



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Sostenibilidad productiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fincas del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos y Las Azucenas del Municipio de San Carlos, Río San Juan, aplicando la metodología MESMIS, 2022

Autores

Br. Axel Manuel Bermúdez
Br. Génesis Mitchell Sandoval Casaya

Asesores

Ing. MSc. Rodolfo de Jesús Munguía Hernández
Ing. MSc. Martha del Rosario Gutiérrez Castillo

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador
como requisito final para optar al grado de Ingeniero
Agrónomo

Managua, Nicaragua
Diciembre 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Jorge Gómez Martínez
Presidente

Ing. Harlem Tania Ríos Peralta
Secretario

Ing. Luis Ruiz Obando
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 19/12/2023

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y sabiduría para poder culminar mis estudios universitarios.

A mi madre **Digna Emérita Bermúdez Andrade** a quien le dedico este logro, quien ha sido mi principal apoyo y que a pesar de todo siempre está para mí.

A mi abuelita **Catalina Andrade Carias** (q.e.p.d) que donde sea que este siempre estará en mi corazón.

A mis tíos **Luis Manuel Andrade** y **María Esther Andrade** por el apoyo en cada momento de esta etapa.

A mis hermanos **Daniel Antonio Velásquez Bermúdez** y **Amanda Del Rosario Velásquez Bermúdez**.

A mi compañera de tesis **Génesis Mitchell Sandoval Casaya** por su apoyo incondicional en todo el proceso para la elaboración del trabajo de tesis.

Y a todas las personas que fueron parte de este largo camino universitario.

Br. Axel Manuel Bermúdez

A Dios a quien le dedico este logro por darme la sabiduría para culminar mi carrera universitaria.

A mi madre **Silvia Julia Casaya** por estar acompañándome siempre en cada etapa de mi vida y brindándome su apoyo incondicional, porque ella es la motivación de que me sienta orgullosa de lo que seré.

A mis hermanos **Silvia Casaya, Eli Mateo Casaya y Alexa Casaya**, por confiar en mí, por ser la razón de sentirme orgullosa de culminar esta meta.

A mi abuelo **Carlos Manuel Casaya Vega** (q.e.p.d), porque siempre fue mi ejemplo a seguir desde el día número uno de iniciar mi recorrido para convertirme en una profesional.

A mi compañero de tesis **Axel Manuel Bermúdez**, por el apoyo incondicional que me ha brindado durante este proceso de culminar mis estudios.

Y a todos los que han confiado en mi durante esta larga trayectoria de culminar mi carrera universitaria.

Br. Génesis Mitchell Sandoval Casaya

AGRADECIMIENTO

Primeramente, darle gracias a Dios por guiarme y permitirme cumplir esta meta.

A mi madre **Digna Emérita Bermúdez Andrade** a quien le agradezco de todo corazón por haberme apoyado en cada paso de mi vida y a quien amo con todo mi corazón.

A mi tío **Luis Manuel Andrade** a quien quiero como un padre, le agradezco por cada uno de sus consejos y enseñanzas de vida.

A mis hermanos **Daniel Antonio Velásquez Bermúdez** y **Amanda Del Rosario Velásquez Bermúdez** por el apoyo recibido incondicionalmente.

A mi compañera **Génesis Mitchell Sandoval Casaya** a quien agradezco infinitamente por estar presente en este proceso de tesis y por el apoyo brindado incondicionalmente.

A la **Sra. Silvia Julia Cassaya Solís** por siempre quererme y apoyarme como un hijo más.

A **Víctor Hugo Montalván Urbina** un amigo que siempre estuvo en los momentos difíciles y a quien le agradezco por ser parte de este logro.

Al **MSc. Rodolfo Munguía Hernández** con quien estaré agradecido toda la vida por el tiempo, dedicación y enseñanzas en todo el proceso de elaboración de este trabajo de tesis.

A la **MSc. Martha Gutiérrez Castillo** por el asesoramiento y dedicación en toda la etapa de campo.

A la organización Amigos de la Tierra, España (ADTE) y a los productores de los Guatuzos y las Azucenas, porque por ellos se hizo posible este trabajo.

Br. Axel Manuel Bermúdez

Primeramente, le doy infinitas gracias a Dios por darme salud, sabiduría y ser mi guía durante todos los logros a lo largo de mi vida.

A mi madre **Silvia Julia Casaya** a quien amo y agradezco de corazón por siempre estar para mí incondicionalmente, brindarme su confianza en todas las decisiones de mi vida.

A mis hermanos **Alexa Casaya, Silvia Casaya y Eli Mateo Casaya**, les agradezco por su inmenso amor, paciencia, cariño y confianza que me han brindado a largo de mi vida porque día con día me han alentado a ser una persona mejor y los amo con todo mi corazón.

A mi compañero de tesis **Axel Manuel Bermúdez** agradezco por estar presente en este proceso de tesis y ser un apoyo incondicional.

A mis asesores **MSc. Rodolfo Munguía Hernández y MSc. Martha Gutiérrez Castillo**, les agradezco por brindarme sus conocimientos, tiempo, confianza dedicación en este proceso de tesis, con su ayuda pude dar por completada mi carrera universitaria ya que son excelentes Ingenieros y personas.

A la organización Amigos de la Tierra, España (ADTE) y a los productores de los Guatuzos y las Azucenas, porque por ellos se hizo posible este trabajo.

Br. Genesis Mitchell Sandoval Casaya

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Características generales	4
3.2. Los agroecosistemas	5
3.3. Sistema agroforestal con cacao	6
3.4. De la evaluación de un agro ecosistema	7
3.4.1. Metodologías de evaluación de la sustentabilidad	9
3.4.2. La aplicación del MESMIS en el sistema de producción de cacao	12
3.4.3. Estudios de caso aplicando MESMIS	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Ubicación del estudio	16
4.2. Diseño metodológico	17
4.3. Material biológico	21
4.4. Recolección de datos	21
4.5. Análisis de datos	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1. Caracterización de las fincas de cacao	22
5.1.1. Condiciones de clima	22
5.1.2. Condiciones de suelo	23

5.1.3.	Aspectos tecnológicos y de manejo	23
5.1.4.	Diagrama de flujo	25
5.1.5.	Fortalezas y debilidades	26
5.2.	Puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de evaluación	27
5.3.	Análisis de sostenibilidad por atributos	33
5.3.1.	Atributo de productividad	33
5.3.2.	Atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	35
5.3.3.	Atributo de Adaptabilidad	51
5.3.4.	Atributo de equidad	55
5.3.5.	Atributo de autogestión	56
5.4.	Análisis del consolidados de resultados de los atributos	58
5.5.	Análisis de resultados por dimensión agroecológica	60
VI.	CONCLUSIONES	62
VII.	RECOMENDACIONES	63
VIII.	LITERATURA CITADA	64
IX.	ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Comparación de distintos marcos de evaluación de sostenibilidad	11
2	Atributos, puntos críticos, criterios diagnósticos e indicadores de evaluación	19
3	Escala de valor y escala de interpretación	20
4	Temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos	22
5	Puntos críticos, criterios diagnósticos e indicadores de evaluación	27
6	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de productividad	33
7	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de productividad	34
8	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	36
9	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	37
10	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	39
11	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	41
12	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	42
13	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	44
14	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	45
15	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	46
16	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	49

17	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad	50
18	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de adaptabilidad	52
19	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de la evaluación correspondiente al atributo de adaptabilidad	53
20	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de equidad	55
21	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores correspondientes al atributo de equidad	56
22	Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondientes al atributo de autogestión	57
23	Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de autogestión	58
24	Resultados obtenidos mediante el análisis de los atributos	59
25	Resultados obtenidos mediante el análisis por dimensión agroecológica	60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de ubicación de las comarcas a evaluar, tomado (Ministerio-Agropecuario, 2022)	15
2	El ciclo de evaluación en el MESMIS (Matera et al., 2000).	16
3	Diagrama de flujo de las cuatro fincas cacaoteras del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos y Las Azucenas.	25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1 Escala de valoración de los indicadores	71
2 Lista de productores de cacao, ubicación de fincas en el Refugio de Vida Silvestre “Los Guatuzos” y en Las Azucenas	73
3 Representación gráfica de las actividades de campo	73

RESUMEN

Se llevo a cabo un diagnóstico productivo en el departamento de Río San Juan, municipio de San Carlos en áreas de las comunidades de Las Azucenas y del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos, con el objetivo de comparar el nivel de sostenibilidad de cuatro fincas cacaoteras, aplicando la metodología Marco para la Evaluación de sistemas de los Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS). Se realizaron visitas de estudio a cada unidad productiva para la recopilación de información a través de entrevistas, formularios, revisión de documentos y medición de los indicadores seleccionados en las parcelas de cacao. Se caracterizó las condiciones ambientales, los componentes biológicos, condiciones de manejo agronómico y tecnológico del cultivo de cacao. Se aplicaron indicadores de evaluación considerando las dimensiones ambientales, económicas, sociales y se consideraron los siete atributos del agroecosistema. En la dimensión ambiental el problema principal son las enfermedades como Monilia y Mazorca negra, suelos de clase textural arcilla, pesados y difíciles de cultivar, se encontraron deficiencias en fósforo y potasio. En la dimensión económica se determinó que los productores no realizan ningún tipo de transformación de cacao, carecen de equipos e infraestructura, y no incursionan en la diversificación de mercados. En la dimensión social presentan debilidades ya que carecen de actividades de capacitación y asistencia técnica, para el caso del Refugio de vida silvestre Los Guatuzos tienen dificultad en el traslado del cacao y los mercados ofrecen bajos precios por el grano de cacao.

Palabras clave: Agroecosistema, Atributos, Indicadores, Dimensiones ambiental, económica y social, FODA, Transformación del cacao, Cacao Rojo

ABSTRACT

It was carried out in the department of Rio San Juan, municipality of San Carlos in areas of the Las Azucenas community and the Los Guatuzos Wildlife Refuge, with the objective of comparing the level of sustainability of four cocoa farms, applying the Framework methodology. for the Evaluation of Natural Resources Systems Incorporating Sustainability Indicators (MESMIS). Study visits were made to each productive unit to collect information through interviews, forms, document review and measurement of selected indicators in the cocoa plots. The environmental conditions, biological components and agronomic and technological management conditions of cocoa cultivation were characterized. Evaluation indicators were applied considering the environmental, economic, and social dimensions and the attributes of the agroecosystem were considered. In the environmental dimension, the main problem is diseases such as Monilia and Black Cob, clay textural class soils, heavy and difficult to cultivate, deficiencies in phosphorus and potassium were found. In the economic dimension, it was determined that producers do not carry out any type of cocoa transformation, they lack equipment and infrastructure, and they do not venture into market diversification. In the social dimension they present weaknesses since they lack training activities and technical assistance, in the case of the Los Guatuzos Wildlife Refuge they have difficulty transporting cocoa and the markets offer low prices for the cocoa bean.

Keywords: Agroecosystem, Attributes, Indicators, Environmental, economic and social dimensions, SWOT, Cocoa transformation, Red Cocoa.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao es originario de América, su centro los “Altos Amazonas”, que comprenden países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, [...] su nombre científico *Theobroma cacao* L., el cual significa “alimentos de los dioses”, puesto que era utilizado como bebida de dioses, para dar energía a guerreros y la palabra cacao deriva del náhuatl, cacáhuatl que era utilizado como moneda (Montalván et al. 2011, p.6).

Según (Sequeira, 2015) expresa que “Nicaragua se ha posicionado en mercados de cacao fino, donde se han logrado excelentes precios por su calidad, los mejores mercados para la exportación de cacao en grano en Centroamérica son los pagados por Costa Rica y el Salvador”.

Se reporta por él (Gobierno-de-Reconciliación-y-Unidad-Nacional, [GRUN] 2022) que en el “ciclo 2021/22 se cosecharon 176 700 quintales” equivalentes a 8 017 ton “(+6.8 % respecto al ciclo anterior)”, también menciona que las exportaciones fueron de “165 268.5 quintales, equivalente a US \$11.7 millones” Las estimaciones hechas para el ciclo 2022/23 en producción serán de “+7.5% de crecimiento” y las exportaciones en +4.3 %.

El país cuenta con 11 000 cacaocultores y con un área cosechada de 9 907 ha, de la producción total “el 65 % es sin fermentar (se le llama lavado o cacao rojo) que es dirigido para el mercado de América Central y el restante 35 % pasa por un proceso obligatorio de fermentación para su debida exportación, que se hace mayormente a Alemania” (Wiegel *et al.* 2020, p.2). En el departamento de Río San Juan, de acuerdo con estadísticas de (Ministerio-Agropecuario, 2022) “se registra el 8,4 % de los productores de cacao y representan el 8.8 % del área total a nivel Nacional”.

La producción de cacao, presenta limitaciones con respecto al manejo de las parcelas en las fincas localizadas en las áreas del municipio de San Carlos, Río San Juan tales como: práctica inadecuada de poda de formación y producción, el deshije (deschuponado), el no realizar estas prácticas provoca un exceso de sombra dentro del sistema de cacao siendo vulnerable para la proliferación de enfermedades como: moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora* sp), afectando directamente la producción, otro de los factores que limitan considerablemente es el bajo precio de comercialización en los centros de acopio y mercado local, generando un impacto negativo al sistema productivo y a la economía de los productores que son de bajos recursos.

Los cacaocultores deberían realizar un plan de acción y estrategias que ayuden a sostener de manera eficaz y eficiente las unidades de producción, el “utilizar de manera sostenible nuestros agroecosistemas a corto, mediano y largo plazo permite el uso productivo en forma permanente, optimizando el potencial agrícola del país y mejorando la situación social y económica de la población que depende directa e indirectamente de dichos agroecosistemas” (Bercerril, T. et al, 2009, p.13).

El propósito de esta investigación es realizar un diagnóstico de los sistemas productivos de cacao aplicando la metodología de Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos Naturales utilizando Indicadores de Sustentabilidad [MESMIS], la que es definida como “una propuesta de evaluación que sirve como punto de apoyo para hacer operativo el concepto de sostenibilidad en la búsqueda de un desarrollo económico-social equitativo y ambientalmente sano de las comunidades rurales” (Maserá *et al.*, 1999; Astier *et al.*, 2002, p.5).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Comparar el nivel de sostenibilidad de cuatro fincas productoras de cacao en el Municipio de San Carlos, aplicando la evaluación transversal de la metodología MESMIS, 2022.

