3.81</b>	<b>5</b>	<b>3.13</b>
Clitellata	Haplotaxida (Clit)	134	42.54	84	52.50
<b>Subtotal Clit</b>		<b>134</b>	<b>42.54</b>	<b>84</b>	<b>52.50</b>
Diplopoda	Julida (Dipl)	33	10.48	16	10.00
	Polydesmida (Dipl)	8	2.54	2	1.25
<b>Subtotal Dipl</b>		<b>41</b>	<b>13.02</b>	<b>18</b>	<b>11.25</b>
Gastropoda	Pulmonata (Gast)	34	10.79	13	8.13
<b>Subtotal Gast</b>		<b>34</b>	<b>10.79</b>	<b>13</b>	<b>8.13</b>
Insecta	Blattodea (Inse)	27	8.57	10	6.25
	Coleoptera (Inse)	39	12.38	8	5.00
	Diptera (Inse)	5	1.59	3	1.88
	Hemiptera (Inse)	1	0.32	5	3.13
	Hymenoptera (Inse)	13	4.13	9	5.63
	Lepidoptera (Inse)	2	0.63	3	1.88
	Orthoptera (Inse)	5	1.59	1	0.63
	<b>Subtotal Inse</b>		<b>92</b>	<b>29.21</b>	<b>39</b>
Malacostraca (Mala)	Isopoda (Mala)	2	0.63	1	0.63
<b>Subtotal Mala</b>		<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>1</b>	<b>0.63</b>
<b>Total</b>		<b>315</b>	<b>100.00</b>	<b>160</b>	<b>100.00</b>

\*: Clase Arachnida: Arac, clase Clitellata: Clit, clase Diplopoda: Dipl, clase Gastropoda: Gast, clase Insecta: Inse y clase Malacostraca: Mala.



#### 4.4.1 Caracterización de la diversidad alfa de la macrofauna del suelo

En agroecosistemas con granos básicos, gestionados bajo el paradigma agroecológico y con diseños y manejos de la biodiversidad poco complejo (Santa María) y medianamente complejo (El Chipote), las poblaciones de las familias de la macrofauna son más uniformes, menos dominantes y más equitativas, pero no siempre con más riqueza (Rodríguez *et al.*, 2017d). En agroecosistemas con ganado bovino gestionados bajo el paradigma agroecológico y con diseños y manejos de la biodiversidad complejo (Buena Vista) existe una mayor riqueza de las familias de la macrofauna edáfica, cuyas poblaciones son menos uniformes, más dominantes y más equitativas (Rodríguez *et al.*, 2017e). Rodríguez *et al.*, (2017f) reportan que en agroecosistemas con café gestionados bajo el paradigma agroecológico y con diseños y manejos de la biodiversidad medianamente complejo y complejo (Linda Vista y La Espadilla) hay una mayor riqueza de las familias de la macrofauna edáfica, cuyas abundancias, frecuencias o poblaciones son más uniformes, menos dominantes y más equitativas.

En los agroecosistemas agroforestal con cacao, los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema no influyen sobre la riqueza de las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica. En ambos agroecosistemas, Los Laureles y El Encanto, ésta se refleja en el alfa 0 (figura 26) y se registra la misma riqueza de clases taxonómicas con seis (cuadro 14): Éstas son: Arachnida, Clitellata, Diplopoda, Gastropoda, Insecta y Malacostraca.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre las características de las poblaciones de las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica (figura 26). En el agroecosistema Los Laureles, que se gestiona bajo el paradigma agroecológico, las poblaciones de las clases taxonómicas de la macrofauna del suelo tienen mejor uniformidad ( $\text{Alfa} \pm 1$ : índice de Shannon-Wiener), menor dominancia (Alfa es igual a 2: índice Simpson) y mejor equidad (Alfa mayor de 2.2: índice de Berger-Parker). En ambos agroecosistemas, las clases taxonómicas Clitellata e Insecta son las más dominantes, con una probabilidad de 42.54% y 29.21% en el agroecosistema Los Laureles y con 52.5% y 24.38% en el agroecosistema El Encanto (cuadro 14 y cuadr 3a).

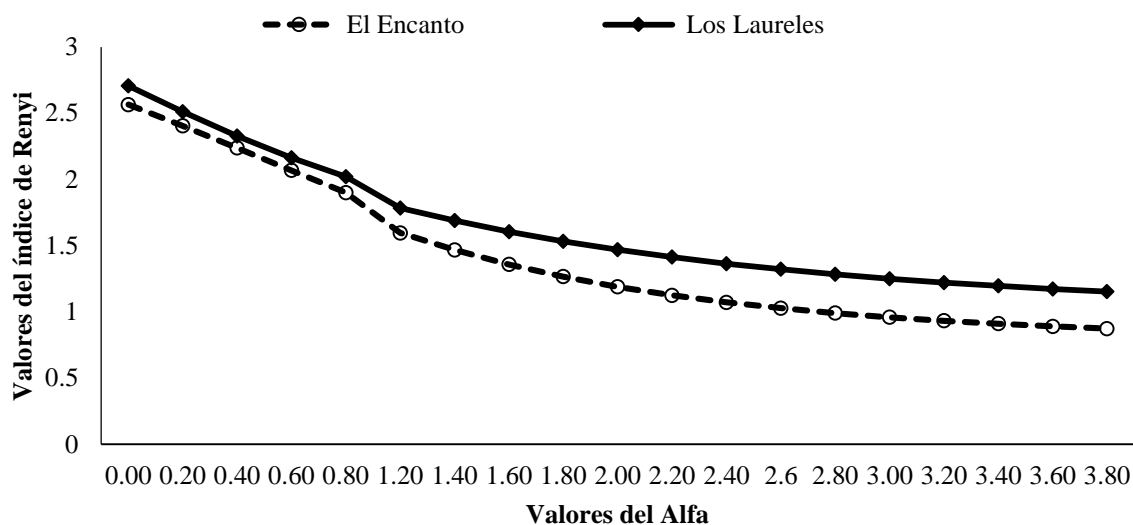


Figura 26. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre las características de la diversidad alfa a nivel de órdenes y familias taxonómicas de la macrofauna del suelo (figura 27 y 28).

En el agroecosistema Los Laureles existe mayor riqueza de órdenes taxonómicos, que está representada por 15 órdenes, mientras que en el agroecosistema El Encanto, su riqueza es menor con 13 órdenes taxonómicos (cuadro 14 y 3a). Las poblaciones de los órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica, en el agroecosistema El Encanto, son menos uniformes, más dominantes y menos equitativas (figura 27). En ambos agroecosistemas, los órdenes más dominantes son Blattodea, Coleptera, Haplotaxida, Hymenoptera, Julida y Pulmonata con una probabilidad de 8.57%, 12.38%, 42.5%, 4.13%, 10.48% y 10.79% en el agroecosistema Los Laureles y con 6.25%, 5.0%, 52.5%, 5.63%, 10.0% y 8.13% en el agroecosistema El Encanto (cuadro 14), respectivamente.

En el agroecosistema El Encanto hay una menor riqueza de familias taxonómicas y consta de 23 familias, mientras que en el agroecosistema Los Laureles la riqueza de este taxón es mayor y está conformada por 28 familias (cuadros 3a). Las poblaciones de las familias taxonómicas del agroecosistema El Encanto son menos uniformes, más dominantes y menos equitativas. En

este agroecosistema, las familias más dominantes son Lumbricidae con 52.5% de probabilidad, que pertenecen al orden Haplotaxida, clase Clitellata; Julidae con una probabilidad de 10.0%, que pertenece al orden Julida, clase Diplopoda; y Ampullariidae con 8.12% de probabilidad, que pertenecen al orden Pulmonata, clase Gastropoda. También, estas familias taxonómicas son dominantes en el agroecosistema Los Laureles, cuyas probabilidades de 42.5%, 10.8% y 10.5%, respectivamente (cuadro 3a).

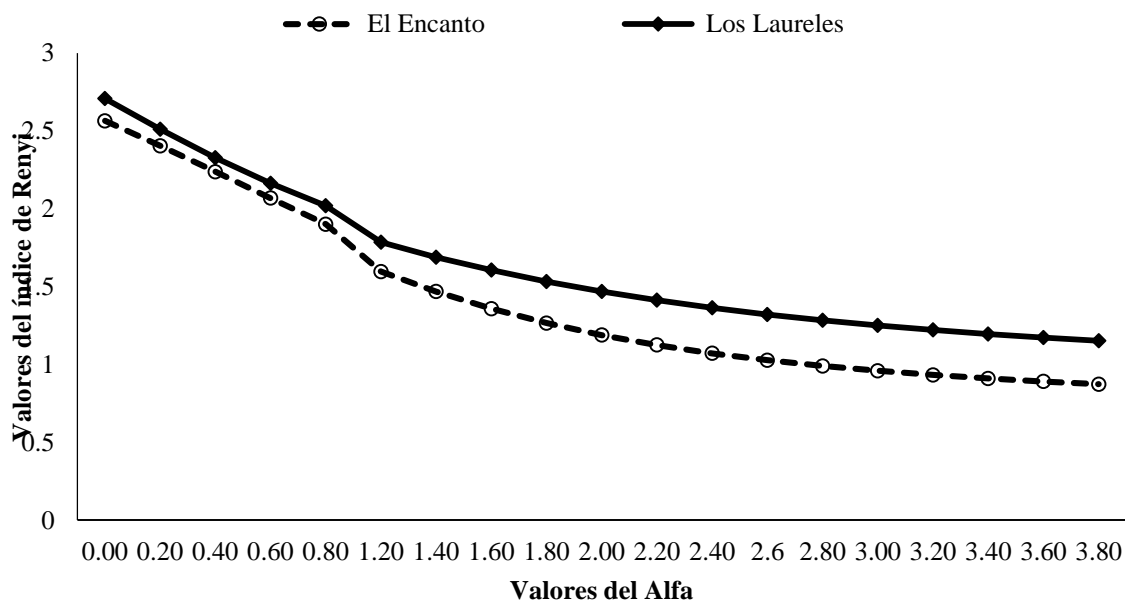


Figura 27. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para los órdenes taxonómicos de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

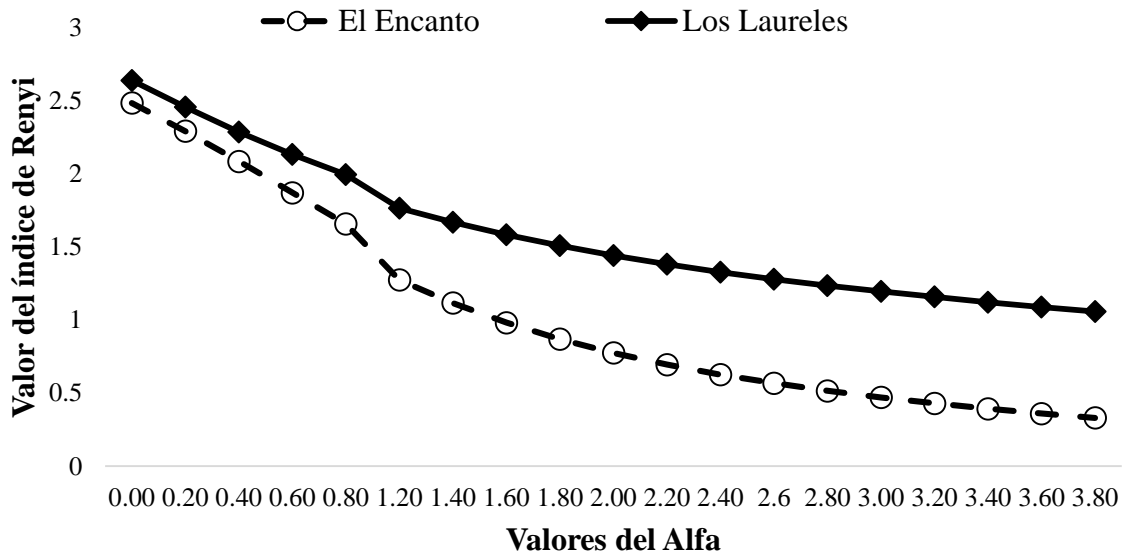


Figura 28. Índice de biodiversidad alfa (Renyi) para las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016.

#### 4.4.2 Caracterización de la diversidad beta de la macrofauna edáfica

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema no tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de las clases taxonómicas de la macrofauna del suelo (figura 29). Las clases Clitellata y Malacostraca tienen una disimilitud baja con valores de 0.77 y 0.67, que significa que ambos agroecosistemas comparten una proporción similar de sus poblaciones o abundancia de estos organismos. Las restantes cuatro clases taxonómicas de la macrofauna del suelo tienen un índice de disimilitud medio que oscila entre 0.55 y 0.61, que expresa que ambos agroecosistemas comparten una proporción intermedia referente a las poblaciones de su macrofauna edáfica.