2.1. Objetivos específicos

Caracterizar la producción de cacao de dos fincas de Las Azucenas y dos del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos, para determinar el contexto del análisis las condiciones biofísicas, tecnológicas y sociales.

Determinar el nivel de desempeño de los atributos de productividad, estabilidad, resiliencia y confiabilidad estableciendo los puntos críticos positivos y negativos ambientales, sociales y económicos del sistema de producción de cacao.

Determinar el nivel de desempeño de los atributos de adaptabilidad, equidad y autogestión estableciendo los puntos críticos positivos y negativos ambientales, sociales y económicos del sistema de producción de cacao.

Establecer las diferencias comparativas en manejo de las parcelas de cacao de dos fincas en la comarca Las Azucenas y del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos, mediante el nivel de desempeño de las tres dimensiones de la sostenibilidad obtenido a través de la aplicación de MESMIS.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Características generales

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol de ramificación con hojas simples que puede alcanzar una altura entre 4-8 m., el fruto es una baya grande (mazorca) fusiforme púrpura o amarilla en su madurez de 20 cm de largo y 7 cm de ancho, en promedio. La planta comienza a florecer y fructificar después de 3-4 años desde la siembra y la cosecha máxima se alcanza después de los 6-7 años. (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA] 2013, p.7).

“El cacao pertenece al Orden Malvales, familia Esterculiácea, género *Theobroma* y especie cacao. Es una planta que tiene 20 cromosomas, es altamente alógama, ya que es de polinización cruzada hasta en un 95 %, efectuándose esto por insectos sumamente especializados” (Jhonson *et al*, 2008, p.7), entre las especies de insectos se encuentra la mosquita del género *Forcipomyia*.

“El cacao tiene una raíz principal o pivotante que puede crecer hasta 1.20 a 1.50 m. de profundidad y en algunos casos llega hasta 2 m, la mayoría de las raíces secundarias o terciarias se encuentran en los primeros 20-25 cm de profundidad de suelo, cubriendo estos en forma irregular un área similar a la de la copa del árbol” (p.7).

El cacao es un cultivo que se establece bajo sistema agroforestal o a pleno sol. “En el municipio de Waslala, se clasificaron las fincas que producen cacao en 5 categorías según la composición del sistema agroforestal: 1) Plantaciones de cacao + especies forestales, 2) Plantaciones de cacao + musáceas (banano y plátano), 3) Plantaciones de cacao + especies forestales + musáceas, 4) Plantaciones de cacao + especies frutales diversas y 5) Plantaciones de cacao + varios (café, malanga, yuca, tiquizque)” (JICA 2013, p.17).

En la especie de cacao existen 3 tipos genéticos principales de las cuales se describirán a continuación:

Cacao Criollo: Se caracteriza por tener, “mazorcas cilíndricas, con diez surcos profundos simple o bien en cinco pares, cáscara verrugosa, que puede ser delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar de un color verde hasta rojo,

con semillas blancas o ligeramente pigmentadas, que pueden tener una forma cilíndrica u ovalada” (Jhonson *et al.*, 2008, p.9).

“Entre los criollos reconocidos está el Criollo de Nicaragua o Cacao Real, cuya característica más sobresaliente es la frecuencia de los colores rojos intensos en las mazorcas y un cuello de botella, aunque también se encuentran formas angoletas, pero siempre está presente la punta recurvada o recta, siendo las demás características similares a los otros criollos” (p.9).

Este mismo autor determina que el cacao Forastero: Presenta “mazorcas ovoides, amelonadas con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio, con los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Las mazorcas son generalmente verdes con tonos blanquecinos o rosado tenue en algunas poblaciones, semillas moradas, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas” (p.10).

Cacao Trinitario: Este tipo son “Poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y amelonados, tienen características de mazorcas y semillas muy similar o en forma intermedia entre los dos grupos de cacaos de los cuales se originan” (p.10).

3.2. Los agroecosistemas

“Los términos agroecosistemas, sistema agrícola y sistema agrario han sido utilizados para describir las actividades agrícolas realizadas por grupos de gente. Sistema de alimentación, en cambio, es un término más amplio que incluye producción agrícola, distribución de recursos, procesamiento y comercialización de productos dentro de una región y/o país agrícola” (Krantz 1974), citado por (Altieri M, 1999, p.47)

De este modo, “el énfasis está en las interacciones entre la gente y los recursos de producción de alimentos al interior de un predio o incluso un área específica. Resulta difícil delinear los límites exactos de un agro ecosistema, sin embargo, debería tenerse en mente que los agroecosistemas son sistemas abiertos que reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que pueden ingresar en sistemas externos” (Altieri M, 1999, p.47)

Este mismo autor se refiere al agro ecosistemas como “la unidad ecológica principal. Contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos, y por intermedio de los cuales se procesan los nutrientes y el flujo de energía”. (p.47)

“La función de los agro ecosistemas se relaciona con el flujo de energía y con el reciclaje de los materiales a través de los componentes estructurales del ecosistema el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos. El flujo de energía se refiere a la fijación inicial de la misma en el agroecosistema por fotosíntesis, su transferencia a través del sistema a lo largo de una cadena trófica y su dispersión final por respiración. El reciclaje biológico se refiere a la circulación continua de elementos desde una forma inorgánica (geo) a una orgánica (bio) y viceversa” (p.47).

En Nicaragua se observan y describen agro ecosistemas de diferentes grados de desarrollo desde monocultivos hasta diversificados que entre los cuales se encuentran los sistemas agroforestales con café y cacao.

3.3. Sistema agroforestal con cacao

Los Sistemas Agroforestales (SAF) “es la forma de usar la tierra, que implica la combinación de especies forestales, en tiempo y espacio, con especies agronómicas, en procura de la sostenibilidad del sistema” (Oficina Nacional Forestal , 2013)

En Nicaragua, al igual que en América Central, los sistemas agroforestales han existido desde tiempos precolombinos. Estos surgen de la combinación del uso de los recursos naturales, la práctica de la agricultura y el manejo de animales menores tales como aves y pequeños mamíferos. Gran parte de estos sistemas de equilibrio natural han dejado de existir, modificándose y reflejando otra forma de vida (Mendieta L & Rocha M, 2007).

Este mismo autor señala que en “el país se utilizan de forma tradicional y se han desarrollado de acuerdo con los recursos que posee el agricultor. Algunos de éstos son el cultivo de café y cacao bajo sombra, cortinas rompeviento, cercas vivas y árboles en potreros, practicándose éstos por lo general sin ningún manejo” (p.9).

Los SAF con cacao y café “son los más comunes y cubren alrededor de 17,7 millones de hectáreas y aproximadamente el 70 % de la producción de cacao proviene de pequeños agricultores” (Alvarez Carrillo et al., 2012).

El cultivo de cacao tiene un papel relevante en la economía de las familias agricultoras, su producción se complementa bajo un modelo de sistemas agroforestales, promoviendo así alternativas que deben ser apropiadas para optimizar procesos y aprovechar recursos locales conservando los suelos; por otro lado, se da paso a la producción de diferentes especies en una misma área de tierra, aumentando los ingresos económicos, mitigando los impactos ambientales negativos y preservando la biodiversidad, (Compañía Nacional De Chocolate , 2021).

La planeación estratégica en el diseño y establecimiento de un sistema agroforestal con cacao, teniendo en cuenta los diferentes factores agroecológicos de los territorios y los rendimientos productivos de las especies a utilizar; promoverá unos sistemas agrícolas más sostenibles y competitivos en las regiones, que conlleven a una integralidad que beneficie toda la cadena de valor cacao-chocolate (p.7)

3.4. De la evaluación de un agro ecosistema

“Evaluar los agroecosistemas trasciende los estudios disciplinarios sobre procesos específicos y permite analizar de manera integral el funcionamiento de dichos sistemas, a fin de mejorar las oportunidades de éxito en el desarrollo de alternativas diseñadas para fortalecer la sustentabilidad” (Astier et al., 2009 p,119).

El propósito de una evaluación del agro ecosistema “es buscar su propia integración a un proceso de identificación de problemas y formulación de planes de acción que permitan mejorar los sistemas de manejo de recursos naturales. La evaluación de sustentabilidad debe ser en fin de cuentas un instrumento de planeación y diseño de sistemas de manejo” (Maser. 2000, p.85).

El MESMIS propone un proceso de análisis y retroalimentación, ya que “busca evitar que el análisis proporcione simplemente una calificación de los sistemas de manejo en escalas de sostenibilidad” (Prieto, 2011).

De acuerdo con el autor anterior indica que “la sostenibilidad de un sistema de recursos naturales se define por siete atributos generales: Productividad, Equidad, Resiliencia, Estabilidad, Confiabilidad, Adaptabilidad, y Autogestión” (p.18), los que a continuación se describen.

La productividad, es la habilidad de un agroecosistema para proveer de un nivel requerido de bienes y servicios.

Equidad, es la habilidad del sistema para distribuir la productividad (beneficios o costos) de una manera justa e igualitaria (Maserá *et al.*, 1999).

El término resiliencia se puede definir como la capacidad de un sistema para absorber cualquier tipo de perturbación y reorganizarse tras ese momento, conservando su misma función, estructura e identidad (Holling, 1973).

La estabilidad “es un término que nos referimos a la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. Es decir, que se mantenga la productividad del sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo bajo condiciones promedio o normales” (Prieto, 2011).

Por otro lado, confiabilidad “es la capacidad del sistema de mantenerse en niveles cercanos al equilibrio ante perturbaciones normales del ambiente. Podría asemejarse a la definición de resistencia dentro de los componentes de resiliencia” (Prieto, 2011).

Este mismo autor “define Adaptabilidad (o flexibilidad) como la capacidad que tiene el sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, es decir, de continuar siendo productivo, ante cambios a largo plazo en el ambiente”.

Por último, el atributo autogestión “es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior” (Maserá *et al.*, 1999).

¿Qué es análisis FODA? Es una herramienta de análisis organizacional, muy útil en la planificación de toda organización, ubica en este caso la finca en el medio ambiente que le rodea, visualiza oportunidades y amenazas, y le permite enfocar a lo interno sus debilidades y fortalezas, interrelacionarlas todas y tenerlas en cuenta para una planificación más real y objetiva.

Un análisis FODA de la unidad de producción parte tanto de los resultados de la información del entorno, como de la proveniente a lo interno. Este tipo de análisis permite ubicar en términos de:

Fortalezas: Actividades a nivel de gerencia que son hechas especialmente bien, donde son muy efectivas, eficientes y eficaces. Es importante para la empresa seguir estrategias que les ayuden a beneficiarse de sus fortalezas. Son aquellas condiciones que a nivel interno de una finca pueden potenciar metas y objetivos.

Debilidades: Consiste en todas aquellas actividades a nivel de gerencia, mercadeo, finanzas, producción, investigación y desarrollo que limitan o inhiben el éxito general de una organización.

Los puntos debilidades son las condiciones a nivel interno de la finca que entorpecen el desarrollo normal de las actividades que se ejecutan, incidiendo en un avance lento o no avance de los proyectos.

Oportunidades: Son las tendencias económicas, sociales, políticas, tecnológica y competitiva, así como los hechos que podrían de forma significativa beneficiar a una organización en el presente y futuro.

Amenazas: Son las tendencias económicas, sociales políticas tecnológicas y competitivas, así como los hechos que potencialmente son dañinos para la posición competitiva presente o futura de la organización (p, 6).

3.4.1. Metodologías de evaluación de la sustentabilidad

Para la evaluación de la sustentabilidad de un agro ecosistema se han utilizado diferentes instrumentos metodológicos desde las más simples hasta las más integrales, todas ellas utilizando indicadores, pero con variaciones en su estructura para la aplicación del proceso, en donde las primeras en aparecer fueron atomísticas o sea que estudiaban un componente del sistema, mientras que las últimas desarrolladas tienen carácter holístico o sea consideran al agro ecosistema como sistema y el enfoque de algunos de ellos llamados marcos de evaluación consideran los atributos y las dimensiones agroecológicas.

“En las últimas décadas, ha habido importantes avances en el desarrollo y aplicación de metodologías para la evaluación de la sustentabilidad y el uso de indicadores a diferentes escalas de análisis”. En este proceso han colaborado instituciones regionales miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), “en colaboración con los gobiernos de diferentes

países e instituciones académicas, han desarrollado distintas metodologías para evaluar el progreso hacia el desarrollo sustentable y asistir en la formulación de políticas nacionales e internacionales que lo promuevan (Astier, *et al.*, 2008 p,119).

Este mismo autor señala que la evaluación de sustentabilidad “se ha convertido en uno de los temas centrales en la agenda de diversos centros de investigación, instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y agencias de desarrollo relacionadas con el manejo de los recursos naturales”.

Para el presente estudio de la problemática del cacao, a un nivel de escala como la “finca, la parcela o unidad de producción, el desarrollo y la aplicación de herramientas de evaluación de la sustentabilidad, es hoy en día la base para el diseño de prácticas alternativas que mantengan o mejoren la productividad de los Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales y permitan conservar la integridad de su recurso base. (p.119).

A grandes rasgos, encontramos tres grandes grupos de evaluaciones de sostenibilidad; aquellas que diseñan una lista bastante amplia de indicadores, aquellas que determinan índices agregados de sostenibilidad y ofrecen como resultado un único valor, y aquellas que proponen marcos metodológicos más flexibles ya que parten de supuestos muy generales para luego ir adaptándose al contexto específico (Astier, *et al.*, 2008).

Estos mismos autores describen que “los marcos de evaluación constituyen un avance importante en los esfuerzos para operativizar el concepto de sustentabilidad”. Algunos de ellos, han sido utilizados para evaluar el desempeño de los agros ecosistemas productivos, su uso depende de la valoración de ciertos criterios técnicos que manifiestan características generales que los hacen de utilidad para obtener resultados pertinentes para mejorar dichos sistemas. A continuación, se muestran características de marcos de evaluación (Cuadro 1).

El Marco de Evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)

El MESMIS “surge a partir de las inquietudes expuestas de manera insuficiente en otras metodologías, para ser internamente consiente con una evaluación de sustentabilidad, este marco integra los atributos básicos de un sistema de recursos sustentables, tales como productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad adaptabilidad, equidad y auto dependencia” (Masera, 2000, p.5-6).

El autor anterior también explica que la metodología está dirigida “a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios llevados a cabo colectiva o individualmente, propone una estructura cíclica adaptada a diferentes niveles de información y capacidades técnicas, tiene una orientación práctica y se basa en un enfoque participativo, mediante el cual se promueve la discusión y retroalimentación de evaluadores y evaluados” (p.6).

Cuadro 1: Comparación de distintos marcos de evaluación de sostenibilidad tomado de (Prieto, 2011).

Marco	MESMIS	Evaluación de satisfactores	de Manejo de resiliencia	de SEAN	AMESH
Enfoque	Sistémico	Sistémico	Sistémico	Sistémico	Sistémico
Áreas de evaluación	Ambiental, económico y social	Ambiental, económico y social	Ambiental, económico y social	Ambiental, económico y social	Ambiental, económico y social
Tipo de evaluación	Ex post Ex ante	Ex post	Ex ante	Ex ante	Ex ante
Tipo de escala	Institucional	Institucional	Institucional	Espacial	Institucional
Derivación de indicadores	Bottom up	Bottom up	Bottom up	Top Down	Bottom up
Integración de indicadores	Modelos Grafica	Grafica	Modelos	No aplica	Modelos
Evaluadores	Consultor externo y diversos sectores	Consultor externo y diversos sectores	Consultor externo y diversos sectores	Consultor externo	Consultor externo y diversos sectores
Experiencias en estudios de caso	Alta	Media	Baja	Baja	Baja

En el contexto de la agricultura campesina la sustentabilidad significa poder lograr sistemas de manejo de los recursos naturales que sean productivos, estables, adaptables, confiables y resilientes, que distribuyan sus costos y beneficios de manera equitativa y generen procesos autogestivos y autonómicos entre los beneficiarios, constituye una herramienta en permanente construcción (Masera, et al., 2000, p.2), estos mismos autores establecen las siguientes características:

- a) “Su estructura es flexible y adaptable a diferentes condiciones económicas, técnicas y de acceso a información, parte de un enfoque sistémico y multidimensional, en que el

sistema es evaluado en siete atributos o propiedades: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad”.

- b) “La evaluación debe ser comparativa y cíclica; comienza con la definición y caracterización de los sistemas como primer paso, hasta llegar a la integración de los indicadores y la elaboración de conclusiones y recomendaciones con el fin de mejorar los sistemas de manejo y el proceso metodológico, la experiencia de la aplicación del marco MESMIS permitirá mejorar el modelo”.

3.4.2. La aplicación del MESMIS en el sistema de producción de cacao

En la presente investigación se decide utilizar este marco de evaluación ya que se puede adaptar a pequeñas producciones como los sistemas de producción de cacao en el Municipio de San Carlos, departamento de Río San Juan, con la finalidad de conocer el estado del manejo del cultivo de cacao. Los productores tienen limitaciones en el conocimiento técnico, por lo que el manejo es tradicional, también nos brinda la posibilidad como investigadores acceso a información a distintos tópicos utilizando la metodología MESMIS, y la interacción con los productores permite una retroalimentación.

Este marco parte de un enfoque sistémico, es por ello, que se aplica un análisis holístico, se consideraron las fincas como sistemas, pero en este estudio nos centramos directamente en las parcelas de cacao como problema a tratar, podemos decir que este estudio es también multidimensional porque se consideraron las 3 dimensiones de evaluación como la Económica, Social y Ambiental, además de que se consideraron en la evaluación los siete atributos de sostenibilidad que tiene un agroecosistema.

Se seleccionaron cuatro fincas del Departamento de Río San Juan, es por ello que esta investigación tiene un carácter comparativo, se puede decir que este marco de evaluación deja abierta la posibilidad de que el estudio sea cíclico, ya que en otro momento se puede intervenir, para hacer otro ciclo de evaluación, podría ser en aproximadamente cinco años para retornar y ver en que ha avanzado el sistema y evaluar si se solucionaron los problemas o no y determinar el nivel de desarrollo que ha tenido.

3.4.3. Estudios de caso aplicando MESMIS

Se realizó la evaluación de la sostenibilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador, se usó la metodología propuesta por Sarandón (2002) pero adaptada para las fincas productoras de limón, fueron considerados las dimensiones de la sustentabilidad (económica, ambiental y social) y se aplicaron 21 indicadores, [...] solamente el 12 % de las fincas productoras de limón sutil fueron sustentables. Las principales debilidades correspondieron a la dimensión ambiental. Por el contrario, las dimensiones económica y especialmente la social, obtuvieron un indicador mayor a dos en todas las fincas evaluadas (Beltrón 2020, p.114, 119).

Con productores de cacao en la Ranchería Zapotal, México, se evaluó cacao orgánico y cacao convencional, mediante un enfoque de análisis de las dimensiones económica, social y ambiental. Se aplicó MESMIS en fincas de cacao por primera vez y se definieron veintidós indicadores como: Rendimiento, Relación Ingresos/Costos de producción, Escolaridad máxima de los hijos, Diversificación de ingresos entre otros. El sistema orgánico presentó un valor de sustentabilidad de 67.75 %, mientras que el convencional alcanzó 47.32 %. En el análisis por dimensión, en el caso orgánico obtuvo resultados más elevados en la dimensión ambiental (Anónimo 2006, p.40, 41, 45.).

En otro estudio realizado se evaluó la sustentabilidad de 6 fincas hortícolas orgánicas ubicadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina (Sarandón, 2008), se construyeron 6 indicadores basado en dos dimensiones la socioeconómica y ecológica [...] el valor de la sustentabilidad general varió entre 0,86 y 0,28. Se encontró una mayor sustentabilidad y menor variabilidad en los indicadores que evaluaron los aspectos ecológicos que en los del área socioeconómica, dentro de la dimensión socioeconómica, la estabilidad económica fue el indicador de menor valor (0,39) y el que varió más entre establecimientos (97 %) (p.70, 72).

En un estudio que realizó Sarandón, (2002), evaluando la sustentabilidad de sistemas agrícolas de 5 fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Para facilitar la comparación de las fincas [...] el análisis de los resultados mostró una alta variabilidad en la sustentabilidad general y en las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales. Una de las fincas no logró alcanzar el valor umbral (2), otra finca, a pesar de superar el umbral en el valor general (2,02), no alcanzó el valor mínimo en el indicador sociocultural (1,33) ni en el ecológico (1,80), por lo que no cumplió con la condición requerida para ser considerada sustentable. El resto de

las fincas cumplieron los requisitos para ser consideradas sustentables, aunque con diferencias importantes en el valor de los diferentes indicadores (p.23, 25).

Utilizando el marco MESMIS por Fontana (2013) en el departamento de San Carlos, Mendoza, Colombia, compararon la sustentabilidad de dos sistemas frutícolas con manejos diferentes, uno convencional y el otro en transición agroecológica, adaptados a la agricultura intensiva bajo riego. Se definieron veinte indicadores a partir de la identificación de puntos críticos. En la integración de resultados, el sistema agroecológico en transición presentó mejoras en algunos de los indicadores medidos, con estancamiento en la dimensión económica.

En el año 2017, el “análisis de sustentabilidad de socioecosistemas con cultivos de café (*Coffea arabica* L.) realizado como estudio de caso en los municipios de Rosas (Cauca) y Florencia (Caquetá), Colombia., seleccionando los indicadores bajo atributos de Productividad, Resiliencia, Confiabilidad y Estabilidad en el marco del MESMIS. Es así que, se definieron y midieron 10 indicadores con 18 subindicadores en las tres dimensiones. Metodológicamente los valores obtenidos por subindicador se transformaron en índices debido a sus unidades disímiles, se promediaron por departamento y subindicador y se sometieron a análisis de varianza y prueba Duncan usando el software estadístico InfoStat”.

Los resultados concluyeron que los socios ecosistemas de la Vereda Ufugú (Cauca) “son potencialmente sostenible (PS) en las dimensiones social y ecológica y sostenible (S) en la dimensión económica; y la Vereda Sucre (Caquetá) se mostró potencialmente sostenible (PS) en la dimensión ecológica, y medianamente sostenible (MS) en las dimensiones social y económica. Con base a estos resultados se presentan conclusiones y recomendaciones para mejorar las condiciones de sustentabilidad de los socios ecosistemas evaluados” (Rendón y Monroy 2017, p.1).

En el año 2019, se realizó el análisis con indicadores de sostenibilidad en tres sistemas de producción de café: convencional, orgánico y especial, en los municipios de Morocelí, Marcala y Santa Elena, en Honduras. Se utilizó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales que incorpora Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), como herramienta de análisis de sistemas agrícolas. A través de encuestas a 50 productores de café en tres municipios de Honduras. 16 productores de café convencional en el municipio de Morocelí, 16 productores de café orgánico en Marcala y 18 productores de café especial en Santa Elena.

Mediante el uso de 17 indicadores se determinó la tendencia de la sostenibilidad de cada sistema de producción y el grado de acercamiento a sus tres pilares.

Los indicadores más críticos fueron el relevo generacional”, el “uso de mano de obra infantil” y el “número de capacitaciones recibidas” para el aspecto social. El “comportamiento de precios en el mercado”, el “nivel de tecnología en la finca” y el “nivel de apalancamiento financiero” para el aspecto económico. Finalmente, en el aspecto ambiental los indicadores fueron “manejo de residuos sólidos y líquidos”, “manejo de agroquímicos” y “conservación del agua”. El sistema que resultó más sostenible fue el sistema orgánico, con un índice global de 4.56 en una escala de 1 al 6. (Jameson 2019, p.3).

Este trabajo ha sido realizado en el grupo de cooperación de sistemas agrarios AgSystems de la Universidad Politécnica de Madrid con la metodología MESMIS, en el marco de proyecto: “mejora de la seguridad alimentaria y nutricional de las familias” en 11 comunidades del municipio de Cusmapa (Nicaragua) a 80 productores de maíz y frijol, donde se tomaron en cuenta 7 indicadores como: rendimiento del cultivo, eficiencia energética tasa coste/beneficios entre otros. El rendimiento del cultivo presentó un valor de 67.5 % donde muestra insostenibilidad y solo 6 productores alcanzan la sostenibilidad de los cultivos de frijol y maíz superando los 400 kg ha⁻¹ (Prieto;E 2011, p.2, 26, 29).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en el departamento de Río San Juan y en específico en el municipio de San Carlos, en las comunidades de Las Azucenas y El Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos. El Municipio de San Carlos tiene una Extensión Territorial 1,462 km.; está ubicado en las coordenadas de Latitud: 11° 7' 23" Norte, Longitud: 84° 46' 43" Oeste.



Figura 1. Mapa de ubicación de las comarcas a evaluar, tomado (Ministerio-Agropecuario, 2022)

Por sus características particulares se hace una descripción del área del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos: se encuentra ubicado en la costa sur del lago de Nicaragua (Cocibolca), entre las coordenadas 10° 56' 36'' y 11° 08' 23'' Latitud Norte y entre 84° 38' 52'' y 85° 11' 43'' Longitud Oeste, una altitud promedio de 55 msnm, los límites del área son: al Norte con el Archipiélago de Solentiname y el lago Cocibolca, al sur con Costa Rica, al este con el curso de Río San Juan y el municipio de San Carlos, al oeste con las comunidades Colón y Rivas. Posee

una extensión territorial de 72,643.78 ha, que incluye sus zonas terrestres y lacustres (MARENA, 2016).

4.2. Diseño metodológico

Se utilizó el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), la cual propone un ciclo de evaluación que consta de seis pasos y es definida por (Masera *et al.*, 2000)

A continuación, se describen los pasos y el procedimiento a desarrollar.

Paso 1. Determinación del objeto de estudio

En este paso se seleccionaron cuatro fincas con parcela de cacao en las comunidades de Las Azucenas, (dos fincas) y El Refugio de Vida Silvestre los Guatuzos (dos fincas).

Una lista de productores fue seleccionada por la Organización Amigos de la Tierra, España (ADTE), pertenecientes a las comarcas antes mencionadas, con plantaciones de cacao en estado productivo o mayores de 4 años de establecidas.

Se elaboraron instrumentos de recolección de datos como: Guía de entrevista o cuestionarios dirigidos a los productores que manejan su parcela de cacao. Adicionalmente, se les tomó información a técnicos de la organización ADTE y de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

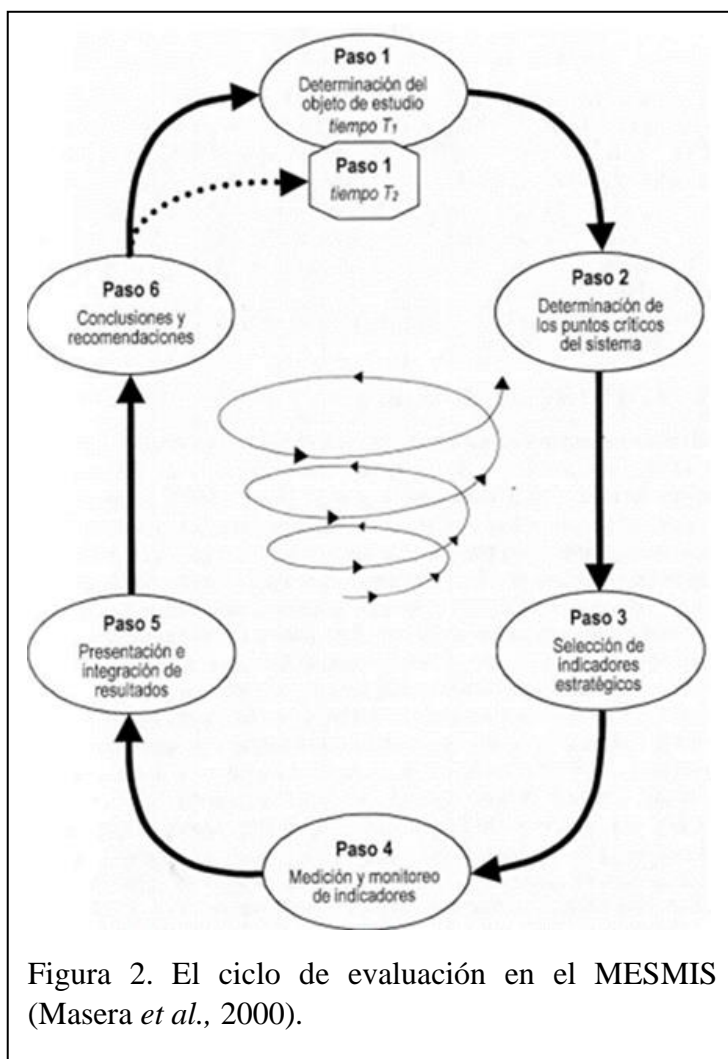


Figura 2. El ciclo de evaluación en el MESMIS (Masera *et al.*, 2000).