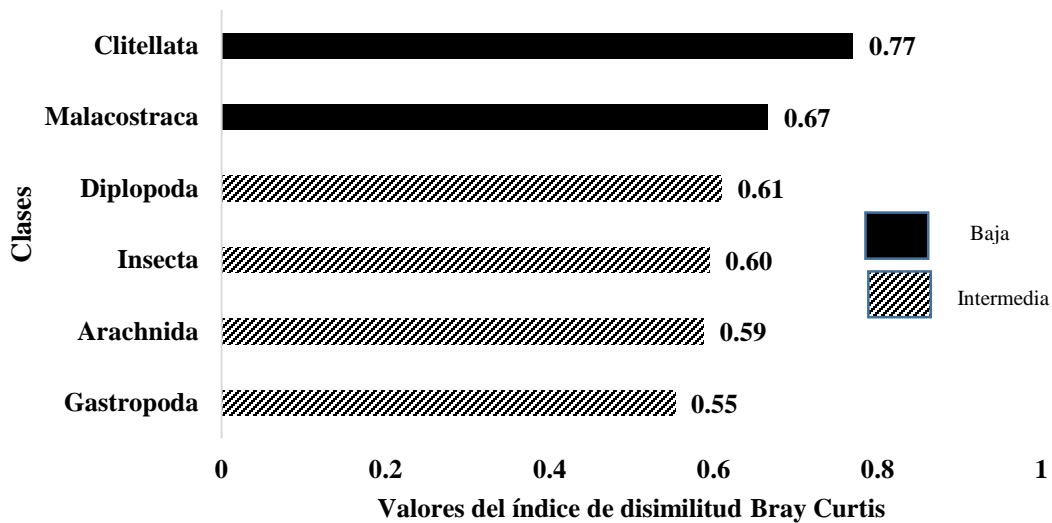


Figura 29. Índice de disimilitud Bray Curtis para las clases taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de los órdenes taxonómicos de la macrofauna del suelo (figura 30). Los órdenes Coleoptera, Orthoptera y Hemiptera obtienen índices de Bray Curtis de 0.33 y 0.34, que significa una disimilitud alta y que sus poblaciones son favorecidas en el agroecosistemas en el que estén en una mejor proporción. Únicamente, las poblaciones del último orden se fomentan en el agroecosistema El Encanto. Los órdenes Hymenoptera, Lepidoptera, Haplotaxida, Diptera, Isopoda y Araneae logran una disimilitud baja, cuyos índices oscilan entre 0.67 y 0.82, que les permiten garantizar proporciones de su población muy similar en ambos agroecosistemas.

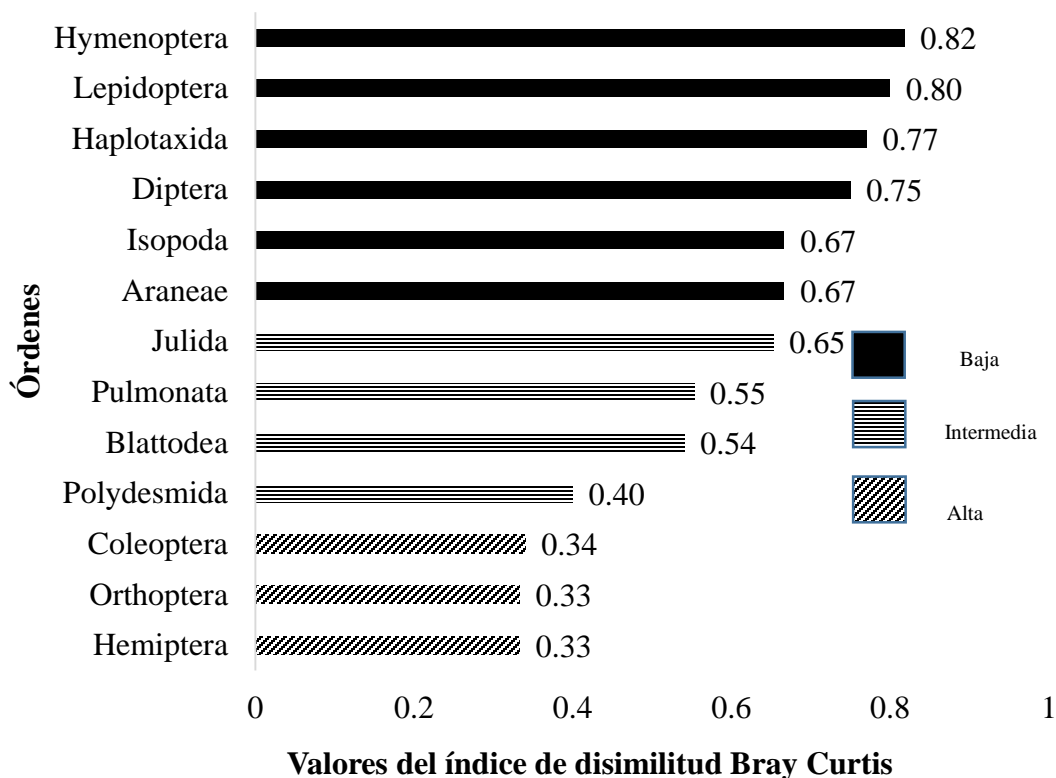


Figura 30. Índice de disimilitud Bray Curtis para las órdenes taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de las familias taxonómicas de la macrofauna del suelo (figura 31). La familia Scarabaeidae obtiene un índice de 0.18, que significa una disimilitud alta y la proporción de su población se desfavorece en el agroecosistemas El Encanto, en el que hace uso exclusivo de agrotóxicos sintéticos. Las familias Torymidae, Noctuidae, Porcellionidae, Elateridae, Blattellidae, Agelenidae, Passalidae, Lumbricidae y Syrphidae se presentan con una disimilitud baja, cuyos índices varían entre 0.67 y 1.

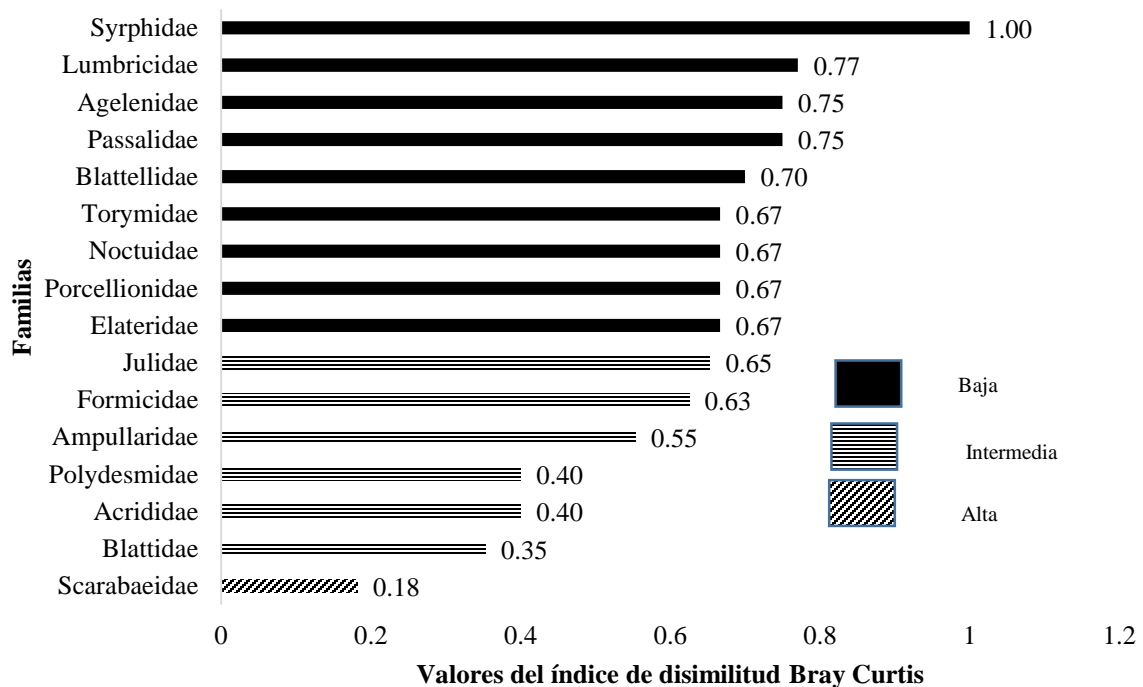


Figura 31. Índice de disimilitud Bray Curtis para las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna, RACCN, Nicaragua, 2016.

#### 4.4.3 Funcionalidad de las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica

Rodríguez *et al.*, (2017f) reportan que las funciones que desempeñan las familias taxonómicas de la macrofauna edáfica en agroecosistemas con café en San Ramón, Matagalpa son detritivas, fitófagas, depredadoras y omnívoras, cuyas poblaciones de las primeras tres categorías funcionales dependieron de los diseños y manejos de la biodiversidad, éstas fueron mayores en la finca que se gestiona bajo el paradigma agroecológico (La Espadilla). En Condega, Estelí, en agroecosistemas con café, constataron que el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en agroecosistemas con café influyó sobre las poblaciones de las familias taxonómicas que se comportan como detritívoros, fitófagos, depredadores y microvívoros, siendo éstas superiores en el agroecosistema que se gestiona bajo el paradigma agroecológico y con diseños y manejos de la biodiversidad complejo (Linda Vista). En Diriamba, Carazo, en agroecosistemas con granos básicos, el grado de complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con que se gestiona el agroecosistema, no siempre influyeron

sobre las poblaciones de las familias taxonómicas que se comportaron como depredadores, detritívoros, fitófagos, hematófagos y omnívoros (Rodríguez *et al.*, 2017d). En Chinandega, en agroecosistemas con granos básicos, solamente el agroecosistema que se gestiona bajo el paradigma agroecológico (Santa María), influyó sobre las poblaciones de las familias taxonómicas de la macrofauna del suelo que se comportan como fitófagos y depredadores. En esta misma localidad estos autores reportaron menores poblaciones de familias taxonómicas de la macrofauna edáfica que se desempeñan como detritívoros, hematófagos y saprófitos. En Las Lagunas, Boaco, en agroecosistemas con ganado bovino, los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con que se gestiona el agroecosistema influyó sobre las poblaciones de las familias taxonómicas, que desempeñan las funciones de depredadores, herbívoros o fitófagos, detritívoros, omnívoros y parásitos. Las mayores poblaciones de estos grupos funcionales se registraron en el agroecosistema Buena Vista, con diseños y manejos de su biodiversidad complejo y se gestiona agroecológicamente (Rodríguez *et al.*, 2017e).

La macrofauna edáfica está integrada por organismos pequeños que habitan en el suelo, fácilmente detectables, entre los que se encuentran las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas, los milpiés, las cochinillas, las arañas, los ciempiés y otros. Ellos realizan importantes procesos y servicios ecosistémicos como son el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la conservación de la estructura del terreno, lo que garantiza la calidad y fertilidad del medio edáfico en sistemas naturales, agrícolas y forestales (Cabrera, 2014).

En ambos agroecosistemas con cacao, las poblaciones de las familias de la macrofauna edáfica desempeñan las funciones de: detritívoros, omnívoros, fitófagos, depredadores y microvívoros, destacándose las dos primeras funciones y la última, cuyas poblaciones siempre son superiores en ambos agroecosistemas, que oscilan entre 190 y 176 individuos en el agroecosistema Los Laureles, mientras que éstas varían entre 100 y 110 organismos en el agroecosistema El Encanto. (Cuadro 15). Este resultado indica que los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema no ejercen ninguna influencia sobre las funcionalidades de la macrofauna del suelo, éstos tienen un efecto bien marcado sobre sus poblaciones. En el agroecosistema, Los Laureles se presentan siempre más poblaciones de las cinco categorías funcionales antes descritas, que es resultado de la implementación de un conjunto de prácticas propias del paradigma agroecológico y un agroecosistema medianamente complejo. Las menores poblaciones de estos organismos funcionales, en el agroecosistema, El Encanto, se



atribuye a que es poco complejo, a la ausencia de prácticas de manejo de suelo antierosivas y por la aplicación de agrotóxicos sintéticos, características de un enfoque de producción de agroecosistemas convencionales.

El grupo funcional de los detritívoros 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 (Cabrera, 2014).

En el agroecosistema Los Laureles se contabilizan 190 individuos que desempeñan la funcionalidad de detritívoros, mientras que en el agroecosistema El Encanto un total de 110 organismos (cuadro 15). En ambos agroecosistemas, las principales familias que desempeñan esta función son Lumbricidae, Scarabaeidae y Blatellidae, cuyas poblaciones son 134, 30 y 13 en el agroecosistema Los Laureles, mientras que éstas logran poblaciones de 84, 3 y 7 organismos, respectivamente, en el agroecosistema El Encanto (cuadro 15). Estas mismas familias taxonómicas de macrofauna del suelo desempeñan otras funciones en ambos agroecosistemas.