Se elaboraron formularios con los siguientes aspectos.

Se dirigió un formulario al productor(a) para recolectar información sobre aspectos técnicos, comercial, organización, equidad, toma de decisión y finalmente el aspecto de satisfacción de necesidades básicas, se aplicó un segundo formulario dirigido a la esposa(o) el cual mide el grado de participación en las actividades productivas y contó con los siguientes aspectos: aspectos generales, ocupación y empoderamiento. Un tercer formulario dirigido al productor donde se conocieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) tuvo como finalidad identificar los puntos críticos. Se construyó un instrumento de recolección de información de campo y estuvo dirigido al técnico que realiza un transepto en la parcela de cacao identificando los aspectos ambientales de la plantación de cacao, estado del suelo e infraestructura.

Para la caracterización de los agroecosistemas evaluados se obtuvo información sobre los aspectos biofísicos que responden a las condiciones del clima y suelo. Para ello, se solicitó al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) datos climáticos de la zona de San Carlos del periodo 2010-2021. Con los datos se realizó una descripción sobre las condiciones ambientales: temperaturas, precipitación, vientos, humedad relativa, también se llevó a cabo una caracterización sobre las principales propiedades del suelo que predominan en las zonas de estudio.

En los aspectos biológicos, se realizó recolección de información sobre los componentes biológicos que se encontraban en cada finca, como las especies agrícola, pecuario y forestal dentro de la parcela de cacao o de actividades que realizaba el productor en el área de la finca

Se obtuvo información sobre los aspectos tecnológicos que describen las condiciones de manejo del cultivo de cacao, tales como: poda en cacao, deschuponado, podas de árboles de sombra, fertilización, cosecha, control de plagas y enfermedades. En la parte de beneficio y comercio se recolectó datos sobre, fermentación, secado, venta y transformación de cacao. Dicha información se centró en la cantidad de jornales, frecuencia de las actividades, momento de su realización, dosis de insumos aplicados, entre otros. Otro aspecto importante del cual se obtuvo información es la que tiene que ver con la comercialización del producto, capacitación y transformación para valor agregado.

Paso 2. Determinación de los puntos críticos.

Con la caracterización de las fincas se elaboró un análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) señaladas por los entrevistados y recopilados en los formularios previamente indicados.

Con la información generada en el análisis FODA, se hizo una selección de la información de cada parcela de cacao, donde se consideró que fueran puntos críticos para los sistemas de producción.

Paso 3. Selección de criterios de diagnósticos e indicadores.

Una vez identificados los puntos críticos se elaboraron los criterios de diagnóstico, los cuales permiten crear un vínculo entre los “atributos, puntos críticos y los indicadores, esto con el fin de que los indicadores evaluaron de manera efectiva y coherente la sustentabilidad del sistema

Cuadro 2: Atributos, puntos críticos, criterio de diagnóstico e indicadores de evaluación

Atributos	Puntos críticos	Criterio de diagnóstico	Indicadores de evaluación
Productividad Confiabilidad Resiliencia Estabilidad Adaptabilidad Equidad Autogestión	Los puntos críticos son los aspectos o procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo, o los procesos que facilitan u obstaculizan la sustentabilidad del sistema (Maser et al., 1999, p. 40).	Los criterios de diagnóstico describen los atributos generales de sustentabilidad. Constituyen el vínculo necesario entre atributos, puntos críticos e indicadores, con el fin de que los últimos permitan evaluar de manera efectiva y coherente la sustentabilidad del sistema.	La formulación y construcción de los indicadores es parte de un proceso de planificación basado en un marco teórico de desarrollo que empieza por priorizar las necesidades y problemas de cada agroecosistema.

Dado que cada indicador que se determine o seleccione tendrá seguramente unidades de medición diferente y para poder ser comparables, fue necesario la estandarización de todos los indicadores. Esta estandarización requiere de acuerdo con la metodología MESMIS, se establece para cada uno de los indicadores un valor óptimo, el cual es obtenido a través de búsqueda de información que indique el mejor comportamiento de estos. Dicha transformación se realizará mediante la aplicación de la siguiente ecuación según (Maser et al., 2000).

$$Indice = \frac{Valor\ obtenido}{Valor\ optimo} \times 100$$

Realizadas las transformaciones por cada indicador se procedió a aplicar una escala de valores en donde el valor menor indicó una condición crítica de la sustentabilidad o no es sustentable y el mayor valor significó una condición óptima o de sostenibilidad.

Se utilizó la siguiente escala de medición de 0-100, lo cual representa lo siguiente:

Cuadro 3: Escala de valor y escala de interpretación.

Escala de valor	Escala de interpretación
0-20 %	Agroecosistema no sostenible
21-40 %	Agroecosistema con bajo nivel de sostenibilidad
41-60 %	Agroecosistema medianamente sostenible
61-80 %	Agroecosistema con buena sostenibilidad
81-100 %	Agroecosistema con sostenibilidad óptima

Tomado de (Maserá *et al.*, 2000).

Paso 4. Medición y monitoreo de los indicadores.

Este paso consistió en una visita de campo, se realizó una entrevista al productor, en el cual se obtuvo información para diferentes indicadores como el ambiental, económico y social. Adicionalmente, se visitó la parcela de cacao para hacer mediciones de campo de variables ambientales de acuerdo con los indicadores que fueron seleccionados en el paso anterior.

El primer formato estuvo dirigido al productor y se le solicitaron datos como, rendimiento de grano (seco o baba) kg por ha⁻¹, ingresos por otros rubros dentro del cacao, edad de la plantación y otros. En el segundo fue un formato para la medición de datos en campo, donde se aplicaron indicadores como: relación longitud/diámetro de la mazorca, peso fresco del fruto, auto sombra del cacao, apariencia de los árboles de cacao, entre otros.

Paso 5. Presentación e integración de los resultados.

Después de la recolección de información para cada finca, se elaboró una base de datos y se procesaron y analizaron en hoja electrónica de Excel, se aplicó un análisis estadístico sencillo para obtener promedios y desviación estándar. La integración de resultados se presentó a través de gráficas de araña o cuadros, los cuales nos dieron a conocer resultados por dimensión o por atributo y finalmente un índice general que se conoce como Nivel de Desempeño.

Paso 6. Conclusiones y recomendaciones.

Una vez obtenidos los resultados de evaluación se procedió a definir los puntos críticos por cada sistema finca tiene en la producción de cacao, de esta forma se obtuvieron las conclusiones y de ellas las recomendaciones técnicas para la mejora de los sistemas cacaoteros.

4.3. Material biológico

Las plantaciones de cacao que tienen establecidos los productores de las comunidades de Las Azucenas y El Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos fueron consideradas de cuatro años a más de establecidas, o sea, se encontraban en estado de producción.

4.4. Recolección de datos

Se llevó a cabo una primera visita a cada una de las fincas seleccionadas en donde se obtuvo información pre diagnóstica a través de la aplicación de formularios. La información obtenida sirvió para preparar una segunda visita en la que se aplicaron los indicadores seleccionados como producto de la primera visita de campo.

En una segunda visita a cada finca, se aplicaron los indicadores de evaluación obteniéndose los resultados que permitieron definir el nivel de desempeño del agroecosistema de estudio. Para esta actividad se prepararon formatos de control de datos el cual es señalado en el paso 4.

4.5. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en base a lo descrito en el paso cinco del MESMIS, donde se explica el procedimiento a seguir para base de datos, procesos estadísticos o para la interpretación de los resultados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de las fincas de cacao

En el presente estudio se realizó la comparación de sostenibilidad de cuatro fincas cacaoteras, ubicadas en dos comarcas del municipio de San Carlos, Río San Juan, en Las Azucenas estas fincas cuentan con un total en área de 20 a 70 mz y con parcelas de cacao de 0.5 a 3 mz en producción, en el Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos las fincas cuentan con un total en área de 13 a 35 mz y con parcelas establecidas de cacao que van de 1.5 a 7 mz en producción. A continuación, se describen las condiciones biofísicas presentes en las áreas de estudio.

5.1.1. Condiciones de clima

El municipio de San Carlos cuenta con un clima Tropical de Selva Monzónica y Tropical de Selva. El período seco dura de 1 a 4 meses. La temperatura media varía de 19.2 a 36 °C y la precipitación anual de 186.23 mm con una humedad relativa que va 69.2 a 96.7 %, con vientos que oscilan 0.4 a 9.1. (INETER, 2021)

Cuadro 4: Temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos del periodo 2015-2020 del municipio de San Carlos, Río San Juan.

Variable	Temperatura (°C)		Precipitación total (mm)	Humedad relativa (%)		Viento (m s ⁻¹)	
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	Máximo	Mínima
Enero	32.1	19.8	75.0	94.8	77.0	9.0	1.7
Febrero	33.8	19.2	36.5	90.5	72.8	8.8	1.7
Marzo	35.6	19.5	28.3	90.5	70.5	9.0	1.8
Abril	33.9	22.8	32.6	89.4	69.2	8.4	2.0
Mayo	36.0	21.9	255.4	94.4	74.1	6.7	0.4
Junio	34.0	22.4	273.9	95.1	79.4	6.7	0.5
Julio	33.2	21.9	376.4	96.7	80.4	6.5	0.5
Agosto	33.6	22.1	280.3	96.0	79.4	6.8	1.0
Septiembre	33.5	22.0	276.7	95.5	82.8	6.4	0.4
Octubre	32.9	21.9	244.1	95.4	84.0	6.1	0.5
Noviembre	31.9	21.0	207.3	96.0	83.2	9.1	0.5
Diciembre	31.4	20.5	148.3	96.4	78.8	7.9	1.0

En el Refugio de Vida Silvestre los Guatuzos, las temperaturas anuales oscilan entre los 25.63 °C y 28.75 °C, y lluvias entre 1,748.16 y 2,245.5 mm año⁻¹. (Gobierno-De-Reconciliación-y-Unidad-Nacional, 2016).

5.1.2. Condiciones de suelo

En base a los análisis de suelo realizados a las fincas de cacao del municipio de San Carlos, estas se caracterizan en franco arcilloso y arcilla, presentan una profundidad de hasta 86 cm, cuentan con un pH entre los 6.27 y 6.84 moderadamente ácidos, de medio a alto en materia orgánica con 2.75 % a 5.29 %, pendiente que va de 4 % a 60.5 % clasificándose de ligeramente inclinado a moderadamente escarpado.

En el Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos predominan los suelos de textura arcilla, con una profundidad de hasta 89 cm, con un pH muy ligeramente ácido entre loa 6.07 hasta 6.26, contenidos de medio a alto en materia orgánica que va de los 3.39 % a 4.88 %, pendientes que van de 4.5 % a 15 % clasificándose en ligeramente inclinada a fuertemente inclinada.

5.1.3. Aspectos tecnológicos y de manejo

Para determinar las principales características de los sistemas productivos que existente en las fincas de Las Azucenas y El Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos presenta particularidades en los temas agrícolas, pecuarios, forestal y de manejo del sistema de cacao, que a continuación se describen.

Agrícola: En el sistema agrícola, en las fincas se encuentran establecidos cultivos como arroz, frijoles, maíz y cacao en sistemas agroforestales, se observan establecidas pequeñas parcelas de cultivos, como: Naranja dulce, mamón chino, plátano y aguacate, también cuentan con raíces y tubérculos, como yuca, malanga y quequisque.

Pecuaria: cuentan con producción bovina de doble propósito (leche y carne), además tienen especies menores como: porcinos y aves de corral.

Forestal: En este componente se observó una buena diversidad de especies forestales en cada uno de los agroecosistemas cacaoteros tales como: Guaba (*Inga spp*), Cedro (*Cedrela odorata*),

Teca (*Tectonia grandis* Linn F), Guarumo (*Cecropia peltata*), Chaperno (*Lonchocarpus yoroensis*), Laurel (*Cordia alliodora*), entre otras especies.

Cacao agroforestal

En las fincas evaluadas se presentan sistemas agroforestales con la presencia de árboles forestales ya sea maderables, energéticos o de servicio establecidos como sombra al cacao. En las parcelas de cacao se encuentran establecidas especies de árboles forestales como: Guaba (*Inga edulis*), Cedro (*Cedrela odorata*), Chaperno (*Lonchocarpus yoroensis*), Guarumo (*Cecropia peltata*), Laurel (*Cordia alliodora*) y en la mayoría de las parcelas por lo general también están establecidos algunos frutales como: naranjas dulces, mamón chino, nancite, limón, pejibaye, entre otros.

Estos son sistemas de bajos insumos, ya que no usan fertilizantes (sintéticos), es a través de un ciclaje propio del sistema de cacao, los productores manifiestan que realizan manejo de podas sanitarias, podas de formación y deschuponado, efectúan controles de plagas y enfermedades principalmente monilia y mazorca negra, cabe recalcar que los productores no realizan un manejo adecuado de estas prácticas y de esta manera se ven afectados en el rendimiento de las parcelas en producción.

Manejo postcosecha.