Los organismos fitófagos son aquellas especies que se alimentan de la partes vivas de las plantas, los que en altas poblaciones son considerados plagas por causar daños a los cultivos y han representado enormes gastos anuales por los agricultores para controlarlos o eliminarlos (Romero, 2013). En el agroecosistema Los Laureles, existen 38 organismos fitófagos, mientras que en el agroecosistema El Encanto 20 (cuadro 15). En ambos agroecosistemas, las familias más representativas que se desempeñan como fitófagas son las Scarabaeidae y Polydesmidae. La primera tiene 30 individuos en el agroecosistema Los Laureles y 3 en el agroecosistema El Encanto. La mayor población de estos organismos, en el agroecosistema, Los Laureles, se debe a que el agricultor utiliza insecticidas naturales que permiten un mejor manejo de esta población. El manejo agroecológico de plagas consiste en la utilización de técnicas de manejo que apuntan a restaurar el equilibrio biológico con base en la diversidad intra e interespecífica de plantas y con la estimulación de enemigos naturales depredadores, parásitos y antagonistas (Altieri y Nicholls, 2000).

La segunda familia representativa de este grupo funcional está constituida por dos y ocho organismos en el agroecosistema Los Laureles y en El Encanto, respectivamente. Esta familia engloba muchas especies de mil pies, que pertenecen al orden Polydesmida y a la clase Diplopoda. La mayoría de los milpiés son detritívoros de movimiento lento que se alimentan de hojas en descomposición y otra materia vegetal muerta. Algunos comen hongos o chupan fluidos vegetales y una pequeña minoría son depredadores. Generalmente son inofensivos para los seres humanos, aunque algunos pueden convertirse en plagas domésticas o de jardín, especialmente en invernaderos, donde pueden causar daños importantes a las plántulas.

Los depredadores son organismos que se alimentan de otros individuos vivos (presas) y en los ecosistemas son considerados enemigos naturales, si ellos están presentes en agroecosistemas son importantes para regular poblaciones de organismos nocivos. Son de vital importancia para el control biológico natural, pero al aumentar sus poblaciones se presentan como plagas perjudicando a los cultivos. Las poblaciones de insectos pueden ser estabilizadas al construir arquitecturas vegetales que sustenten enemigos naturales o indirectamente inhiban el ataque de las plagas. De este modo las mezclas de cultivos pueden servir para suplir las necesidades y inferencias de los agricultores locales y al mismo tiempo, aumentar la calidad del medio ambiente (Root, 1973).

Los depredadores están representados, en el agroecosistema los Laureles, con 95 individuos, mientras que éstos tienen 42 organismos en el agroecosistema El Encanto (cuadro 15). En ambos agroecosistemas las familias más representativas son Agelenidae, Formicidae, Julidae y Scarabaeidae, cuyas poblaciones logran 3, 11, 33 y 30 individuos, respectivamente, en el agroecosistema Los Laureles. En el agroecosistema El Encanto, estas familias obtienen poblaciones de 5, 5, 16 y 3 organismos, respectivamente.

En la familia de la Agelenidae están las arañas cazadoras directas que no hacen telaraña, que por ser depredadoras generalista juegan un rol importante en el control natural de organismos o plagas fitófagas. Además, existe la posibilidad de una significativa interacción entre las arañas con otros grupos de artrópodos depredadores, como los carábidos, constituyéndose un efecto sinérgico (no aditivo) de los depredadores de una comunidad, y que conjuntamente reducirían el impacto de las plagas. La familia Julidae pertenece al orden Julida, clase Diplopoda, en la que encuentran diversas especies de milpiés, que puede ser plagas en el agroecosistema si hay una gran población de estos organismos (Spelda, 2015). Los Scarabaeidae se pueden alimentar de

las excretas de los omnívoros y de la vegetación senescente (hojarasca). Las especies de esta familia se pueden dividir en dos grupos: saprófitos y coprófagos (Nichols *et al.*, 2008). Los saprófagos se alimentan de material vegetal muerto y en descomposición que incluye hojarasca, frutas, flores en descomposición y compost. Según Stebnicka (2001) los saprófagos duros se alimentan de sustancias orgánicas duras: madera muerta, hojarasca; mientras que los saprófagos débiles utilizan los contenidos líquidos y semilíquidos de la vegetación en descomposición: jugos vegetales sustancias albuminoides disueltos y albuminas del humus en descomposición. Los coprófagos se alimentan de fracciones de excretas de herbívoros mayores y se encuentran en todo tipo de descomposiciones. A través, de la manipulación de las excretas durante el proceso de alimentación, éstos insectos realizan funciones vitales en los agroecosistemas: dispersión de semillas, reciclaje de nutrientes, supresión de parásitos, control de enfermedades y fertilizar el suelo (Crespo, 2013).

Los omnívoros, en el ámbito ecológico, se alimentan de cualquier tipo de restos, aunque demuestran una especial tendencia hacia materiales con fécula, sustancias dulces y productos cárnicos, aunque también pueden comer muchos otros materiales, y por supuesto, especímenes de su misma especie. Contribuyen a que los procesos de degradación de la materia orgánica sean efectivos, porque ayudan como indicadores ecoclimáticos, de humedad y de cantidad de luz presente en el sistema (Arango & Agudelo, s.f). Estos organismos transforman la materia orgánica por su interacción con algunos microorganismos. Influyen en el proceso de agregación y formación de la estructura del suelo gracias al aporte de sus heces fecales, que son el producto de la mezcla en sus intestinos de material mineral (arena y arcilla) y orgánico del suelo, constituyendo reservorios de nutrientes (Cabrera, 2014).

Los organismos omnívoros tienen mayor presencia en el agroecosistema medianamente complejo (Los Laureles) con 176 individuos. Las poblaciones de estos organismos en el agroecosistema poco complejo (El Encanto) alcanzan los 100 individuos (cuadro 15). En ambos agroecosistemas, las familias más representativas son Blatellidae, Blattidae, Formicidae y Lumbricidae con 13, 14, 11 y 134 individuos en el agroecosistema Los Laureles. Las poblaciones de estas familias, en el agroecosistema El Encanto, logran 7, 3, 5 y 84 organismos, respectivamente. En la primera y segunda familia se encuentran las cucarachas, cutías o baratas, que son insectos gregario y desde el punto de vista ontogénico, son heterometábolos, es decir que pasan por los estadios de huevo, ninfa e imago y paurometábolos, porque las formas

inmaduras y los adultos comparten el alimento y el hábitat (Torres, 2015). La familia Formicidae pertenece al orden Hymenoptera, en la cual están las hormigas, que con su intensa actividad subterránea ocasionan un fuerte impacto en el suelo, como producto de las actividades que llevan a cabo como el desmenuzado, mezcla y aireación. (Klots y Klots, 1961).

La familia de las Lumbricidae pertenece al orden Haplotaxida, en la que se encuentran las lombrices de tierra, y donde son abundantes pueden procesar a través de sus cuerpos hasta 250 toneladas del suelo al año por hectárea. Este inmenso trabajo influye de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y otorga a estos organismos un papel crucial en la modificación de la estructura del suelo, en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes, que tiene a su vez efectos muy importantes sobre las comunidades vegetales que viven por encima de la superficie del suelo. Las lombrices de tierra son verdaderos aceleradores de los procesos de descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes a través de sus relaciones con las comunidades microbianas del suelo (Domínguez *et al.*, 2009).

Los microvívoros son organismos de tamaño medio, con una anchura corporal entre 0,2 y 10 mm, son muy diversos taxonómicamente (incluyendo muchos anélidos, insectos, crustáceos, miriápodos, arácnidos y otros artrópodos) que funcionan como transformadores del material vegetal. Todos estos organismos ocupan varios niveles tróficos, de forma que algunos se alimentan fundamentalmente de microbios y otros de una mezcla de materia orgánica y microbios (microbi-detritívoros) (Domínguez *et al.*, 2009). Estos organismos están presentes en ambos agroecosistemas, con 179 individuos en el agroecosistema los Laureles y 102 organismos en el agroecosistema El Encanto (cuadro 15). En ambos agroecosistemas, las familias más abundantes son Ampullariidae, Formicidae y Lumbricidae con 34, 11 y 134 individuos, respectivamente, en el agroecosistema Los Laureles y en el agroecosistema El Encanto con 13, 5 y 84 organismo. Las mayores poblaciones de estas familias en el agroecosistema Los Laureles, se atribuye a que el campesino no aplica agrotóxicos sintéticos, fertiliza con abonos orgánicos que viene a mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos, siendo un factor determinante para la diversificación y abundancia de organismos de la macrofauna presentes en el agroecosistema.

A la familia Ampullariidae pertenecen los moluscos gasterópodos o caracoles y pueden comportarse como plagas invasoras. En la familia Formicidae están las hormigas y éstas en los agroecosistemas se alimentan de gran cantidad de especies causando daño principalmente al follaje de los cultivos, se convierten en plagas cuando las poblaciones aumentan, depredan a los invertebrados que sirven como controladores biológicos, se conoce que presentan un rol importante en la transformación de la estructura del suelo (Chavarría y Martínez, 2017). Lavelle, (2000) menciona que los representantes de este grupo tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso. Holldobler y Wilson, (1990), señalan que lugares donde las hormigas llegan a densidades elevadas, pueden mover la misma cantidad de suelo que las lombrices debido a que transportan restos de animales y plantas dentro de sus nidos bajo el suelo, mezclan estos materiales con la tierra excavada y el área del nido es cargada con altos niveles de carbono, nitrógeno y fósforo, consecuentemente el suelo se fragmenta en un mosaico de concentración de nutrientes.

En ambos agroecosistemas la familia más abundante es la Lumbricidae. Esta familia prefiere pH neutro, suelos húmedos con suficientes residuos vegetales sobre el suelo y son sensibles a las aplicaciones de pesticidas y fertilizantes, de estos últimos se produce el amoníaco anhídrido que las mata (Curry y Schmidt, 2007). Las lombrices de tierra constituyen buenos indicadores de salud del suelo (Panigrahi, 2009) y desempeñan una función en la mejora de la fertilidad de éste, que proviene de la biomasa de bacterias y hongos de sus excreciones. Una buena concentración de biomasa de lombrices en el suelo es un indicador de la presencia de una biomasa bacteriana-fúngica beneficiosa y sugiere que el suelo no necesita mucho cuidado referente a su fertilidad (Byzov *et al.*, 2009). La clasificación trófica las divide en tres categorías: fitófagas, fito-geófagas y geófagas, mientras otros las dividen en: epígeas, anécicas y endogéicas. Las especies epígeas viven en el suelo y se alimentan de las partes en descomposición de vegetales y animales (Curry y Schmidt, 2007), construyen túneles y se alimentan de la capa superficial rica en materia orgánica, especialmente hojarasca. En la naturaleza hay mayores poblaciones de estas lombrices en la hojarasca y restos orgánicos que en el propio suelo. Las especies epígeas son importante para el compostaje y el vermicompost,

son fitófagas y formadoras de humus. Las especies anécicas viven en los primeros 15 cm de suelo y se alimentan de la materia orgánica que existe en la superficie, construyen túneles verticales hasta una profundidad de 162 cm y se alimentan de materia orgánica en descomposición convirtiéndolas en humus (Lavelle y Spain, 2001). Las endogéicas son geófagas, son grandes, hasta de un metro de longitud, se trasladan a la superficie durante la estación lluviosa para depositar sus grandes volúmenes de excrementos (Panigrahi, 2009). Estas tres categorías tróficas desempeñan importantes funciones en el manejo de la fertilidad del suelo mediante sus materiales fecales y las secreciones de sus cuerpos. La formación de galerías favorece la infiltración del agua en el suelo y la aireación (Bouché, 1977), distribuyen material orgánico y nutrientes a través del perfil del suelo, sus segregaciones estimulan el crecimiento de los vegetales y mejora la calidad del suelo. Las lombrices junto a las termitas, las hormigas y las larvas de algunas especies de escarabajo conforman un grupo que muchos autores han denominado “los ingenieros del suelo”, ya que causan importantes modificaciones físicas en él (galerías, hoyos y depósitos de excrementos) modificando el ambiente para otros organismos y alterando la disponibilidad de hábitats y alimentos para otros animales y las plantas (Lavelle, 1997, Brown *et al.*, 2000).