Los productores de cacao venden su producción como cacao seco (cacao rojo), en los mercados de San Carlos y a intermediarios que llegan hasta las fincas, uno de los principales problemas de los productores es que no disponen de la infraestructura para fermentar y para secar ya que ellos hacen un proceso de fermentación aproximadamente de dos días y luego lo secan sobre plásticos lo que no permite desarrollar una buena fermentación para tener excelente calidad en sabores y olores convenientes para el grano.

También hay productores que venden su producción de cacao en grano en baba, a partir de un quebrado y selección de semillas para posteriormente ser depositado en bolsas plásticas y ser vendido a intermediarios. Cabe recalcar que ninguno de estos productores realiza transformación de producto (chocolates, cacao en polvo, pinolillos, etc.) para la venta.

5.1.4. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo da a conocer las relaciones que existen entre los componentes agrícola, pecuario y forestal, la familia tiene el rol más importante en todo el sistema ya que interactúa con todos los componentes biológicos del agro ecosistema. En el sistema agrícola están presentes cultivos como el cacao, arroz y frijoles, estos dos últimos para autoconsumo, en el pecuario se encuentran, ganado vacunos y especies menores como aves de corral, cerdos, pelibuey, de ellos la familia obtiene producción de autoconsumo y los excedentes se venden en la misma comunidad o el mercado local.

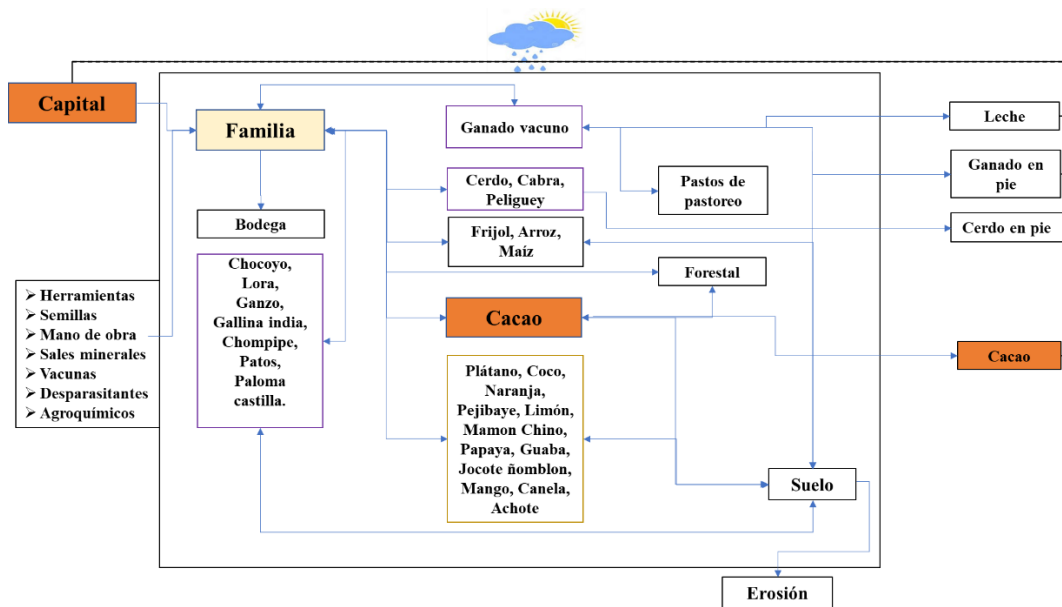


Figura 3. Diagrama de flujo de las cuatro fincas cacaoteras del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos y Las Azucenas.

En el sistema forestal se encuentran especies de árboles los cuales se utilizan como sombra al cacao, producción de madera para construcción.

5.1.5. Fortalezas y debilidades

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizan buenas prácticas de poda, manejo de enfermedades y abonamiento al cultivo de cacao. ✓ Disponen de buena calidad de suelo apto para el cultivo de cacao. ✓ Mantienen cobertura sobre el suelo de manera permanente. ✓ Producen una buena calidad de cacao. ✓ Obtienen ingresos económicos de manera permanente dado la cosecha mensual de cacao y por su calidad. ✓ Mantienen buena diversidad arbórea en las plantaciones de cacao. ✓ Tienen disponibilidad de agua permanente de diferentes fuentes hídricas en todo el año. ✓ Muestran una buena disponibilidad para mejorar sus conocimientos sobre el manejo del cacao y aplicarlo. ✓ La mayoría de las actividades agrícolas en el cacao es realizada por mano de obra familiar reduciendo gastos ✓ Las fincas de cacao evaluadas se encuentran cerca poblaciones urbanas. ✓ Las decisiones importantes para el desarrollo productivo se dan de manera conjunta en el seno de la familia 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los ingresos económicos se ven reducidos por daños de plagas, enfermedades y ardilla. ✓ Los costos de producción son altos. ✓ Tienen limitaciones en el mejoramiento del manejo del cacao por indisponibilidad económica. ✓ Deficiente manejo de malezas en el cacao. ✓ Insuficiente el manejo de poda brindado a los árboles de sombra. ✓ No practican la transformación industrial del grano de cacao, desconocen el proceso y no disponen de herramientas y equipos. ✓ No han desarrollado habilidad para reproducir cacao con técnica de injerto a partir de árboles elite o clones. ✓ Se manejan bajas poblaciones de árboles de cacao y de sombra. ✓ No desarrollan proceso de beneficiado del cacao a como está establecido en las normas. ✓ Las plantaciones de cacao se ven afectadas por fenómenos climáticos.

5.2. Puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de evaluación

Cuadro 5. Puntos críticos, criterio de diagnósticos e indicadores de evaluación.

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnóstico	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia
Productividad	Buen rendimiento del cacao	Eficiencia productiva	1. Rendimiento de grano (seco o baba) kg por ha	Cantidad en peso de grano seco o baba en kg por ha	Entrevista	400 kg por ha o 6.9 QQ mz ⁻¹	Freguin-Gresh et al., 2022 p.43
			2. Componentes del rendimiento	Relación largo - diámetro de mazorca.	Medición de 10 frutos maduros cosechados al azar, pesar los frutos maduros, pesar el grano en baba y contar la cantidad de semillas por fruto de 10 unidades.	L/D 1.92	Ayesta <i>et al.</i> , 2013 p.6
				Longitud y diámetro del fruto.		Longitud 17.26 cm 8.97 cm diámetro	Ayesta <i>et al.</i> , 2013 p.6
				Peso fresco del fruto (g).		683 g	Ayesta <i>et al.</i> , 2013. p.6
				Peso fresco en baba (g) por fruto.		187.1	Valor más alto
				Número de semillas por fruto.		39	Ayesta et al., 2013
3. Ingresos por otros rubros dentro del cacao	Ganancia percibida por venta de otras especies de frutas y madera.	Entrevista	1	Definición propia, venta de otros productos dentro de la parcela de cacao			
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	Estado regular de la plantación por manejo	Vulnerabilidad del sistema	4. Edad de la plantación (años)	Periodo de tiempo de la siembra a la fecha de evaluación.	Entrevista	8 a 25 años	Orozco <i>et al.</i> , 2016 p.19
			5. Riesgo de abandono de la plantación	Edad superior a los 55 años del productor se disminuye atención a la plantación.	Entrevista	15 a 54 años	Barrezueta Unda, 2018, p 52.

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnostic o	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia
			6. Orientación de las hileras de árboles de cacao	Los árboles de cacao sembrados perpendicular a la pendiente del área.	Observación en campo	Curvas a nivel	Escala de valoración
			7. Estado de la plantación de cacao.	Frecuencia de la poda de chupones.	Entrevista	5	INTA., 2009. P. 30.
				Altura de horqueta y ramas.	Medición altura de horqueta y número de ramas	Altura 1,30 a 1,50 y 3 a 5 ramas	Centeno F. Báez B., 2021, p. 22 INTA., 2009. p. 5
				Distancia entre hileras y planta.	Medición distancia entre hilera y ramas	3 x 3	Sánchez <i>et al.</i> , 2017 p. 50
				Autosombra: Porcentaje de sombra producida por el follaje del cacao.	Medición del nivel de sombra por medio visual	40 a 60%	Escala de valoración
				Estado físico de los árboles.	En área de muestreo seleccionar al azar 10 árboles con ayuda de app y observar su estado de sanidad y vigor utilizando una escala de valor.	100 % Vigoroso y sano.	Construcción propia
			8. Porcentaje de sombra al cacao	Sombra producida por árboles dentro del cacao	Medición visual del nivel de sombra	20 – 40 %	Romero Esteban, 2016, p. 12.
			9. Densidad de árboles de cacao	Cantidad de árboles en una hectárea.	Contabilizar en una parcela de 25 x 25 m los árboles productivos	817 árboles ha ⁻¹ 574 mz ⁻¹	Ayestas Villega, 2009
			10. Incidencia de enfermedades (%)	Porcentaje de frutos afectados por monilia y mazorca negra en	Medición de enfermedades	≤10 % 0 a 5 %	Cubillos Gabriel <i>et al</i> , 2019, p 20.

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnostic o	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia
				proporción a la cantidad total de frutos.	según método de guarda griega.		Escala de valoración
			11. Incidencia de plagas (%)	Porcentaje de frutos afectados por ardilla, pájaros en proporción a la cantidad total de frutos.	Medición de plagas según método de guarda griega.	0 a 5 %	Escala de valoración
			12. Capacidad de restauración del sistema cacao	Nivel de restablecimiento del sistema cacao después de una afectación por eventos naturales (huracán, inundaciones, vientos fuertes).	Valoración dada por el productor	100 %	Definición propia
		Diversidad arbórea	13. Diversidad de especies asociada con el cacao	Es la riqueza o el número de especies diferentes que están integrados en la plantación de cacao.	Inventario de especies	Índice de Shannon	Se establece escala
			14. Población de árboles de sombra	Cantidad de árboles o plantas por manzana.	Inventario de árboles	De 0 a 9 años, 80 a 100 árboles. 10 a 20 años, 36 a 42 árboles	Escala de valoración
	Buenas condiciones de suelo	Propiedades físicas y químicas	15. Propiedades físicas	Textura de suelo:	Análisis de laboratorio	Suelo franco	Escala de valoración
Profundidad efectiva de suelo (cm).				Medición de perfil de suelo con uso de barreno.	100 cm	Paredes Arce., 2003.	
Pendiente del área (%).				Medición de campo a través del nivel A.	0 a 5 %	Escala de valoración	
16. Propiedades químicas			pH del suelo.		6 a 6.5	Romero Esteban, 2016, p. 12.	

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnostic o	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia			
				Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/m}$).	Medición en de laboratorio de suelo y agua	$< 250 \mu\text{S cm}^{-1}$	Escala de valoración			
				Contenido de materia orgánica (%).		5	Aguilar Orozco Luis y Sampson Arlene, 2016 p. 31.			
				N (%)		0.2	Aguilar Orozco Luis y Sampson Arlene, 2016, p 31			
				P (ppm)		10 a 20				
				K (meq en 100 g suelo)		0,3 a 0,6				
				Ca (meq en 100 g suelo)		4 a 20				
				Mg (meq en 100 g suelo)		1 a 5				
				CIC (meq en 100 g suelo)		> 40	Escala de valoración			
				Macrofauna		17. Propiedades biológicas	Número de Lombrices.	Conteo del número de lombrices en un volumen de 20 x 20 x 20 cm.	100 lombrices m^2	García Arturo 2015, p.6
							Diversidad de artrópodos.	Conteo del número de individuos por especie de artrópodos en un área de 20 x 20 cm.	Mayor de 2.5 índice de Shanon	Escala de evaluación
Permanente cobertura de suelo	Protección de suelo	18. Cobertura de suelo (%)	Presencia de malezas, hojarasca y residuos vegetales que cubren el suelo.	Medición visual	100 %					
		19. Intensidad de manejo de malezas	Cantidad de veces que se realiza control al crecimiento de las malezas durante un año calendario.	Entrevista	4	INTA 2009, p. 30.				

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnostic o	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia
			20. Tipos de control de malezas	Técnicas de control de malezas y uso de herramientas	Entrevista	100 %	Machete, moto guadaña
			21. Prácticas de reciclaje de biomasa	Integración de restos vegetales como producto de podas, cosecha.	Entrevista y observación	4 prácticas, todas las mencionadas	Escala de valoración
Adaptabilidad	Se carece de infraestructura para beneficiado	Capacidad de cambio e innovación	22. Estado del cacao entregado o vendido	Calidad del grano de cacao que entrega o vende.	Entrevista	Fermentado y seco	Escala de valoración
			23. Capacidad para fermentar y secar cacao	Es la infraestructura mínima para realizar la fermentación y secado del cacao.	Entrevista	Cajas escaleras o rohan + Secador Elva o cajas rohan	Escala de valoración
	Fincas diversificadas	Agrobiodiversidad	24. Diversidad vegetal cultivada	Las especies agrícolas integradas para la producción de alimentos en la finca.	Entrevista	+ 9 sp perennes + 5 sp transitorias	Escala de valoración
			25. Diversidad animal presente	Las especies pecuarias integradas para la producción de alimentos en las fincas.	Entrevista	+ de 5 sp mayores y menores	Escala de valoración
	Limitados conocimientos técnicos y altos Deseos de aprender	Formación y actualización de conocimientos	26. Participación en actividades de capacitación	Participación en cursos, seminarios, talleres, días de campo sobre prácticas agronómicas de cacao.	Entrevista	3 eventos	Definición propia
			27. Asistencia técnica recibida	Organismos e instituciones del estado le brindan apoyo técnico en producción agropecuaria.	Entrevista	3 asistencias recibidas al año	Definición propia
	Disponibilidad de agua	Aprovechamiento de	28. Fuentes de agua	Dispone de diferentes tipos de fuentes de agua	Entrevista	Agua potable + pozo	Escala de valoración

Atributos	Puntos Críticos	Criterios Diagnostic o	Indicadores	Definición	Método Medición	Valor óptimo	Referencia
		recurso hídrico		para las actividades del hogar y agropecuaria			
Equidad	Participación de mano de obra familiar en labores del cultivo	Integración de la familia en la parcela de cacao	29. Integración familiar en las actividades de la parcela	Preguntar a al padre o madre quién toma las decisiones con respecto a las actividades de la parcela de cacao.	Entrevista	100 %	Toman decisión conjunta
	Hay consenso en las decisiones del hogar	Decisiones en el hogar	30. Integración familiar en actividades del hogar	Es la decisión participativa individual o conjunta en las actividades del hogar.	Entrevista	100 %	Mutuo acuerdo familiar
	Recibe un precio según la calidad de grano entregado.	Control de precios de mercado	31. Presencia y acceso al mercado	El tipo de mecanismo que se fija el precio de venta del cacao.	Entrevista	3 compradores	
Autogestión	Poca o nula capacidad de agregación de valor	Transformación de cacao	32. Cantidad porcentual de cacao que transforma y vende	Realiza procesos artesanales que transforma el cacao en subproductos.	Entrevista	10 libras	
	Diversidad de productos alimenticios	Autoconsumo	33. Autoabastecimiento de alimentos	Porcentaje de alimentos que produce en la finca que cubren sus necesidades en el hogar.	Entrevista	> 80 %	FAO. 2018, p.77
	Limitados canales de comercialización	Capacidad de gestión	34. Diversificación de mercados	Número de agentes compradores que le compran el cacao.	Entrevista	Productor	Escala de valoración
	Expresan estar satisfecho por el cacao	Satisfacción personal	35. Aceptabilidad del sistema de producción de cacao	Grado de valoración positiva que tiene por la producción de cacao.	Entrevista	Muy satisfecho	Escala de valoración

5.3. Análisis de sostenibilidad por atributos

5.3.1. Atributo de productividad

El resultado de evaluación para el indicador **Rendimiento de grano seco** por cada uno de los productores de las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe reportaron rendimientos de 330.36, 364.86, 492.0 kg ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 7), alcanzando un nivel de desempeño de 80 a 100 % (Cuadro 6) que representa una sostenibilidad óptima debido a que el nivel productivo es igual o superior al promedio nacional de 400 kg ha⁻¹ reportado por Freguin-Gresh *et al.*, (2022 p. 43). Sin embargo, la finca La Florida cuenta con un valor de rendimiento de 148.88 kg ha⁻¹ (Cuadro 7) que comparativamente con el valor óptimo se considera bajo obteniendo por lo tanto un desempeño de 37.22 % (Cuadro 6). En dicha finca la plantación de cacao tiene una edad de 4 años por lo que su productividad es baja por lo tanto el resultado mostrado es lógico y se espera que en cada año incremente.

Cuadro 6. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de productividad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Rendimiento de grano (Seco o baba) kg / mz	82.59	91.21	37.22	100.00
Relación longitud diámetro de mazorca (cm)	97.39	100.00	100.00	96.98
Peso fresco de fruto (g)	87.77	100.00	95.03	100.00
Peso de grano en baba (g) por fruto	87.38	93.58	89.12	79.75
Número de semillas por fruto	100.00	100.00	100.00	100.00
Ingresos por otros rubros	20.00	20.00	100.00	100.00

Con respecto al sub-indicador **relación longitud diámetro** del fruto el resultado del análisis de sostenibilidad dio valores desde 96.98 hasta 100 % (Cuadro 6) lo que se interpreta como sostenibilidad óptima. Este resultado se debe al buen comportamiento de las mediciones de campo que dieron valores de 1.86 a 1.92 cm (Cuadro 7), que al hacer una comparación con el estudio elaborado por Ayesta *et al.*, (2013 p.6) en Waslala zona productora de cacao obtuvieron un promedio de 1.92 cm.

Para el sub-indicador **peso de mazorca**, las fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe alcanzaron un valor entre 81.1 a 100 % del nivel de desempeño (Cuadro 6), que significa una sostenibilidad óptima. Estas presentaron una media de peso de la mazorca de 599.50 g hasta 785.3 g por fruto; ya que el valor reportado en estudio ejecutado en Waslala por Ayesta *et al.*, (2013 p. 6) es de 683 g; significando que en las parcelas de cacao hay árboles que dan pesos superiores a este valor.

En el análisis de datos de **peso de grano en baba** la finca El Derrumbe cuenta con un nivel de desempeño de 79.75 % considerándose de buena sostenibilidad debido a que las mazorcas de cacao dieron un peso de grano en baba de 149.22 g, siendo inferior al valor óptimo obtenidos de las fincas en estudio siendo de 187.1 g., mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y La Florida dieron un valor de 89.12 a 93.58 % de desempeño, el cual nos muestra que estas cuentan con una sostenibilidad óptima. Las mediciones de campo para estas fincas dieron pesos de 163.50 a 175.1 g de grano en baba por fruto, las cuales cuentan con buena sostenibilidad.

Cuadro 7. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de productividad

Variable o indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Rendimiento de grano seco (kg/ha)	330.36	364.86	148.88	492.0
Relación longitud diámetro de mazorca (cm)	1.87 (0.2)	1.99 (0.27)	1.92 (0.27)	1.86 (0.20)
Peso fresco de fruto (g)	599.50 (117.25)	785.3 (306.64)	649.08 (128.41)	717.53 (280.82)
Peso de grano en baba (g) por fruto	163.50 (31.26)	175.1 (65.36)	166.75 (33.04)	149.22 (59.56)
Número de semillas por fruto	41.1 (5.40)	45.7 (8.98)	46.74 (6.97)	42.1 (10.59)
Ingresos por otros rubros	0	0	900	1,250
Precio quintal (C\$)	3,500	2,700	3,000	2,500

El sub-indicador **número de semillas por fruto**, las fincas cuentan con un valor de desempeño de 100 %, contando con una sostenibilidad óptima. Los datos obtenidos en la contabilización de las semillas por fruto en las cuatro fincas evaluadas dieron entre 41.1 a 46.74, superando el valor reportado por Ayesta *et al.*, (2013 p. 6) de 39 semillas por fruto.

Con relación al **indicador ingreso por otros rubros**, los productores de las fincas La Esperanza y La Estrella que pertenecen al Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos no reportaron ingresos por las especies que se encuentran incorporadas en las parcelas de cacao (Mango, Mamón chino, Naranja dulce, Coco, Plátano), a pesar que están presentes estas especies frutales por lo general la utilizan para consumo familiar y no la comercializan por razones de acceso al mercado y disponibilidad y costo del transporte, mientras que las fincas La Florida y El Derrumbe si reportan ingresos, de 900 y 1 250 córdobas respectivamente, calificadas en una sostenibilidad óptima, ya que según la escala de valoración todo ingreso fuera del rubro de cacao que sea mayor o igual de un córdoba es considerado valor óptimo.

5.3.2. Atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad

En el **indicador edad de la plantación** las fincas La Esperanza, La Florida y El Derrumbe tuvieron un desempeño de 80 a 100 % (Cuadro 8) calificada con sostenibilidad óptima, debido a que estas plantaciones tienen edades de 4 a 8 años (Cuadro 9), mientras que la finca La Estrella alcanzó un valor del 60 % de desempeño que significa medianamente sostenible, la cual tiene una edad de 50 años. La plena producción de cacao se encuentra entre las edades de 8 a 25 años, de las plantaciones de cacao con edades de 2 a 7 años se pueden obtener productividades bajas, que van en aumento, por lo tanto la sostenibilidad va creciendo, cuando la plantación se halla en edad avanzada (> 26 años) es probable que su producción ya no sea sostenible ni competitiva, Orozco *et al*, (2016, p.19).

Respecto al **indicador riesgo de abandono de la plantación** la finca La Esperanza presentó un nivel de desempeño del 20 %, (Cuadro 8) ya que el propietario tiene una edad de 61 años y no cuenta con la participación de sus hijos en el manejo de la parcela de cacao, y es considerado no sostenible, la finca El Derrumbe el propietario con edad de 54 años (Cuadro 9), logrando un desempeño del 80 % (Cuadro 8) considerada buena sostenibilidad mientras que la finca La Estrella y La Florida alcanzaron un nivel de desempeño del 100 %, (Cuadro 8) dado que los productores tienen una edad entre 53 a 36 años respectivamente, (Cuadro 9) para el primer caso una persona mayor que sus capacidades comienzan a limitarse por naturaleza del ciclo de vida, pero sin embargo tiene el apoyo de sus hijos lo cual permitirá la sucesión de la parcela de cacao. Para el segundo caso es joven con capacidad excelente para realizar trabajos fuertes como podas,

cosecha, manejo de malezas y resto de actividades de manejo de la plantación y además están involucrados hermanos, encontrándose en el valor óptimo, que de acuerdo con Barrezueta Unda (2018, p. 52) indica que la edad apropiada para mantener sostenible la plantación de cacao debe ser de 15 a 54 años y la colaboración de los hijos.

Cuadro 8. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Edad de la plantación (años)	100.00	60.00	80.00	80.00
Riesgo de abandono de la plantación	20.00	100.00	100.00	80.00
Orientación de las hileras de árboles de cacao	80.00	80.00	60.00	60.00
Estructura productiva formada				
Altura de orqueta (cm)	60.00	100.00	80.00	100.00
Número de ramas	100.00	100.00	100.00	100.00
Auto sombra del cacao (%)	100.00	100.00	60.00	100.00
Porcentaje de sombra al cacao	80.00	40.00	80.00	60.00
Densidad de árboles de cacao por ha	95.96	94.00	76.38	100.00

De acuerdo al análisis del **indicador orientación de las hileras de árboles de cacao** se determinó que las fincas La Esperanza y La Estrella obtuvieron un desempeño del 80 %, debido a que las plantaciones establecidas presentan sus hileras perpendiculares a la pendiente, lo que es considerado con una buena sostenibilidad, mientras que las fincas La Florida y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño del 60 %, encontrando en la plantación hileras perpendiculares y paralelas a la pendiente debido a que las líneas o surcos se establecieron en líneas rectas no considerando los cambio de pendiente, consideradas medianamente sostenibles. De acuerdo con la escala de valoración se estableció que el valor óptimo estaría establecido en las fincas con cacao en hileras orientadas a cuervas a nivel o perpendiculares a la pendiente, con el propósito de impedir la pérdida del suelo.

En la **altura de orqueta** la finca La Esperanza fue calificada en un 60 % el desempeño (Cuadro 8) interpretándose como medianamente sostenible, ya que los árboles tuvieron en promedio una altura de 98.6 cm (Cuadro 9), la finca La Florida presentó un nivel de desempeño del 80 % considerada como buena sostenibilidad, ya que presentó alturas de 101.08 cm, (Cuadro 9) las fincas El Derrumbe y La Estrella obtuvieron un desempeño del 100 %, con valores entre 137 a 153.37 cm respectivamente (Cuadro 8, Cuadro 9), consiguiendo una sostenibilidad óptima. Según Meléndez (1991), citado por González y Pineda (2021, p.22) el nivel óptimo debe ser de 130 a 150 cm ya que facilita la poda de las plantaciones y el manejo de enfermedades.

Cuadro 9. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o Indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Edad de la plantación (años)	8	50	5	4
Edad (años) del propietario que atiende la plantación	61	53	36	54
Orientación de las hileras de árboles de cacao	Perpendicular a la pendiente	Perpendicular a pendiente	Perpendicular y paralela a la pendiente	Perpendicular y paralela a las pendientes
Estructura productiva formada				
Altura de orqueta (cm)	98.6 (30.44)	153.37 (42.45)	101.08 (31.92)	137 (54.98)
Número de ramas	3.2 (1.14)	3.27 (1.46)	3.28 (1.06)	3.2 (1.03)
Distancia entre hileras (m)	3.48 (0.17)	3.54 (0.73)	3.57 (0.12)	2.9 (0.22)
Distancia entre plantas (m)	3.41 (0.2)	3.20 (0.84)	3.34 (0.12)	2.38 (0.39)
Auto sombra del cacao (%)	42 (17.9)	44.67 (17.27)	28 (10.06)	40.67 (4.04)
Porcentaje de sombra al cacao	28 (31.14)	9 (14.42)	50 (5.52)	16.67 (15.28)
Densidad de árboles de cacao por ha	784	768	624	896

Valor en paréntesis desviación estándar

En el **indicador número de ramas** la fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 100 %, (Cuadro 8) ya que se contabilizaron un promedio de 3.2 ramas por árbol, (Cuadro 9) y fueron consideradas con sostenibilidad óptima. Ya que según el INTA (2009 p. 5), el valor óptimo en un árbol de cacao es de 3 a 5 ramas.

De acuerdo a los análisis de los **indicadores de distancia entre hilera y planta** las fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño de 91 a 100 %, considerada como sostenibilidad óptima, ya que las fincas presentaron distancias de 2.9 a 3.57 m entre hileras y 2.38 a 3.41 m entre planta (Cuadro 9), Sánchez, *et al.*, (2017 p. 50) indica que, en Nicaragua la distancia de siembra recomendada es de 3 x 3 metros entre hilera y planta ya sea en cuadro o tres bolillos .

Para el **indicador auto sombra del cacao** la finca La Florida presentó el 60 % de desempeño, considerada medianamente sostenible, al momento de hacer la medición del nivel de auto sombra el valor fue de 80 %, esto conlleva a que la plantación árboles de cacao presenta con abundante follaje imposibilitando la penetración de los rayos solares y creando un microclima húmedo que favorece la propagación de enfermedades principalmente monilia y mazorca negra.

Las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe logran un 100 % de desempeño, considerándose sostenibilidad óptima, obteniendo en campo mediciones de auto sombra de 42, 44.67 y 46.67 % respectivamente (Cuadro 9). De acuerdo a la escala de valoración, el valor óptimo de auto sombra producido por el follaje de los árboles de cacao debe de ser de 40 a 60 %.

Para el **indicador porcentaje de sombra al cacao**, la finca La Estrella alcanzó un nivel de desempeño del 40 %, la medición de campo obtenida fue del 9 % de sombra, considerada con bajo nivel de sostenibilidad, seguidamente la finca El Derrumbe que obtuvo un valor del 60 % de nivel de desempeño, con un valor de campo medido de 16.67 % de sombra al cacao, determinada como medianamente sostenible, mientras que las fincas La Esperanza y La Florida presentaron el 80 % de desempeño alcanzando valores desde 28 % hasta 50 % de sombra respectivamente, considerado como buena sostenibilidad. De acuerdo a Romero (2016, p. 12), indica que el porcentaje de sombra debería de ser del 20 a 40 %, y en la escala de valoración se determinó que el valor óptimo debe de ser de 30 a 40 % de sombra al cacao.