Estos resultados sintetizan, que agroecosistemas con cacao, ubicados en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS y con diseños y manejos de su biodiversidad poco complejo, en el que los campesinos aplican agrotóxicos sintéticos, que aunado a la ausencia de superficies de prácticas de manejo y conservación del suelo antierosivas, reducen drásticamente las poblaciones de la macrofauna edáfica y por ende el número de organismos que desarrollan funciones específicas o múltiples. En estos agroecosistemas difícilmente los controladores naturales pueden ejercer su función debido a que se utilizan agrotóxicos sintéticos que afectan a los enemigos naturales de las plagas. Por el contrario, agroecosistemas con cacao, ubicados en la zona de transición de la reserva de biosfera de BOSAWAS y con diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejos, en el que los campesinos aplican insumos biológicos para el manejo de plagas, enfermedades y nutrición vegetal, que aunado a prácticas de manejo y conservación del suelo antierosivas, favorecen sustancialmente las poblaciones de la macrofauna edáfica y por ende el número de organismos que desarrollan funciones específicas o múltiples.

Cuadro 15. Número de organismos según las familias taxonómicas y su funcionalidad en el agroecosistema medianamente complejo Los Laureles (LL) y el agroecosistema poco complejo El Encanto (EE), El Hormiguero, Siuna, RACCN

Familias	Detritívoros		Fitófagos		Depredadores		Omnívoros		Microvívoros <sup>s</sup>	
	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE	LL	EE
Acrididae	4	1	-	-	-	-	4	1	-	-
Agelenidae	-	-	-	-	3	5	-	-	-	-
Ampullariidae	-	-	-	-	-	-	-	-	34	13
Blatellidae	<b>13</b>	<b>7</b>	-	-	-	-	13	7	-	-
Blattidae	-	-	-	-	-	-	14	3	-	-
Bothriuridae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Carabidae	-	-1	-	1	-	-1	-	-	-	-
Ctenidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ctenizidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Coreidae	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
Elateridae	2	1	2	1	2	1	-	-	-	-
Dolichopidadae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Formicidae	-	-	-	-	11	5	11	5	11	5
Gelastocoridae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Gonileptidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Gyrinidae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Hydrometridae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Julidae	-	-	-	-	33	16	-	-	-	-
Leiobunidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Lampyridae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Lumbricidae	<b>134</b>	<b>84</b>	-	-	-	-	134	84	134	84
Muscidae	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Noctuidae	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-
Passalidae	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Pentatomidae	-	-	-	3	-	3	-	-	-	-
Polydesmidae	2	8	2	8	-	-	-	-	-	-
Porcellionidae	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Salticidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Scarabaeidae	<b>30</b>	<b>3</b>	30	3	30	3	-	-	-	-
Syrphidae	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-
Tachinidae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Tettigoniidae	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
Theridiidae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Stratiomyidae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Torymidae	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-
Total	190	110	38	20	95	42	176	100	179	102

## 4.5 Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas

En Nicaragua, se han publicados resultados sobre índices o grados de sostenibilidad de agroecosistemas en diferentes zonas agroecológicas y a agroecosistemas con granos básicos, con ganado bovino y con café, que se gestionan con enfoques o paradigmas diferentes (agroecológico, convencional y mixto). Estos resultados son reportados por Salazar *et al.*, (2017d, 2017e y 2017f). En este estudio los índices o grados de sostenibilidad se llevaron a cabo en dos agroecosistemas agroforestales con cacao, localizados en Siuna, en la reserva de biosfera de BOSAWAS. Según la metodología de Vázquez (2013a), el agroecosistema Los Laureles tiene diseños y manejos de su biodiversidad medianamente complejo, mientras que el agroecosistema El Encanto es poco complejo (Figura 7).

### 4.5.1 Índice o grado de sostenibilidad general de los agroecosistemas

En la figura 32 se puede apreciar el nivel general de sostenibilidad de los agroecosistemas. El índice general de sostenibilidad del sistema se obtiene haciendo la relación de la sumatorias de los valores reales de cada dimensión entre la suma de los valores máximos teóricos por dimensión ( $300=100+100+100$ ) por cien.

Basados en los resultados de los dos agroecosistemas se puede aseverar que en la medida que los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas con cacao son más complejos incrementa el grado de sostenibilidad. El agroecosistema Los Laureles tiene un índice de sostenibilidad general de 69%  $(79+52+74)/300 * 100$ , que es superior al del agroecosistema El Encanto que tiene 33%  $(48+26+25)/300 * 100$ . No obstante, estos índices de sostenibilidad no se deben considerar aceptables, porque no alcanzan, al menos, el 80%. Resultados similares se reportan en Diriamba, en agroecosistemas con granos básicos, cuyos diseños y manejos de su biodiversidad son medianamente complejo (El Chipote) y poco complejo (El Manantial), y sus índices de sostenibilidad general resultaron ser 66% y 62%, respectivamente, pero no se consideraron aceptables por no lograr al menos el 80% (Salazar *et al.*, 2017d). En Boaco, se constató una situación similar en agroecosistemas con ganado bovino, cuyos diseños y manejos de la biodiversidad son complejo (Buena Vista) y poco complejo (San Juan), y sus índices de sostenibilidad general reflejaron ser 79.48% y 41%, respectivamente, y éstos no se consideraron aceptables por no lograr al menos el 80% (Salazar *et al.*, 2017e). Caso similar se reporta en



Condega, en agroecosistemas con café, cuyos diseños y manejos de su biodiversidad son medianamente complejo (Linda Vista) y poco complejo (El Milagro de Dios), y sus índices de sostenibilidad general resultaron ser 72% y 39%, respectivamente, y también no se consideraron aceptables por no lograr al menos el 80% (Salazar *et al.*, 2017f).

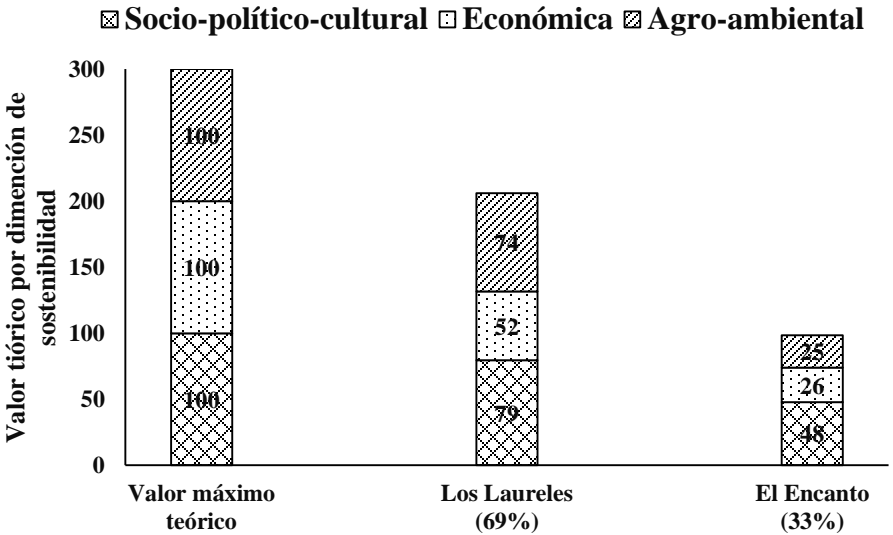


Figura 32. Índice o grado de sostenibilidad general de agroecosistemas con cacao, Los Laureles y El Encanto, Siuna, Nicaragua, 2017.

4.5.2 Índice de la sostenibilidad de los componentes en cada dimensión

En las figuras 33, 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 (Cuadro 16).

En ambos agroecosistemas se deben mejorar componentes de la dimensión socio-político-cultural (Figura 33), principalmente los componentes bienestar y relaciones externas, cuyos índices oscilan entre 39 y 68%, pero hay que resaltar que solamente en el agroecosistema Los Laureles el componente relaciones internas obtiene un 100% y cultura y territorio un 87% de sostenibilidad, que se consideran óptimo y bueno, respectivamente.

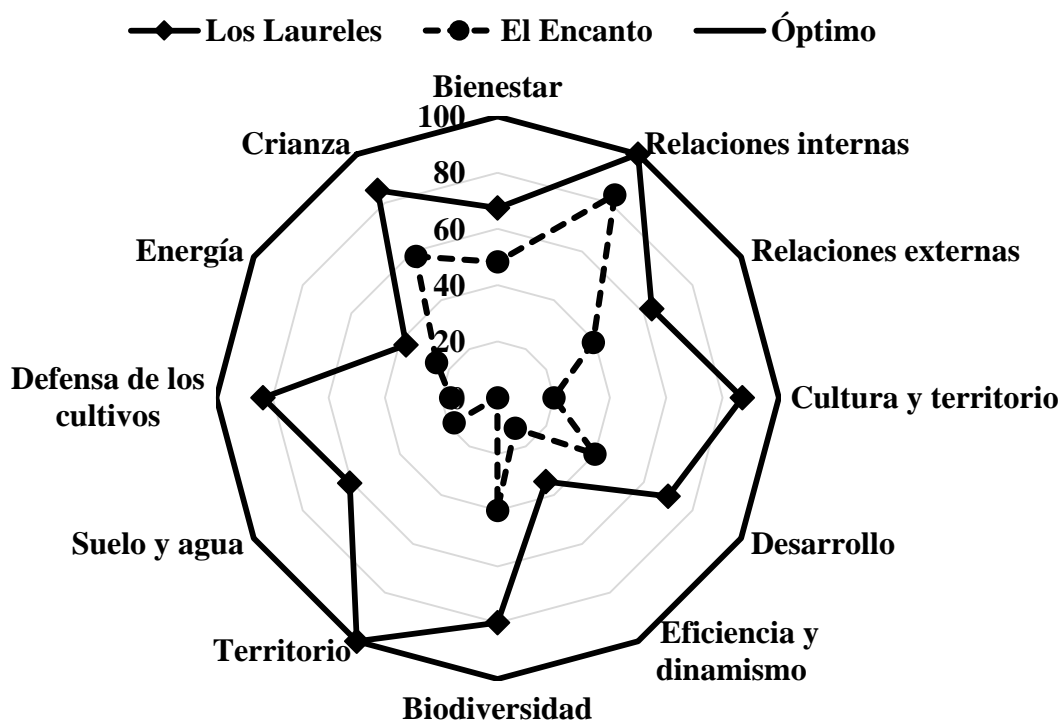


Figura 33. Nivel o grado de sostenibilidad por componente del agroecosistemas cacaoteros en Siuna, Nicaragua, 2017.

La dimensión económica está conformada por los componentes desarrollo y eficiencia y dinamismo (cuadro 16). En ambos agroecosistemas se deben mejorar los componentes de esta dimensión, cuyos índices de sostenibilidad oscilan entre 20 y 70 %, no logrando alcanzar un índice de 80 % (figura 33), que se considera bueno.

La dimensión agro-ambiental está constituida por los componentes biodiversidad, territorio, suelo y agua, defensa de los cultivos, energía y crianza o parte animal (cuadro 16). En ambos agroecosistemas se deben mejorar los componentes energía y suelo y agua. Cabe destacar que el agroecosistema Los Laureles alcanzó un índice de 100% (óptimo) en el componente territorio, y en los componentes biodiversidad, defensa de los cultivos y parte animal o crianza se alcanza un índice de sostenibilidad que va desde 80 a 85% que son buenos. Respecto al agroecosistema El Encanto, los componentes biodiversidad, territorio, defensa de los cultivos y parte animal logran índices de sostenibilidad que van de 0 a 58%, que no son aceptable.

#### 4.5.3 Índice de sostenibilidad de los indicadores por componentes

En el cuadro 16 se presentan las dimensiones de la sostenibilidad con sus respectivos componentes, indicadores e índices de sostenibilidad. En los dos agroecosistemas se deben superar los indicadores que no lograron un índice superior o igual al 80%.

El agroecosistema Los Laureles debe superar índices de sostenibilidad de 22 indicadores, mientras que el agroecosistema El Encanto 53, para lo cual se debe implementar un plan de gestión agroecológico integral en cada agroecosistema. Para el plan de gestión agroecológico integral 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, 2013 y 2014).

El plan de gestión agroecológico 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. Este depende de varios factores como: nivel académico de la familia campesina y su grado de asociatividad, capacitación, asistencia técnica, financiamiento, políticas que fomentan este tipo de producción y de las condiciones agroecológicas (Salazar *et al.*, 2017d, 2017e y 2017f). Vázquez (2013a) establece que dicho proceso para el diseño de sistemas diversificados sostenibles en el trópico consta de: integración, transformación y complejización.

Estos resultados demuestran, que a medida que los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas son más complejos como es el caso de Los Laureles, éstos son más sostenibles, pero no siempre se llega a un índice de sostenibilidad general del agroecosistema igual o mayor al 80 %, dado que no solamente se deben implementar prácticas agroecológicas, si no también cumplir con una serie de estándares o indicadores sociales y económicos. Por otra parte, en un agroecosistema agroecológico debe diversificarse desde el punto de vista agrícola, pecuario y forestal, que debe integrarse 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. En el caso de los agroecosistemas en estudio, la crianza de animales debe ser con especies menores (gallinas y conejos estabulados, y cerdos semiestabulados) y no con ganado bovino, debido a que ambos agroecosistemas se localizan en la zona de transición de la reserva de biósfera de BOSAWAS, lo que no es permitido y estos suelos son de vocación forestal.