En el **indicador densidad de árboles de cacao**, de la finca La Florida obtuvo el 76.38 % de desempeño, debido a que su actual población es de 624 árboles de cacao por hectárea, y es considerado como un agro ecosistema con una buena sostenibilidad, las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe lograron un nivel de desempeño de 95.96, 94 y 100 % respectivamente manejando una población de 784, 768 y 896 árboles por hectárea, consideradas como sostenibilidad óptima, según Ayesta (2009) en una hectárea se deben sembrar 817 árboles.

En la **incidencia de plagas y enfermedades**; la finca La Estrella alcanzó un nivel de desempeño del 20 % donde la mayor afectación se dio por moniliasis (*Monoliophthora roreri*), con un promedio de 51.51 % de frutos dañados lo cual significa que esta finca cuenta un nivel de sostenibilidad baja, en la finca La Esperanza se obtuvo un nivel de desempeño del 40 % donde igual la mayor afectación se dio por monilia, con una media de frutos dañados de 15. 58 %, con un nivel de sostenibilidad medianamente bajo, la finca El Derrumbe presentó un nivel de desempeño del 80 % de afectaciones por enfermedades, con un promedio de daño por fruto de 8.55 %, expresando una buena sostenibilidad, mientras que la finca La Florida cuenta con el 100 % de nivel de desempeño, ya que tiene un valor mínimo de 0.51 % de daños por fruto y la cual se considera con sostenibilidad óptima, siendo la menos afectada estando en el valor óptimo del 0 a 5 % de afectación según Cubillos, *et al.*, (2019, p. 2). Con respecto a la incidencia de plagas por vertebrados como pájaros (carpintero) y ardillas, todas las fincas cuentan con 100 % de desempeño con una sostenibilidad óptima, ya que cuentan con afectaciones mínimas por plagas con un 0.00 a 4.44 % de frutos dañados. (Cuadro 10, Cuadro 11).

Cuadro 10. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Incidencia de enfermedades (%)	40.00	20.00	100.00	80.00
Frutos con monilia	40.00	20.00	100.00	80.00
Frutos con mazorca negra	100.00	100.00	100.00	100.00
Incidencia de vertebrados (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
Frutos dañados de pájaros	100.00	100.00	100.00	100.00
Frutos dañados por ardilla	100.00	100.00	100.00	100.00
Frecuencia de deshije al año	80.00	40.00	40.00	100.00
Tipos de dosel de sombra	100.00	80.00	100.00	60.00

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Apariencia de los árboles de cacao	100.00	93.33	62.50	20.00
Capacidad de restauración del sistema cacao	100.00	100.00	100.00	100.00

Los resultados para el **indicador frecuencia de deshije por año** en la finca La Estrella y La Florida obtuvieron un nivel de desempeño del 40 %, consideradas con un bajo nivel de sostenibilidad, ya que solamente realizan dos veces al año la labor de deshije, la finca La Esperanza obtuvo un nivel de desempeño del 80 % ya que realiza 4 labores de deshije al año y es considerada con una buena sostenibilidad, mientras que la finca el derrumbe obtuvo el 100 % de nivel de desempeño ya que realizan un excelente manejo de la parcela al hacer la práctica de deshije 10 veces al año, (Cuadro 11) considerada con el valor óptimo, tomando en cuenta que esta finca supera el valor óptimo que indica el INTA (2009 p. 30) que la poda de chupones puede efectuarse 5 veces al año.

En el indicador **tipos de dosel de sombra** la finca El Derrumbe obtuvo un nivel de desempeño del 60 % ya que esta cuenta con cacao asociado con otro cultivo, y se considera medianamente sostenible, la finca La Estrella obtuvo un nivel de desempeño del 80% ya que esta presenta una sombra variada es decir tiene de 3 a 5 especies presente en las parcelas de cacao, la cual la hace tener una buena sostenibilidad, mientras que las fincas La Esperanza y La Florida tienen un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 11), ya que estas se consideran un agrobosque la cual presentan más de 5 especies en las parcelas de cacao, es por eso que se determina que estas dos fincas tienen un nivel de desempeño óptimo, ya que en la escala de valoración se determinó que el valor óptimo es de 5 especies a más.

De acuerdo con el análisis del indicador de **capacidad de restauración del sistema de cacao**, solo la finca La Florida sufrió afectaciones por un evento climático, (Huracán) donde la plantación de cacao mostró su capacidad resiliente teniendo un proceso de recuperación del 100 % y es por eso que esta finca tiene un nivel de desempeño óptimo, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe no sufrieron ningún tipo de afectación por algún evento climático, (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o Indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Incidencia por enfermedades	15.58	52.61	1.93	8.55
Frutos con monilia	15.58	51.51	0.51	8.55
Frutos con mazorca negra	0	1.11	0.60	0
Incidencia de vertebrados (%)	0	0	0.84	4.44
Frutos dañados de pájaros	0	0	0.19	0
Frutos dañados por ardilla	0	0	0.65	4.44
Frecuencia de deshije por año	4	2	2	10
Tipos de dosel de sombra	Agrobosque	sombra variada	Agrobosque	cacao asociado con otros cultivos
Apariencia de los árboles de cacao	100	93.3	62.5	20
Capacidad de restauración del sistema cacao			100	
Evento climático		2 a 3 días por mal drenaje	Huracán	

Los resultados del indicador de **diversidad de especies forestales** existentes en la parcela de cacao, la finca El Derrumbe obtuvo un nivel de desempeño del 20 %, ya que en ella cuenta con 2 especies forestales que le proporcionan sombra al cacao (Cuadro 12), la cual la hace para este indicador un sistema no sostenible, la finca La Estrella aumentó el nivel de desempeño al 40 % ya que en esta solo hay presente 5 especies (Cuadro 12) forestales dentro de la parcela de cacao, la cual la lleva a tener un bajo nivel de sustentabilidad, mientras que las fincas La Esperanza y La Florida, su desempeño es del 60 %, ya que estas tienen presentes de 7 a 10 especies forestales respectivamente en las plantación de cacao, para determinar, si la diversidad de especies forestales es baja o alta, se usó el instrumento de análisis del índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

La finca El Derrumbe obtuvo un índice de Shannon de 0.4 que comparado con el valor óptimo 3.43 (Anexo) es bajo, la finca La Estrella obtuvo un valor en el índice de Shannon de 1.2, y es por eso que tiene baja sostenibilidad, mientras que las fincas La Esperanza y La Estrella obtuvieron un índice de Shannon de 1.9 y 2.2 que comparado con las demás fincas es un valor más alto y se acerca un poco al valor óptimo antes mencionado, y es por ellos que estas fincas son medianamente sostenibles.

Cuadro 12. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Diversidad de especies forestales en cacao	60.00	40.00	60.00	20.00
Población de árboles de sombra por ha	100.00	60.00	100.00	100.00
Diversidad de artrópodos	20.00	40.00	60.00	60.00
Número de lombrices / m ²	100.00	16.67	79.44	91.67

Entre las especies forestales que se encuentran presentes en las fincas está el Cedro real (*Cedrela odorata*), otras especies presentes no en todas las fincas como sombra al cacao están Chaperno (*Lonchocarpus yoroensis*), roble macuelizo (*Tabebuia rosea*), lagarto corroncho (*Brunellia mexicana DC*), laurel (*Cordia alliodora*) todas estas especies son de la zona; adicionalmente están frutales como aguacate (*Persea americana*), pejibaye (*Bactris gasipaes*). La finca La Florida es la que presenta mayor número de especies forestales en su sistema con cacao.

En todas las fincas hay presencia de una especie de sombra que generalmente se establece al inicio de todo establecimiento de plantaciones para que el cacao tenga sombra temporal esta son diferentes especies de Musáceas (banano, guineos, plátanos). En las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe hay una población de 32, 32 y 80 plántones de Musáceas por hectárea respectivamente, presentes en las parcelas de cacao, además las familias se benefician ya que estas le brindan alimentación.

En el **indicador población de árboles de sombra por ha**, la finca La Estrella presento un nivel de desempeño de un 60 %, lo cual lo hace un sistema medianamente sostenible, ya que esta presenta una población de 65 árboles de sombra por hectárea considerándose una baja población

por la edad del cacaotal, mientras que las fincas La Esperanza, La Florida y El Derrumbe su nivel de desempeño es del 100 %, ya que presentan un población de 96, 136 y 16 árboles por hectárea esto según las edades de cada plantación, debemos considerar que de 0 a 9 años, se deben establecer de 80 a 100 árboles. Mientras, cuando la plantación tenga de 10 a 20 años, su población recomendada es 36 a 42 árboles.

Según la **Diversidad de artrópodos** en la finca La Esperanza se obtuvo un nivel de desempeño de apenas el 20 % (Cuadro 12) ya que en esta solo se encontraron cuatro especies de artrópodos (Cuadro 13), y su índice de Shannon fue de 0.8 (diversidad baja) que comparado con el óptimo (3.43), se puede decir que no es sustentable; en la finca La Estrella se determinó un nivel de desempeño del 40 % (Cuadro 12) donde se encontraron siete especies de artrópodos, con un índice de Shannon del 1.5 lo cual nos indica que cuentan con una baja sustentabilidad, mientras que las fincas La Florida y El Derrumbe se obtuvo un nivel de desempeño del 60 % y un índice de Shannon de 2.3 y 2.0 las cuales presentan de 15 y 10 especies (Cuadro 13) respectivamente, siendo medianamente sostenible. Cabe recalcar que para la medición de este indicador se utilizó de igual forma el instrumento de análisis del índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Las principales especies encontradas fueron (Hormiga, Zompopo, Cien pies, Cucarachas, Babosas) las cuales tienen un rol muy importante ya que estas redistribuyen los nutrientes, airean el suelo e incrementan la superficie de infiltración de agua.

De acuerdo al indicador **Número de lombrices** la finca La Estrella cuenta con un nivel de desempeño de apenas el 16.67 % la cual en el muestreo de campo se contabilizaron la existencia de 16.67 lombrices por m², la cual no es sustentable, mientras que la finca La Florida tiene un nivel de desempeño del 79.44 % determinando que tiene buena sustentabilidad, la finca La Esperanza y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño del 100 % y el 91.67 % ya que se encontraron 167 y 91.67 lombrices por m² respectivamente y estas obtuvieron un valor de sostenibilidad óptima. La mayor abundancia de esa especie se debe a condiciones de suelo favorables como presencia de materia orgánica en mayor cantidad, mejor capacidad de infiltración, dos elementos que le permiten al organismo a sobrevivir mejor las altas precipitaciones de la zona agravada por la presencia de suelos arcillosos.

Cuadro 13. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Variable o Indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Diversidad de especies forestales en cacao	7 (1.9)	5 (1.2)	10 (2.2)	2 (0.4)
Especies forestales y frutales	chaperno, cedro real, musáceas, pejibaye, pellejo de toro, teca, helequeme	Aguacate, cedro real, madero negro, musáceas, roble macuelizo	aguacate, cedro real, cortes, frijolillo, guayabón, guarumo, lagarto corroncho, limón ácido, laurel, roble	musáceas, nancite
Población de árboles por ha	96	64	136	16
Población de musáceas por ha	32	32	0	80
Diversidad de artrópodos	4 (0.8)	8 (1.5)	15 (2.3)	10 (2.0)
Especies artrópodas	gusano rosquilla, hormiga, zompopo, babosa	cien pies, hormiga pequeña, mariquita, babosa, arañitas, cucaracha, zompopo	cien pies, hormiga pequeña, colembola, araña grande, pulgas, arañitas, hormiga colorada, arañita gris, hormiga grande, hormiga negra, zompopo, grillo, cucarachita, cucaracha negra	cien pies, hormiguita pequeña, tortuguitas, peluditos blancos, rey de gusano, maya, antenudos, tijeretas, arañitas, hormiga grande
Número de lombrices / m ²	167	16.67	79.44	91.67

Entre paréntesis, valor de Shannon-Wiener

En el subindicador **textura de suelo** en las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 20 % considerado como no sostenible, el análisis de suelo determinó una clase textural de arcillas, presentando porcentajes de (44.98 %, 54.98 % y 46.98 %) respectivamente, (Cuadro 14) mientras que la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño del 40 % (Cuadro 14), con una clase textural franco arcilloso, se considera con bajo nivel de sostenibilidad, presento porcentaje de arcilla de 39.6 % (Cuadro 15). Según Paredes Arce (2003 p. 12), los suelos óptimos más apropiados para el cacao son los francos debido a que facilitan una mayor profundidad de raíces, infiltración del agua, presencia de materia orgánica y nutrientes.

Cuadro 14. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Clase textural	20.00	20.00	40.00	20.00
Profundidad efectiva de suelo (cm)	60.00	60.00	60.00	60.00
Pendiente del área (%)	100.00	100.00	60.00	40.00
pH del suelo	100.00	100.00	80.00	100.00
Conductividad eléctrica (dS/m)	100.00	100.00	100.00	100.00
Contenido de materia orgánica	97.60	67.80	55.00	100.00
N (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
P disp (ppm)	76.07	37.53	0.80	25.07
K disp (meq / 100 g suelo)	13.33	8.89	100.00	28.89
Ca disp	89.5	100.00	98.5	100.00
Mg disp	90.33	100.00	68.00	97.00
CIC	60.00	60.00	80.00	100.00

En el subindicador **profundidad capa arable del suelo**, se encontró por medio del muestreo en las fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 60 % (Cuadro 14) consideradas medianamente sostenible, ya que presentaron profundidades de 80, 89.17, 64.25, 53.67 cm (Cuadro 15) respectivamente. Sin embargo, la condición textural de estos suelos no permite que el cacao y los árboles forestales aprovechar esta profundidad debido a las partículas finas de arcilla en alto contenido siendo esta una limitante y la rápida saturación de los microporos por agua reduciendo la capacidad de infiltración. El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao depende de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes y capas inferiores del suelo y la profundidad óptima debe de ser de 150 cm según Paredes Arce (2003 p. 12).