Al analizar los principales indicadores a mejorar, en los dos agroecosistemas (cuadro 16), del componente bienestar de la dimensión socio-política-cultural, los indicadores acceso a los servicios (S4), agua potable, energía eléctrica, asistencia médica, escuela y medio de transporte (público o privado); condiciones de la vivienda (S5) y oportunidades de educación (S6) deben superarse, cuyos índices oscilan entre 10 y 75 %. Exceptuando el indicador S5, los dos restantes indicadores (S4 y S6) no dependen exclusivamente del agricultor, sino de políticas de Estado que faciliten el acceso a esos servicios en la zona de transición de la reserva de biósfera de BOSAWAS. También, en el agroecosistema, El Encanto se tienen que mejorar los indicadores conservación del producto (S1) y autoconsumo (S3), cuyos índices oscilan entre 50 y 75%.

En esta misma dimensión, en el componente relaciones internas, el propietario del agroecosistema El Encanto no realiza una planificación de la finca (S12). En ambos agroecosistemas, los jóvenes y las mujeres se involucran en las actividades del agroecosistema, su rol es activo y participan en los procesos democráticos internos (S7, S8, S9, S10 y S11), es decir en la toma de decisiones.

En el componente relaciones externas del agroecosistema, ambos campesinos deben superar las relaciones con realidades colectivas locales (S14), que se refiere a las relaciones con la red local

de cooperativas, asociaciones, movimientos, uniones, organizaciones, organismos no gubernamentales (ONGs), que beneficien las actividades del agroecosistema; medios de comunicación (S16), que incluye televisión, teléfono, internet, visibilidad en página web, Facebook, etc. También, las oportunidades de formación de los productores (S18) y la participación en eventos (S19) que contribuyan a la adopción de prácticas y técnicas agroecológicas. En el agroecosistema El Encanto hay que superar las relaciones con los consumidores (S17). En el componente, cultura y territorio, en ambos agroecosistemas hay que mejorar la transmisión horizontal de conocimientos (S22), que se refiere a los intercambios anuales de experiencias con productores. El campesino del agroecosistema El Encanto debe mejorar los indicadores historia y territorio (S20), cuya finalidad es responder a las interrogantes ¿que conoce de las tradiciones y de la historia de su territorio? y ¿que conoce de las técnicas agrícolas de su territorio?; transmisión de conocimientos entre generaciones (S23), que consiste en transferir o intercambiar conocimientos entre diferentes generaciones; y uso de los productos (S24) del agroecosistema para la elaboración de platos típicos de la zona o nacionales.

En la dimensión económica, en el componente desarrollo, en ambos agroecosistemas se deben superar los indicadores cantidad del producto para la venta (E3) y desarrollo turístico (E5). Para poder desarrollar este último indicador (E5) es fundamental el apoyo del Estado para promover turismo ecológico en esta zona de transición de la reserva de biósfera de BOSAWAS. En este componente, en el agroecosistema El Encanto hay que mejorar el porcentaje del área (E1) manejada con sistemas agrícolas diversificados, sobre el total de la propiedad, e invertir en el mejoramiento del agroecosistema (E4), tales como la mejora o construcción de nuevas estructuras productivas. En el componente eficiencia y dinamismo, ambos campesinos deben superar la diversificación de sus mercados (E7), su poder de negociación (E9) con los compradores, transformar sus productos (E10), ser autosuficiente en insumos (E11) biológicos que se generen en el agroecosistema y certificar su agroecosistema (E12). Este último indicador (E12) es perentorio superarlo, dado que a partir del 2020 las chocolateras de clase mundial no comprarán cacao que no sea certificado. Las agencias que certifican cacao acreditadas a nivel internacional y nacional son Comercio Justo (Fair Trade), Rainforest Alliance y UTZ Certified y Orgánico (BIO LATINA CERTIFICADORA, MAYACERT, IMOcert, OCIA Internacional), agencias que están en nuestro país y que han advertido a los productores nacionales de esa

decisión de las chocolateras mundiales. Para superar los indicadores E7, E9, E10 y E11, ambos campesinos, deben gestionar capacitaciones.

En la dimensión agroambiental, en el componente biodiversidad, ambos campesinos deben superar el asocio (E5) dado que la única tipología que tienen es el sistema agroforestal de cacao. En sus áreas de potrero mixto pueden transformarlas en un sistema agrosilvopastoril. En el agroecosistema El Encanto, hay que usar variedades locales (G2) sobre todo con pastos y granos básicos; y hacer cercas con diversidad estructural (G3) y producir su propia semilla (G4) para establecer los anuales. En el componente territorio, el campesino del agroecosistema El Encanto no maneja ambientes de regeneración natural (G6) ni realiza acciones de recuperación y protección del territorio (G7) entre las que se destacan prácticas para mejorar la gestión del suelo, del agua, del aire y de plantación forestales. En el componente suelo y agua, ambos agroecosistemas no disponen de suficiente área para rotar cultivos (G8) por ser principalmente plantaciones agroforestales con cacao, no hacen usos eficiente del agua (G9) por no contar con ningún sistema de riego durante la época seca, ni cosechan agua (G10) para ese periodo, ambos realizan fertilización orgánica pero inferior al 75 por ciento del área total del agroecosistema. En el agroecosistema El Encanto hay que dejar de realizar fertilización química de síntesis (G11) y rotar su potrero con abonos verdes (G13). En el componente defensa de los cultivos, en ambos agroecosistemas, no se realiza tratamiento poscosecha con químicos sintéticos (G19), ni se aplica técnicas naturales o alternativos (G20) usadas para ese propósito. El agricultor del agroecosistema Los Laureles, no aplica productos químicos de sintéticos (G15), usa técnicas de defensa natural (G16): insecticidas botánicos, biofertilizantes líquidos y sólidos, cal y cenizas; no aplica herbicidas sintéticos (G17), el control alternativo de arvenses o malezas (G18) se realiza con machete y la hojarasca del cacao y árboles de sombra. En el componente energías renovables (G21), ambos campesinos usan bolsas plásticas (G22) por ser una zona muy lluviosa, utilizan la leña como fuente de energía renovable (G21) para cocinar y solamente en el agroecosistema Los Laureles hay un pequeño panel solar para dos bujías durante la noche. En el componente parte animal o crianza, ambos campesinos deben tener estructuras adecuadas para estabular y semiestabular especies menores de crianza. En el agroecosistema El Encanto se debe incrementar el número de razas criollas y locales y hacer un buen manejo de las excretas para hacer insumos bilógicos.

En síntesis se puede afirmar lo siguiente:

1. En la medida que los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas son más complejos incrementa el grado de sostenibilidad, como es el caso de Los Laureles, pero no siempre se llega a un índice de sostenibilidad del agroecosistema igual o mayor al 80 %, dado que no solamente se deben implementar prácticas agroecológicas, si no también cumplir con una serie de estándares o indicadores sociales y económicos.
2. En los dos agroecosistemas evaluados se necesita implementar un plan de gestión agroecológico integral para que a mediano y largo plazo se puedan alcanzar índices de sostenibilidad superiores al 95 %, que se consideran excelentes.
3. En los agroecosistemas agroforestales con cacao, con diseños y manejos de su biodiversidad pocos complejo, como es el caso de El Encanto, se deben mejorar, en la dimensión socio-político-cultural, los componentes: bienestar, relaciones externas, y cultura y territorio; al igual que la dimensión económica, los componentes desarrollo, y eficiencia y dinamismo; en y la dimensión agroambiental los componentes biodiversidad, territorio, suelo y agua, defensa de los cultivos, energía y crianza o parte animal.
4. En los dos agroecosistemas se deben mejorar los componentes bienestar, relaciones externas, desarrollo, eficiencia y dinamismo, suelo y agua y energía.
5. En el agroecosistema Los Laureles se deben superar 22 indicadores, mientras que el agroecosistema El Encanto 53, para lo cual se debe implementar un plan de gestión agroecológico integral en cada agroecosistema.

Cuadro 16. Dimensiones o criterios, componentes, indicadores e índices de sostenibilidad en los agroecosistemas Los Laureles y El Encanto, en Siuna, Nicaragua, 2017

CRITERIO	COMPONENTE	COD	INDICADOR	NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%)	
				Agroecosistemas en Siuna Los Laureles	El Encanto
<b>1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL</b>	<b>1.1. BIENESTAR (ALIMENTACION, SALUD Y EDUCACION)</b>	<b>S1</b>	<b>Conservación del producto</b>	<b>100</b>	<b>50</b>
		<b>S2</b>	<b>Diversificación de la dieta</b>	100	100
		<b>S3</b>	<b>Autoconsumo</b>	<b>100</b>	<b>75</b>
		<b>S4</b>	<b>Acceso a los servicios</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
		<b>S5</b>	<b>Condiciones de la vivienda</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
		<b>S6</b>	<b>Oportunidades de educación</b>	<b>75</b>	<b>25</b>
<b>1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL</b>	<b>1.2. RELACIONES INTERNAS (a la finca)</b>	<b>S7</b>	<b>Jóvenes involucrados</b>	100	100
		<b>S8</b>	<b>Papel de los jóvenes</b>	100	100
		<b>S9</b>	<b>Mujeres involucradas</b>	100	100
		<b>S10</b>	<b>Papel de las mujeres</b>	100	100
		<b>S11</b>	<b>Democracia de los procesos internos</b>	100	100
		<b>S12</b>	<b>Planificación de la finca</b>	100	<b>0</b>
<b>1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL</b>	<b>1.3. RELACIONES EXTERNAS (a la finca)</b>	<b>S13</b>	<b>Relaciones con instituciones públicas y privadas</b>	100	<b>66.6</b>
		<b>S14</b>	<b>Relaciones con realidades colectivas locales</b>	<b>50</b>	<b>25</b>
		<b>S15</b>	<b>Participación en las realidades colectivas locales</b>	100	100
		<b>S16</b>	<b>Medios de comunicación</b>	<b>33.3</b>	<b>33.3</b>
		<b>S17</b>	<b>Relaciones con los consumidores</b>	100	<b>0</b>



CRITERIO	COMPONENTE	COD	INDICADOR	NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%)	
				Agroecosistemas en Siuna	Los Laureles El Encanto
1. SOCIO-POLITICO-CULTURAL	1.4. CULTURA Y TERRITORIO	S18	Oportunidades de formación para los productores	35	25
		S19	Participación a eventos	25	25
		S20	Historia y territorio	100	0
		S21	Propiedad de la tierra	100	100
		S22	Transmisión horizontal de conocimientos	35	0
		S23	Transmisión de conocimientos entre generaciones	100	0
		S24	Uso de los productos	100	0
		E1	Área	100	50
		E2	Diversificación de la finca	100	100
		E3	Cantidad producida para la venta	50	50
		2. ECONOMICA	2.1. DESARROLLO	E4	Mejoramiento de la finca
E5	Desarrollo turístico			0	0
E6	Empleo			100	50
E7	Diversificación de los mercados			0	0
E8	Canales comerciales			100	50
E9	Poder de negociación del productor			0	0
E10	Transformación de productos			0	0
E11	Autosuficiencia en insumos			75	0
2. ECONOMICA	2.2. EFICIENCIA - DINAMISMO				

CRITERIO	COMPONENTE	COD	INDICADOR	NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%)			
				Agroecosistemas en Siuna Los Laureles	El Encanto		
<b>3. AGROAMBIENTAL</b>	<b>3. AGROAMBIENTAL AL</b>	<b>3.1. BIODIVERSIDAD</b>	E12	Certificaciones de la finca	0	0	
			E13	Alianzas económicas	0	0	
			G1	Numero especies	100	100	
			G2	Variedades locales	100	50	
			G3	Diversidad estructural de la cercas	100	0	
			G4	Semillas (autoproducción)	100	50	
		<b>3.2. TERRITORIO</b>		G5	Asocio	0	0
				G6	Ambientes de regeneración natural	100	0
				G7	Acciones de recuperación y protección del territorio	100	0
				G8	Rotaciones	50	0
		<b>3.3. SUELO Y AGUA</b>		G9	Uso eficiente del agua	0	0
				G10	Cosecha de agua	0	0
				G11	Fertilización química de síntesis	100 No aplica	0 Si aplica
				G12	Fertilización orgánica	75	25
				G13	Abono verde	100	0
				G14	Reciclaje de desechos orgánicos de la finca	100	100
<b>3.4. DEFENSA DE LOS CULTIVOS</b>		G15	Productos químicos sintéticos de defensa	100 No aplica	0		
		G16	Técnicas de defensa natural	100	0		

CRITERIO	COMPONENTE	COD	INDICADOR	NIVEL DE SOSTENIBILIDAD (%)	
				Agroecosistemas en Siuna Los Laureles	El Encanto
<b>3. AGROAMBIENTAL</b>	<b>3.5. ENERGIA</b>	G17	Uso de herbicidas sintéticos	100	0
		G18	Control de malezas alternativo	100	0
		G19	Tratamientos post cosecha químico sintéticos	100	100
		G20	Técnicas de post cosecha alternativas	No aplica	No aplica
		G21	Energías renovables	75	50
		G22	Material y tipología de empaque	0	0
		G23	Razas	100	50
		G24	Razas locales	100	75
	<b>3.6. PARTE ANIMAL</b>	G25	Reproducción	100	100
		G26	Pastoreo	100	100
		G27	Estructuras de estabulación	0	50
		G28	Alimentación 1	100	100
		G29	Alimentación 2	100	0
		G30	Mutilación	100	0
		G31	Manejo de las excretas	100	0
		G32	Sacrificio	100	100
<b>Total de indicadores a mejorar o superar</b>				<b>22</b>	<b>53</b>

COD: Código

## V. CONCLUSIONES

El agroecosistema Los Laureles posee diseños y manejos de su biodiversidad “medianamente complejo y se gestiona bajo el paradigma agroecológico, mientras que el agroecosistema El Encanto tiene diseños y manejos de su biodiversidad “poco complejo y se aplican agrotóxicos sintéticos propios del paradigma convencional.

En el agroecosistema Los Laureles, el balance aparente general resultó positivo para P y K, y negativo para N. En el agroecosistemas El Encanto, este el balance general de N, P y K fue positivo.

Ambos agroecosistemas presentaron variaciones en el pH, materia orgánica y N, P y K. En general, se constató que las parcelas tienen deficiencias de P y con variaciones importantes en el contenido de potasio.

En ambos el agroecosistemas, en general el pH va de extremadamente a fuertemente ácidos, los suelos son de textura arcillosa, moderadamente profundos a superficial y con porosidad no satisfactoria (51% a 55%). Son suelos con un drenaje imperfecto. La saturación de base es alta y la capacidad de intercambio catiónico es baja.

En ambos agroecosistemas se identificaron 29 especies forestales, de las cuales siete son primarias. Las restantes especies son secundarias o introducidas Las especies primarias son las siguientes: *Brosimum alicastrum* Swartz (Ojoche), *Carapa guianensis* Aubl. (Cedro macho), *Cedrela odorata* L (Cedro Real), *Ceiba pentandra* L. (Ceiba), *Dalbergia tucurensis* J.D.Smith (Granadillo); *Swietenia macrophylla* King. (Caoba) y *Tetragastris panamensis* Engl. (Querosín).

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyeron sobre las características de la biodiversidad de riqueza uniformidad, dominancia y equidad en las categorías taxonómicas de órdenes, familias, géneros y especies forestales.

En ambos agroecosistemas, los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona tienen una influencia bien marcada sobre el índice de disimilitud de Bray Curtis de las familias y especies taxonómicas de la flora forestal.

En ambos agroecosistemas con cacao, las especies forestales desempeñan las funciones: energéticas, industriales y construcción, cercas vivas, cortina rompe viento, de sombra y alimento para ganado y manejo de bosques para enriquecimiento y funciones ecológicas como fijar al suelo el nitrógeno atmosférico, restauración de los suelos, controlan la erosión de los suelos, refugian y de sombra a especies silvestres y aves, regulan las condiciones del microclima, aportan cobertura de hojarasca y ayuda al drenaje en suelos con tendencias a inundarse.

En ambos agroecosistemas, la estructura horizontal del arbolado es similar. La mayoría son árboles jóvenes que tienen diámetro inferior a 39.9 cm. En general el arbolado está en buenas condiciones, sanitarias y de calidad, cuya copa es pequeña.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre las poblaciones de la macrofauna edáfica y sobre las características de la diversidad alfa a nivel de órdenes y familias taxonómicas. El agroecosistema Los Laureles presentó una mayor población de macrofauna edáfica con 315 organismos, que es superior en 96.8% a las registrada en el agroecosistema El Encanto.

En ambos agroecosistemas con cacao, las poblaciones de las familias de la macrofauna edáfica desempeñan las funciones de: detritívoros, omnívoros, fitófagos, depredadores y microvívoros.

Los diseños y manejos de la biodiversidad y el paradigma con el que se gestiona el agroecosistema influyen sobre sostenibilidad general. El agroecosistema Los Laureles tiene un índice de sostenibilidad general de 69%, mientras que el del agroecosistema El Encanto es de 33%.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, MA (1994) Biodiversity and pest management in agroecosystems. Hayworth Press, New York. 185 pp.
- Altieri, M. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sostenibles. En: Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva los recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª ed. México. D.F. pp. 57-301.
- Altieri, M.A. Y Nicholls, C.I. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. Colombia.
- 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.
- Ayala M, JE.; Monterroso, LE. 1998. Aspectos básicos sobre la biología de la gallina ciega. El salvador. Guatemala.
- Badii, M.H; Landeros J., y Cerna, E. 2008. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\)%20632-660.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1)%20632-660.pdf)
- Beer, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry systems* 7:103-114.
- Beer, J.; Ibrahim, M.; Somarriba, E.; Barrance, A. y Leakey, R. (2004). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Árboles de Centroamérica. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 197-242 pp.
- Bertinaria, F; 2016. Agricultura di piccola sacale in Centro Amércia: valutazione dell sostenibilitá di sistema agricoli agroecoloci. 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.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Mantiguás, Matagalpa, Nicaragua.
- Bouché, M.B. 1977. Stratégies lombriciennes. En: Pearson, T y Lohm, U (Eds). Soil organism as components as ecosystems. Proc. International soil zoology colloquium, Uppsala. *Ecol.Bulletins*, 25:122.
- Brower, J.E. y J. H. Zar, 1984. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Dubuque, Iowa. 226 pp.
- Blake, G., and K. Hartge. 1986. Particle density. pp: 377-382. In: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd ed. ASA and SSSA. Madison WI. v.1.
- Brown, G.G., I. Barois y P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edafic functional domains. *Europe Journal of Soil Biology*. 36: 177-198.

- Byzov, B.A; Nechityalo, T.Y; Bumazhkin, B.K y Golyshin, P.N. 2009. Culturable microorganisms of *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta: Lumbricidae). FEMS. Microbiol. Ecol. 48: 187.
- Cabezas Melara, F.A. 1996. *Introducción a la entomología*. Trillas, S.A. México.
- Cabrera, G.C. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Fundación Rufford (RSGF, para la Conservación de la Naturaleza) Habana, Cuba.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2002. Plagas y enfermedades en América central: Guía de campo. CATIE. Turrialba. C.R. 260p.
- CCRECRL (Comisión Coordinadora para la Recuperación de la Cuenca del Río Lerma). (2009). Manual de conservación de suelo y agua. México. Recuperado de: <http://cuencalerma.edomex.gob.mx/sites/cuencalerma.edomex.gob.mx/files/files/Manuales/Manual%20de%20Conservaci%C3%B3n%20de%20Suelo%20y%20Agua.pdf>
- CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario). 2011. Resultados Finales. Gobierno de Nicaragua. (En línea) Consultado 10 abr 2015. Disponible en [www.inec.gob.ni](http://www.inec.gob.ni)
- Chavarría, B.R. y Martínez, J.A. 2017. Evaluación de los diseños, manejo de la biodiversidad y macrofauna edáfica en dos agroecosistemas ganaderos, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua 2015-2016. Trabajo de graduación. Universidad Nacional Agraria, NI.
- Ciampitti, I; García, F. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. 4 (18): 22-28. 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.
- Crespo, G. 2013. Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema el pastizal. Revista cubana de Ciencia Agrícola, 47:4, 329-334.
- Curry, J.P y Schmidt, O. 2007. The feeding ecology of earthworms – A Review. Pedobiologia. 50:463.
- De la Cruz, B. (2009). Sistemas agroforestales: Ventajas y desventajas. Disponible en: <http://edialogo.ning.com/forum/topics/sistemas-agroforestales> (Consultada el 17 de marzo de 2019).
- De la Ossa-Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. Rev. Colombiana Cienc. Anim. 5 (1): 171-193.
- Domínguez, J.; Aira, M. y Gómez-Brandón, M. 2009. The role of earthworms on the decomposition of organic matter and nutrient cycling. *Ecosistemas* 18(2):20-31.
- Enríquez, G, 1980. Boletín de cacao, Instituto Nacional de investigación Agropecuarias, Boletín divulgativo N. Quito, Ecuador. 04.39p.
- 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>.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. La Lima Cortes Honduras.

- Gaitán, T. 2005. Cadena del cultivo de cacao (*Theobroma Cacao* L.) con potencial exportador. Managua, Nicaragua. 60 p. Holdridge, P.L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Ed. IICA, San José, CR. 159 p.
- 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. Managua.
- García, L.; Blandón, M.; Blandón, W.; Alamán, A.; López, Y.; García, O. Cáceres, C. 2017a. Balance aparente de nutrientes y evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017a. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 33-39. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.
- García, L.; Hogdson, M.; Martínez, P. y Rocah, J. 2017b. Balance aparente de nutrientes y caracterización de propiedades físicas y químicas del suelo. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017b Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 25-31. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>
- Gaspar-Peralta, A. M.; Distancia, C. O.; Sánchez, A. y Román, M. L. (2005). Diversidad de especies y usos de los huertos caseros de familias del medio rural. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. Pp 61-64. ISBN: 970-27-0770-6.
- Gómez Anaya, J.A. 2008. Ecología de los ensamblajes de larvas de odonatos (Insecta) y su uso potencial como indicadores de calidad ecológica en la sierra de Coalcomán, Michoacán, México.
- García, L.; Suárez, G.; Gámez, N.; Mejía, A.; Urbina, D. y López, G. 2017c. Balance aparente de nutrientes y caracterización de propiedades físicas y químicas del suelo. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017c. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.) en San Ramón y dos en Condega, Nicaragua. PP: 33-45. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Gliessman, S.R. 2002. La agroecología: Procesos Ecológicos En agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica, pág., 13.17.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista. 2014. Metodología de la investigación. 6<sup>ta</sup> ed. México. D.F. pp. 57
- Holldobler, B. y Wilson, E.O. 1990. The Ants. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1989. El análisis de suelo, planta y agua para riego. Manual de Asistencia Técnica No 47. Bogotá.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao). 2009. The ICCO Annual Report is available to download in PDF format. 2008/2009 Annual.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2001. Consolidado de permisos domésticos de madera por municipio. Periodo del 01 de enero al 31 de marzo del 2001. Documento en preparación. Managua, Nicaragua. 9 p.
- INIA. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2003. Métodos y prácticas de conservación de suelo y agua. Rancagua Chile, Boletín N° 103, 132 P.
- INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo). 2008. Extensión territorial por departamentos y municipios, posición geográfica y altitud de sus cabeceras municipales. Managua, Nicaragua.



- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2010. Guía tecnológica del cultivo de cacao. Nicaragua: tecnologías.
- Jiménez Martínez, E.; Sandino Díaz, V. 2009. Entomología. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/2458/1/nh10j61e.pdf>.
- Johnson, J. M., Bonilla, J. C., Agüero, Liana. 2008. Manual de Manejo y Producción del Cacaotero. 6 -20p. Nicaragua.
- Kindt, R. y Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies: World Agroforestry Centre (ICRAF) Nairobi. 207 p.
- Klots, A. y E. Klots. 1961. Los Insectos. Ed. Seix barral, S. A. Barcelona. 329pp.
- Labrador, J. 2008. Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. España.
- Lavelle P y Spain, A.V. 2001. Soil ecology. London: Chapman and Hail.
- Lavelle, P. 1997 Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, v.27. PP: 93-132.
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sciences*. 165.
- López-Sánchez, E. y Musalém, M. A. (2007). Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev. Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(1): 59-66.
- Llamas, F; Acevedo, C. 2016, Las Leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *AmbioCiencias*, 14, 5-18. Universidad de León (ULE) España.
- MAGFOR (Ministerio de agricultura y Forestal) 2010. Diagnóstico del sector cacaotero de Nicaragua. P. 54.
- Magurran, A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. Barcelona.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales). 2002 Guía de especies Forestales de Nicaragua. 1 ed Editora de Arte. Managua, Nicaragua 304 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales).SETAB (Secretaría Técnica BOSAWAS, NI). 2003. Plan de Manejo de la Reserva de Biosfera BOSAWAS. 2. ed. 117 p.
- Márquez Girón, SM. 2013. Propuesta de conversión agroecológica para alcanzar la resiliencia en sistemas 86 ganaderos. *Agroecología y resiliencia socio ecológica: adaptándose al cambio climático*
- Martínez, A.; Vázquez, L. 2013. Características de la colindancia de cultivos en tres sistemas agrícolas convencionales y su relación con la incidencia de insectos nocivos y reguladores naturales (en línea). *Fito sanidad*. vol. 17(2). 1-73p. Consultado el 02 mar. 2017. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Luis\\_L\\_Vazquez\\_Moreno/publication/286646807\\_Andres\\_Martinez\\_y\\_Luis\\_L\\_Vazquez\\_Caracteristicas\\_de\\_la\\_colindancia\\_de\\_cultivos\\_en\\_tres\\_sistemas\\_agricolas\\_convencionales\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_la\\_incidencia\\_de\\_insectos\\_nocivos\\_y\\_reguladores\\_naturales\\_Fit/links/566cde6a08aea0892c4ff715.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luis_L_Vazquez_Moreno/publication/286646807_Andres_Martinez_y_Luis_L_Vazquez_Caracteristicas_de_la_colindancia_de_cultivos_en_tres_sistemas_agricolas_convencionales_y_su_relacion_con_la_incidencia_de_insectos_nocivos_y_reguladores_naturales_Fit/links/566cde6a08aea0892c4ff715.pdf).
- Mc Lean, E.O. 1982. Soil and Lime Requirement. *En*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2<sup>nd</sup> ed. *Agronomy* 9:199-224.
- 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, L. R. 2007. *Sistemas Agroforestales*. Managua: UNA. Recuperado el 22 de Marzo de 2017
- Mendoza Hernández, F; Gómez Sousa, J. 2006. Entomología General. Pueblo y educación.
- Meylan, L. 2012. Design of cropping systems combining production and ecosystem services: developing a methodology combining numerical modeling and participation of farmers. Tesis PhD. Montpellier, Francia, Montpellier Supagro. 145 p.
- Nichols, E, Spector, S; Louzada, J; Larsen, T; Amezquita, S; and Favila, M. E. 2008. Ecological function and ecosystem services provided by Scarabaeidae dung beetles. *Biol. Conservation*. 141: 1461.
- Nygren, P.; Fernández, M.; Harmand, J.M.; Leblanc, H. 2012. Symbiotic dinitrogen fixation by trees: an underestimated resource in agroforestry systems? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 94(2-3):123-160.
- Olsen, S.R.; Cole; Watanabe C.V. y Dean. L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep. of Agric. Circ. 939.
- Palomeque, F. E. (2009). *Sistemas agroforestales*. Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=54> (Consultada el 2 de octubre de 2016).
- Palma, J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 9 (1): 1-11.
- Panigrahi, A.K. 2009. Earthworms and their role in soil fertility enhancement.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 285-307.
- Pérez, B. M. 2010. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelos y salud de cultivos. Herramienta para la Gestión de Sistemas Agrícolas desde la perspectiva de la Agroecología, 1era, 91. Bogotá, Colombia: Corporación Ambiental Empresarial. Filial de la Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado el 21 de abril de 2017
- Quirós, D; Louman, B; Valerio, J; Jiménez, 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.
- Renyi, A. 1961. On measures of Entropy and information. In: Neyman, J. (ed). *Proceedings of the 4 th Berkeley Symposium on Mathematica Statistics and Probability*, vol.1, pp. 547-561. University of California Press, Berkeley, C.A.
- Ribó, H. M. 2003. *Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico*. Recuperado de: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9501/ribo.pdf?sequence=1>
- Rincón, S. L. 2010. Caracterización fisicoquímica de algunos suelos de la zona de los municipios de Villanueva y Barichara, Santander. *Especialización en Química Ambiental*. Bucaramanga, Santander, Colombia. Recuperado el 20 de Abril de 2017
- Rodríguez, H.R; Aguilera, Y.J; Pilarte; M de A; Herradora, Y de A; Galeano, M.N; García, O.G y Cáceres, C.A.2017a. Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017a. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Driamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 21-33. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.
- Rodríguez, H.R; Aguilera, Y.J; Pilarte; M de A; Herradora, Y de A; Galeano, M.N; García, O.G y Cáceres, C.A.2017d. Macrofauna del suelo y su funcionalidad. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017a. Evaluación

- agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 40-46. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.
- Rodríguez, H.R; Chavarría, B.R; Martínez y J.A; Rocha, D.J. 2017e. Macrofauna del suelo y su funcionalidad. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017b. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino en Las lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 31-42. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- Rodríguez, H.R; Chavarría, B.R; Martínez, J.A; Rocha, D.J. 2017b. Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017b. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino en Las lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 19-24. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- Rodríguez, H.R; González, L.H; Herrera, H.J; Vargas, J.E; Laguna, M.J; López, G y Medina, R.I. 2017c. Diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017c. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.) en San Ramón y dos en Condega, Nicaragua. PP: 20-33. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Rodríguez, H.R; Varga, J.E; Laguna, M.J; González, L.H; Herrera, H.J; López, G y Medina, R.I. 2017f. Macrofauna del suelo y su funcionalidad. En: Salazar, D.J; García, L.J; Rodríguez, H.R; Calero, C.A; Morales, M.A y Valverde, L.O. 2017c. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.) en San Ramón y dos en Condega, Nicaragua. PP: 45-58. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Romero, I. 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>
- Root, R. 1973. Organization of a plant arthropod. Association in simple and diverse habitats the fauna of collar (*Brassicae oleraceae*). *Ecol monogr.* 95-124p.
- Salazar, D.J. 2013. Nicaragua potencial faro regional para el diseño y evaluación de agroecosistemas agroecológicos. Revista científica LA CALERA, 13:20, p. 58-65. ISBN 1998-7646, [www.una.edu.ni/diep/calera](http://www.una.edu.ni/diep/calera).
- Salazar, D.J. 2014. Impactos multifactoriales del cambio climático y estrategias de adaptación. Revista científica LA CALERA, 14:23, p. 96-104. ISBN 1998-8850, [www.una.edu.ni/diep/calera](http://www.una.edu.ni/diep/calera).
- Salazar, D.J.; Calero, C.; Castillo, B.; García, R.; Cruz, C.; Rodríguez, E.; López, G. y Medina, I. 2017c. Caracterización de la flora arbórea y su funcionalidad. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017c. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.), en San Ramón y dos en Condega Nicaragua. PP: 59-67. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Salazar, D.J.; Calero, C.; Rivera, J.; Mejía, G.; Hernández, R.; Hernández, O.; García, O. y Cáceres, C. 2017a. Caracterización de la flora arbórea y su funcionalidad. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017a. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 47-57. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.

- Salazar, D.J.; Calero, C.; Rojas, H. y Rocha, J. 2017b. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017b. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 42-50. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- Salazar, D.J.; Morales, M.; Valverde, L.; García, O. y Cáceres, I. 2017d. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017a. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con granos básicos en Diriamba y dos en Chinandega, Nicaragua. PP: 58-71. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58a.pdf>.
- Salazar, D.J.; Morales, M.; Valverde, L.; López, G.; y Medina, R. 2017f. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017c. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con café (*Coffea arabica* L.), en San Ramón y dos en Condega Nicaragua. PP: 67-77. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ea.pdf>.
- Salazar, D.J.; Morales, M.; Valverde, L.; Rocha, J. 2017e. Grado de sostenibilidad de los agroecosistemas. En: Salazar, D.J.; García, L.; Rodríguez, H.; Calero, A.; Morales, M. y Valverde, L. 2017b. Evaluación agroecológica de dos agroecosistemas con ganado bovino, Las Lagunas, Boaco, Nicaragua. PP: 52-61. Consultado en: <http://cenida.una.edu.ni/documentos/NF08U58ev.pdf>.
- simple and diverse habitats the fauna of collar (*Brassicae oleraceae*). *Ecol monogr.* 95-124p.
- Soto, G; Porras, C, Geroge, A; Tapia, A y Casanoves, F. 2006. La salud del suelo: un nuevo concepto para el diagnóstico del impacto de los sistemas de manejo. En: Primer congreso latinoamericano de productoras y productores experimentadores y de investigadores en agricultura orgánica. PP: 42-44.
- Spelda, J. 2015. Clase Diplopoda, Orden Julida. Revista IDE@- SEA. 27: 1–18. ISSN 2386-7183 1.
- Stebnicka Z. T. 2001. Aphodiinae (Insecta: Coleoptera. Scarabaeidae). Fauna of New Zealand. 42:64.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. En: A.L. Page, R.H. Miller y D.R. Keeney (eds) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy 9:159-165.
- Torres, F.P. 2015. Clase Insecta, Orden Blattodea. Revista IDE@ - SEA. 48: 1–13. ISSN 2386-7183.
- Urquhart, DH. 1963. Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Versión española de Juvenal Valerio. Turrialba, Costa Rica. 322 p.
- USDA. (United State Department of Agriculture). 1996. Soil Survey Laboratory Manual. Version 3. Washington, D.C.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. Ann. Rev. Ecol. Syst. 26:201-224.
- Vázquez, 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, J. (2007). Determinación del efecto de cuatro fuentes y tres dosis diferentes de fertilización orgánica en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en San Carlos Sija, Quetzaltenango. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

- Vázquez L, L.; Matienzo Brito, Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Ministerio de la Agricultura. Habana, CU. 1 - 4 p.
- Vázquez L, L.; Matienzo Y; Griffon D. 2011. Diagnostico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. En Simposio Agroecosistemas y biodiversidad: taxonomía y manejo. III Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.
- Vázquez L, L.; Simonetti J, A. 2013. Sistema Biofincas: Proceso participativo de diagnóstico, aprendizaje e innovación para el diseño y manejo agroecológico de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Habana, CU.
- Walkley, A. y Black, I.A. 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil. Sci.* 37:29-38.
- Wessel, M. 1971. Fertilizer requiremetns of Cacao (*Theobroma Cacao L.*) in South-Western Nigeria. Communication 61. Department of Agriculture and Natural Resources, Royal Trop. Inst.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon.*, 21: 213-251.
- Yong A. 2010. La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas. *Cultivos Tropicales* (en línea). vol.31 (4): p 1-13. Consultado 25 abr. 2017. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000400012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000400012)

## VII. ANEXOS

Cuadro 1a. Nombres científicos de árboles frutales, medicinales y aromáticos en los agroecosistemas agroforestales con cacao en Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016

<b>Nombres científicos</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Los Laureles</b>	<b>El Encanto</b>
<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	1	<b>17</b>
<i>Piper nigrum</i> L.	Pimienta	10	30
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	6	17
<i>Citrus paradisis</i> L.	Toronja	2	1
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote	-	1
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	8	21
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamón	3	<b>5</b>
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria	-	1
<i>Pyrus communis</i> L.	Pera	-	<b>2</b>
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> J.Presl	Canela	1	4
<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	Zapote	-	3
<i>Mammea americana</i> L.	Zapote montero	5	-
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaba	16	14
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Castaña	-	8
<i>Cassia grandis</i> L.f.	Carao	2	-
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	-	<b>2</b>
<i>Mespilus germanica</i> L.	Níspero	-	1
<i>Dialium guianense</i> Aubl.	Tamarindo silvestre	1	1
<i>Annona squamosa</i> L.	Anona de redecilla	4	-
<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarino	<b>4</b>	-
<i>Morinda panamensis</i> Seem.	Noni	1	-
<i>Zanthoxylum fagara</i> L.	Limoncillo	3	-
<b>Total de frutales</b>		<b>67</b>	<b>128</b>

Cuadro 2a. Nombres científicos y familias taxonómicas de árboles forestales en los Agroecosistemas Los Laureles y el Encanto, Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016

Nombres científicos	Frecuencia			
	Familias taxonómicas	Nombre común	Los Laureles	El Encanto
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Caesalpiniaceae	Acacia	1	2
<i>Albizia niopoide</i> Spruce ex Benth.	Mimosaceae	Guanacaste	6	-
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Quita calzón	5	2
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz *	Moraceae	Ojoche	4	7
<i>Bursera simarouba</i> L.	Burseraceae	Indio desnudo	-	2
<i>Carapa guianensis</i> Aubl. *	Meliaceae	Cedro macho	5	3
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Moraceae	Hule	1	1
<i>Cecropia peltata</i> L.	Cecropiaceae	Guarumo	4	4
<i>Cedrela odorata</i> L. *	Meliaceae	Cedro real	20	2
<i>Ceiba pentandra</i> L. *	Bombacaceae	Ceiba	3	-
<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav. *	Boraginaceae	Laurel	47	45
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	Caobillo	-	1
<i>Dalbergia tucurensis</i> J.D.Smith *	Fabaceae	Granadillo	-	5
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Fabaceae	Malinche	5	-
Desconocido			5	1
<i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst.	Proteaceae	Fosforito	-	1
<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	Fabaceae	Elequeme	10	1
<i>Ficus glabrata</i> Kunth.	Moraceae	Chilamate	12	2
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	Fabaceae	Madero negro	3	2
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Guácimo	3	7
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Guapinol	3	-
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> L. & Roussis.	Fabaceae	Chaperno	24	4
<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam	Malvaceae	Guano	1	-
<i>Shizolobium parahyba</i> Vell.	Caesalpiniaceae	Gavilán	3	1
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Jobo	7	27
<i>Swietenia macrophylla</i> King. *	Meliaceae	Caoba	6	-
<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	Bignoniaceae	Roble	7	-
<i>Tabebuia crysantha</i> Bertol.	Bignoniaceae	Cortez	-	4
<i>Tetragastris panamensis</i> Engl. *	Burseraceae	Querosin	-	1
<b>Total</b>			<b>185</b>	<b>125</b>

\*: Especies primarias

Cuadro 3a. Órdenes y familias taxonómicas de la macrofauna edáfica con sus respectivas frecuencias absolutas o abundancia y probabilidades correspondientes en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016

Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
Araneae (Arac)	Agelenidae	10	3.17	5	3.125
	<b>Subtotal</b>	<b>10</b>	<b>3.17</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Opiliones (Arac)	Gonileptidae	1	0.32	0	0
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Scorpiones (Arac)	Bothriuridae	1	0.32	0	0
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total (Arac)</b>		<b>12</b>	<b>3.81</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Haplotaxida (Clit)	Lumbricidae	134	42.54	84	52.5
	<b>Subtotal</b>	<b>134</b>	<b>42.54</b>	<b>84</b>	<b>52.5</b>
<b>Total (Clit)</b>		<b>134</b>	<b>42.54</b>	<b>84</b>	<b>52.5</b>
Julida (Dipl)	Julidae	33	10.48	16	10
	<b>Subtotal</b>	<b>33</b>	<b>10.48</b>	<b>16</b>	<b>10</b>
Polydesmida (Dipl)	Polydesmidae	8	2.54	2	1.25
	<b>Subtotal</b>	<b>8</b>	<b>2.54</b>	<b>2</b>	<b>1.25</b>
<b>Total (Dipl)</b>		<b>41</b>	<b>13.02</b>	<b>18</b>	<b>11.25</b>
Pulmonata (Gast)	Ampullariidae	34	10.79	13	8.125
	<b>Subtotal</b>	<b>34</b>	<b>10.79</b>	<b>13</b>	<b>8.125</b>
<b>Total (Gast)</b>		<b>34</b>	<b>10.79</b>	<b>13</b>	<b>8.125</b>
Blattodea (Inse)	Blattellidae	27	8.57	10	6.25
	<b>Subtotal</b>	<b>27</b>	<b>8.57</b>	<b>10</b>	<b>6.25</b>
Coleoptera (Inse)	Scarabaeidae	30	9.52	4	2.5
	Passalidae	2	0.63	3	1.875



Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
	Gyrinidae	5	1.59	-	
	Silfhidae	1	0.32	-	
	Elateridae	1	0.32	-	
	Lampyridae	-		1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>39</b>	<b>12.38</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
Diptera (Inse)	Muscidae	4	1.27	-	
	Tachinidae	1	0.32	-	
	Dolichopodidae	-		1	0.625
	Stratiomyidae	-		1	0.625
	Sirfhidae	-		1	0.625
<b>Subtotal</b>	<b>5</b>	<b>1.59</b>	<b>3</b>	<b>1.875</b>	
Hemiptera (Inse)	Gelastocoridae	1	0.32	-	
	Pentatomidae	-		3	1.875
	Coreidae	-		1	0.625
	Hydrometridae	-		1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Hymenoptera (Inse)	Formicidae	11	3.49	5	3.125
	Torymidae	2	0.63	4	2.5
	<b>Subtotal</b>	<b>13</b>	<b>4.13</b>	<b>9</b>	<b>5.625</b>
Lepidoptera (Inse)	Elateridae	1	0.32	1	0.625
	Noctuidae	1	0.32	2	1.25
	<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>3</b>	<b>1.875</b>
Orthoptera (Inse)	Acrididae	4	1.27	1	0.625
	Tettigoniidae	1	0.32	-	
	<b>Subtotal</b>	<b>5</b>	<b>1.59</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Total (Insec)</b>		<b>92</b>	<b>28.89</b>	<b>39</b>	<b>24.375</b>

Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
Isopoda (Mala)	Porcellionidae	2	0.63	1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Total (Mala)</b>		<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Gran total</b>		<b>315</b>		<b>160</b>	

Clase Arácnida: Arac; clase Clittelata: Clit; clase Diplopoda: Dipl; clase Gastropoda: Gast;  
clase Insecta: Inse y clase Malacostraca: Mala.

## VIII. ANEXOS

Cuadro 1a. Nombres científicos de árboles frutales, medicinales y aromáticos en los agroecosistemas agroforestales con cacao en Los Laureles y El Encanto, El Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016

<b>Nombres científicos</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Los Laureles</b>	<b>El Encanto</b>
<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	1	<b>17</b>
<i>Piper nigrum</i> L.	Pimienta	10	30
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	6	17
<i>Citrus paradisis</i> L.	Toronja	2	1
<i>Spondias purpurea</i> L.	Jocote	-	1
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	8	21
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamón	3	<b>5</b>
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria	-	1
<i>Pyrus communis</i> L.	Pera	-	<b>2</b>
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> J.Presl	Canela	1	4
<i>Pouteria sapota</i> Jacq.	Zapote	-	3
<i>Mammea americana</i> L.	Zapote montero	5	-
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaba	16	14
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Castaña	-	8
<i>Cassia grandis</i> L.f.	Carao	2	-
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	-	<b>2</b>
<i>Mespilus germanica</i> L.	Níspero	-	1
<i>Dialium guianense</i> Aubl.	Tamarindo silvestre	1	1
<i>Annona squamosa</i> L.	Anona de redecilla	4	-
<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarino	<b>4</b>	-
<i>Morinda panamensis</i> Seem.	Noni	1	-
<i>Zanthoxylum fagara</i> L.	Limoncillo	3	-
<b>Total de frutales</b>		<b>67</b>	<b>128</b>

Cuadro 2a. Nombres científicos y familias taxonómicas de árboles forestales en los Agroecosistemas Los Laureles y el Encanto, Hormiguero, Siuna, RACCN. Nicaragua, 2016

Nombres científicos	Frecuencia			
	Familias taxonómicas	Nombre común	Los Laureles	El Encanto
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Caesalpiniaceae	Acacia	1	2
<i>Albizia niopoide</i> Spruce ex Benth.	Mimosaceae	Guanacaste	6	-
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Quita calzón	5	2
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	Moraceae	Ojoche	4	7
<i>Bursera simarouba</i> L.	Burseraceae	Indio desnudo	-	2
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	Cedro macho	5	3
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Moraceae	Hule	1	1
<i>Cecropia peltata</i> L.	Cecropiaceae	Guarumo	4	4
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro real	20	2
<i>Ceiba pentandra</i> L.	Bombacaceae	Ceiba	3	-
<i>Cordia alliodora</i> Ruiz & Pav.	Boraginaceae	Laurel	47	45
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	Caobillo	-	1
<i>Dalbergia tucurensis</i> J.D.Smith	Fabaceae	Granadillo	-	5
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Fabaceae	Malinche	5	
Desconocido			5	1
<i>Embothrium coccineum</i> J.R.Forst.	Proteaceae	Fosforito	-	1
<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	Fabaceae	Elequeme	10	1
<i>Ficus glabrata</i> Kunth.	Moraceae	Chilamate	12	2
<i>Gliricidia sepium</i> Jacq.	Fabaceae	Madero negro	3	2
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Guácimo	3	7
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	Guapinol	3	-
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> L. & Roussis.	Fabaceae	Chaperno	24	4
<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam	Malvaceae	Guano	1	-
<i>Shizolobium parahyba</i> Vell.	Caesalpiniaceae	Gavilán	3	1
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Jobo	7	27
<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Meliaceae	Caoba	6	-
<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	Bigniaceae	Roble	7	
<i>Tabebuia crysantha</i> Bertol.				4
<i>Tetragastris panamensis</i> Engl.	Burseraceae	Querosin	-	1
<b>Total</b>			<b>185</b>	<b>125</b>

Cuadro 3a. Órdenes y familias taxonómicas de la macrofauna edáfica con sus respectivas frecuencias absolutas o abundancia y probabilidades correspondientes en dos agroecosistemas con cacao (Los Laureles y El Encanto), El Hormiguero, Siuna RACCN, Nicaragua, 2016

Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
Araneae (Arac)	Agelenidae	10	3.17	5	3.125
	<b>Subtotal</b>	<b>10</b>	<b>3.17</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Opiliones (Arac)	Gonileptidae	1	0.32	0	0
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Scorpiones (Arac)	Bothriuridae	1	0.32	0	0
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total (Arac)</b>		<b>12</b>	<b>3.81</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Haplotaxida (Clit)	Lumbricidae	134	42.54	84	52.5
	<b>Subtotal</b>	<b>134</b>	<b>42.54</b>	<b>84</b>	<b>52.5</b>
<b>Total (Clit)</b>		<b>134</b>	<b>42.54</b>	<b>84</b>	<b>52.5</b>
Julida (Dipl)	Julidae	33	10.48	16	10
	<b>Subtotal</b>	<b>33</b>	<b>10.48</b>	<b>16</b>	<b>10</b>
Polydesmida (Dipl)	Polydesmidae	8	2.54	2	1.25
	<b>Subtotal</b>	<b>8</b>	<b>2.54</b>	<b>2</b>	<b>1.25</b>
<b>Total (Dipl)</b>		<b>41</b>	<b>13.02</b>	<b>18</b>	<b>11.25</b>
Pulmonata (Gast)	Ampullariidae	34	10.79	13	8.125
	<b>Subtotal</b>	<b>34</b>	<b>10.79</b>	<b>13</b>	<b>8.125</b>
<b>Total (Gast)</b>		<b>34</b>	<b>10.79</b>	<b>13</b>	<b>8.125</b>
Blattodea (Inse)	Blattellidae	27	8.57	10	6.25
	<b>Subtotal</b>	<b>27</b>	<b>8.57</b>	<b>10</b>	<b>6.25</b>
Coleoptera (Inse)	Scarabaeidae	30	9.52	4	2.5
	Passalidae	2	0.63	3	1.875

Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
	Gyrinidae	5	1.59	-	
	Silfhidae	1	0.32	-	
	Elateridae	1	0.32	-	
	Lampyridae	-		1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>39</b>	<b>12.38</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
Diptera (Inse)	Muscidae	4	1.27	-	
	Tachinidae	1	0.32	-	
	Dolichopodidae	-		1	0.625
	Stratiomyidae	-		1	0.625
	Sirfhidae	-		1	0.625
<b>Subtotal</b>	<b>5</b>	<b>1.59</b>	<b>3</b>	<b>1.875</b>	
Hemiptera (Inse)	Gelastocoridae	1	0.32	-	
	Pentatomidae	-		3	1.875
	Coreidae	-		1	0.625
	Hydrometridae	-		1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>1</b>	<b>0.32</b>	<b>5</b>	<b>3.125</b>
Hymenoptera (Inse)	Formicidae	11	3.49	5	3.125
	Torymidae	2	0.63	4	2.5
	<b>Subtotal</b>	<b>13</b>	<b>4.13</b>	<b>9</b>	<b>5.625</b>
Lepidoptera (Inse)	Elateridae	1	0.32	1	0.625
	Noctuidae	1	0.32	2	1.25
	<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>3</b>	<b>1.875</b>
Orthoptera (Inse)	Acrididae	4	1.27	1	0.625
	Tettigoniidae	1	0.32	-	
	<b>Subtotal</b>	<b>5</b>	<b>1.59</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Total (Insec)</b>		<b>92</b>	<b>28.89</b>	<b>39</b>	<b>24.375</b>

Órdenes	Familias	Agroecosistemas			
		Los Laureles	Probabilidad	El Encanto	Probabilidad
Isopoda (Mala)	Porcellionidae	2	0.63	1	0.625
	<b>Subtotal</b>	<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Total (Mala)</b>		<b>2</b>	<b>0.63</b>	<b>1</b>	<b>0.625</b>
<b>Gran total</b>		<b>315</b>		<b>160</b>	

Clase Arácnida: Arac; clase Clittelata: Clit; clase Diplopoda: Dipl; clase Gastropoda: Gast; clase Insecta: Inse y clase Malacostraca: Mala.