En el subindicador **pendiente del área (%)**, la finca El Derrumbe obtuvo un nivel de desempeño del 40 % (Cuadro 14) con un porcentaje de pendiente de 31.1 % (Cuadro 15) considerada con un bajo nivel de sostenibilidad, la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño de 60 % (Cuadro 14) ya que obtuvo un valor medido en las parcelas de cacao de 23.33 % de pendiente (Cuadro 15), considerada medianamente sostenible, mientras que las fincas La Esperanza y La Estrella obtuvieron un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 14) ya que obtuvieron valores de campo de 1.18 y 2.02 (Cuadro 15) consideradas con una sostenibilidad óptima, ya que de

acuerdo a la escala de valoración se considera pendientes de 0 a 5 % como optimo. Tanto la finca La Esperanza y La Estrella se encuentran en la reserva silvestre Los Guatuzos donde la topografía del terreno en su mayoría tiene de 0 a 5 %, a diferencia de la zona de Las Azucenas donde se observa topografía ondulada a quebrada.

Cuadro 15. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o Indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Clase textural	Arcilla	Arcilla	Franco arcilloso	Arcilla
Arena	24.16	16.16	26.4	24.16
Arcilla	44.98	54.98	39.6	46.98
Limo	30.86	28.36	34	28.86
Profundidad efectiva de suelo (cm)	80	89.17	64.25	53.67
Pendiente del área (%)	1.18 (1.10)	2.02 (2.60)	23.33 (9.18)	31.1 (17.26)
pH del suelo	6.07	6.26	6.84	6.27
Conductividad eléctrica (dS/m)	51.67	53.33	47.87	57.13
Contenido de materia orgánica	4.88	3.39	2.75	5.29
N (%)	0.37	0.35	0.37	0.59
P disp (PPM)	11.41	5.63	0.12	3.76
K disp (meq / 100 g suelo)	0.06	0.04	0.49	0.13
Ca disp	10.74	12.91	11.82	13.13
Mg disp	2.71	3.67	2.04	2.91
CIC	24.1	26.65	34.6	40.87

Propiedades químicas del suelo

Para el subindicador **pH del suelo**, la finca La Florida presentó un nivel de desempeño de 80 % (Cuadro 14) ya que obtuvo un pH de 6.84 (Cuadro 15) considerada con buena sostenibilidad, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 14), alcanzando pH de 6.07, 6.26 y 6.27 (Cuadro 15) respectivamente, consideradas con una sostenibilidad óptima, ya que según (Romero E., 2016, p.12) el pH del cultivo de cacao para un desarrollo óptimo debe estar en el rango de 6 a 6.5.

Durante el análisis de datos del subindicador **conductividad eléctrica (uS/m)** las fincas analizadas obtuvieron un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 14) considerada como sostenibilidad óptima, presentando valores desde 47.87 hasta 57.13 (uS/m) (Cuadro 15) considerándose suelos no salinos. Ya que de acuerdo a la escala de valoración el valor óptimo es < 100 (uS/m) que significa suelos no salinos.

Para el subindicador contenido de **materia orgánica (%)**, la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño de 55 % (Cuadro 14) con un contenido promedio de materia orgánica de 2.75 %, (Cuadro 14) considera medianamente sostenible, la finca La Estrella obtuvo un nivel de desempeño de 67.80 % (Cuadro 15) con una buena sostenibilidad ya que presentó un valor de 3.39 % de contenido de materia orgánica, mientras que las fincas La Esperanza y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño de 97.60 % y 100 % (Cuadro 14), ya que presentaron valores de 4.88 y 5.29 de contenido de materia orgánica (Cuadro 15), lo cual se les considera con una sostenibilidad óptima. Según Kass (1996, p.100) señala que, el contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes. Los suelos con menos de 2 % de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5 % es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5 %.

En el subindicador de **nitrógeno**, las fincas cuentan con un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 14) contando con una sostenibilidad óptima. Ya que en los análisis de laboratorio se obtuvieron porcentajes de 0.37, 0.35, 0.37 y 0.59 % respectivamente (Cuadro 15), las cuales superan el valor óptimo de 0.2 % mencionado por Orozco y Sampson, (2016, p 31).

Según el subindicador de **Fósforo disponible** la finca La Florida presenta un nivel de desempeño de 0.80 % (Cuadro 14) ya que en el análisis de laboratorio este presentó un 0.12 ppm (Cuadro 15) lo cual la hace no sostenible en este indicador, en las fincas El Derrumbe y La Estrella se obtuvieron valores óptimos de 25.07 % y 37.53 % (Cuadro 14) contando con un bajo nivel de sustentabilidad, ya que estas dieron valores de laboratorio de 3.76 y 5.63 ppm (Cuadro 15), mientras que la finca La Esperanza obtuvo un nivel de desempeño de 76.07 % (Cuadro 14), ya que en el análisis de laboratorio dio un valor de 11.41 ppm (Cuadro 15), la cual se considera una finca con una buena sostenibilidad. Según Orozco y Sampson (2016, p 31) el valor óptimo debe de ser de 10 a 20 ppm. Considerando que el nivel óptimo para que este no sea limitante en

la producción de cacao debe el suelo tener una reserva de 10 a 20 ppm, tres de las fincas mostraron contenidos menores lo que indica que los requerimientos para esta especie no se suplen siendo por ello deficiente.

De acuerdo al análisis del subindicador **Potasio disponible**, la finca La Esperanza y la Estrella presentaron un nivel de desempeño de 13.33 % y 8.89 % respectivamente (Cuadro 14) con valores de laboratorio de 0.06 y 0.04 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) consideradas no sostenibles, mientras que la finca El Derrumbe presentó un nivel de desempeño de 28.89 % (Cuadro 14) y un valor en el análisis de laboratorio de 0.13 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) considerada con una baja sostenibilidad, mientras que la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño de 100 % (Cuadro 14) la cual se consideró con sostenibilidad óptima, ya que en el análisis mostrado, presentó un valor de 0.49 (Cuadro 15) encontrándose entre el rango óptimo según Orozco y Sampson (2016, p 31), los cuales pueden ir del 0.3 a 0.6. De acuerdo a los resultados tres de las fincas sus suelos carecen de suficiente potasio para satisfacer las necesidades del cultivo.

En el subindicador de **Calcio** las fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe mostraron un nivel de desempeño de 89.5 %, 100 %, 98.5 % y 100 % (Cuadro 14) respectivamente, considerándose cada una de estas con sostenibilidad óptima, ya que los valores obtenidos en laboratorio fueron de 10.74, 12.91, 11.82 y 13.13 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) encontrándose entre el valor óptimo que es de 4 a 20 mEq/100 g suelo, según lo dicen Orozco y Sampson, (2016, p 31).

Según el subindicador de **Magnesio disponible**, la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño del 68 % (Cuadro 14) ya que su valor en laboratorio fue de 2.04 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) considerada con buena sostenibilidad, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño de 90.33 %, 100 % y 97 % respectivamente (Cuadro 14) ya que en su análisis de laboratorio presentaron valores de 2,71, 3.67 y 2.91 mEq/100 g suelo respectivamente (Cuadro 15) consideradas con sostenibilidad óptima, todos sus valores están en el rango del valor óptimo dado por Aguilar y Sampson, (2016, p31) que puede ser de 1 a 5 mEq/100 g suelo.

En el subindicador de **Capacidad de intercambio catiónico**, las fincas, La Esperanza y La Estrella obtuvieron un nivel de desempeño de 60 % (Cuadro 14) consideradas medianamente sostenibles, ya que en el análisis de laboratorio presentaron valores de 24.1 y 26.65 mEq/100 g

suelo (Cuadro 15), la finca La Florida obtuvo un nivel de desempeño de 80 % (Cuadro 14) donde presentó un valor de 34.6 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) y se consideró con buena sostenibilidad, mientras que la finca El Derrumbe obtuvo un nivel de desempeño de 100 % (Cuadro 14) la cual cuenta con sostenibilidad óptima ya que se presentó un valor de 40.87 mEq/100 g suelo (Cuadro 15) el cual supera el valor óptimo de 40 mEq/100 g suelo presentado en la escala de valoración.

Cuadro 16. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Cobertura total del suelo (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
Intensidad de manejo de las malezas (Frecuencia al año)	100.00	100.00	75.00	100.00
Tipos de control de malezas	100.00	60.00	60.00	100.00
Prácticas de reciclaje de nutrientes	100.00	100.00	100.00	60.00

El subindicador **cobertura de suelo (%)** en todas las fincas analizadas presentaron un nivel de desempeño de 100 % (Cuadro 16) consideradas con sostenibilidad optima, los suelos presentaron una cobertura de hojarasca de 91.2 %, 69.67 %, 90.6 %, y 84.67 % (Cuadro 17) esto nos muestra que es un componente importante para el suelo, ya que controla malezas, ayuda a la retención de humedad y siempre hay disponibilidad de nutrientes, cabe recalcar que para tener una cobertura total de suelo óptima se necesita al menos tener un 70 % entre cobertura de hojarasca y cobertura de malezas.

En el análisis del subindicador **intensidad de manejo de maleza** la finca La Florida presento un nivel de desempeño del 75 % (Cuadro 16) considerada con buena sostenibilidad, ya que en esta finca se realiza esta labor 3 veces al año (Cuadro 17) ya que presentó un porcentaje de cobertura de hojarasca de 90.6 %, una cobertura de malezas de 10.2 %, esto indica que el productor no tiene problemas de malezas en la parcela de cacao, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe obtuvieron un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 16) consideradas con sostenibilidad optima, ya que estas fincas realizan el manejo de malezas 4

veces al año, según el INTA (2009, p.30) se deben de realizar 4 veces al año el control de malezas en el cultivo de cacao.

Cuadro 17. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de estabilidad, resiliencia y confiabilidad.

Variable o Indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Cobertura total del suelo (%)	95 (11.18)	100(0)	95.4(5.83)	90.67(13.65)
Cobertura de malezas (%)	3.8 (2.49)	30.33(27.87)	10.2(7.16)	25(15)
Cobertura de hojarasca (%)	91.2(9.15)	69.67(27.87)	90.6(9.86)	84.67(9.50)
Intensidad de manejo de las malezas	4	4	3	4
Tipos de control de malezas	control mecánico (Machete)	Control mecánico (machete + motoguadaña), Control con herbicida y machete (caseo)	Control mecánico (machete), control con herbicida y machete (caseo)	control mecánico (machete)
Prácticas de reciclaje de nutrientes	incorpora restos de poda de cacao, de árboles, resto de maleza, hojarasca sobre el suelo	incorpora restos de poda de cacao, de árboles, resto de maleza, hojarasca sobre el suelo	incorpora restos de poda de cacao, de árboles, restos de malezas, hojarasca sobre el suelo, incorpora abonos orgánicos	Incorpora restos de poda de cacao, restos de malezas

En el subindicador **tipos de control de malezas**, las fincas La Estrella y La Florida presentaron un nivel de desempeño de 60 % (Cuadro 16) consideradas medianamente sostenibles, ya que aplican el control mecánico (machete + motoguadaña) y control con herbicida y machete (caseo) (Cuadro 17), mientras que las fincas La Esperanza y El Derrumbe obtuvieron un 100 % de nivel de desempeño (Cuadro 16), consideradas con sostenibilidad óptima, ya que solo aplican el control de malezas mecánico (Machete), y evitan aplicar herbicidas, además que buena parte de los suelos en las parcelas están cubiertos con hojarasca.

En las **prácticas de reciclaje de nutrientes** la finca El Derrumbe presento un nivel de desempeño de 60 % (Cuadro 16) ya que solo realiza dos prácticas de reciclajes de nutrientes,

considerada medianamente sostenible, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella, y La Florida obtuvieron un nivel de desempeño del 100 % (Cuadro 16) consideradas con sostenibilidad óptima, en ellas realizan un manejo conveniente de los restos de poda de árboles de cacao, malezas, hojarasca, y alguna aplicación de abonos orgánicos. Estos recursos logrados a través del manejo del cacao permiten tener un proceso de reciclaje de nutrientes, que al incorporarse al suelo se descomponen y se mineralizan, para posteriormente estar disponibles para el cultivo en diferentes procesos fisiológicos que impactarán en los rendimientos del cacao. Según Alegre, *et al.* (2015, p. 2) el reciclaje es un proceso por el cual una materia o un producto ya utilizado ingresan nuevamente a un ciclo productivo.

5.3.3. Atributo de Adaptabilidad

El indicador **estado del cacao entregado o vendido**, las fincas La Florida y El Derrumbe obtuvieron un 60 % (Cuadro 18) de nivel de desempeño consideradas medianamente sostenibles, ya que los productores venden el cacao en baba, mientras que las fincas La Esperanza y El Derrumbe obtuvieron un mejor nivel de desempeño del 80 % (Cuadro 18) consideradas fincas con buena sostenibilidad ya que venden el cacao seco sin fermentar, cabe recalcar que para obtener el valor óptimo se determinó en la escala de valoración que el cacao debe ser vendido como cacao seco fermentado.

El análisis del indicador **capacidad para fermentar y secar el cacao** la finca La Florida presento un nivel de desempeño del 20 % considerada no sostenible, ya que no cuenta con ninguna estructura para secar y fermentar cacao, la finca La Esperanza presentó un nivel de desempeño de 20 % para fermentar ya que no cuenta con ninguna estructura, sin embargo cuenta con un 60 % de nivel de desempeño para secar ya que utilizan un tendal plástico, y se considera medianamente sostenible, mientras que las fincas La Estrella y El Derrumbe cuentan con un 60 % de nivel de desempeño para fermentar cacao, ya que usan en bolsas plásticas y con un 100 % de nivel de desempeño para secar el cacao ya que secan en secador Elba y en cajas o gavetas Rohan consideradas con sostenibilidad óptima. Ya que el valor óptimo indica que lo mejor para fermentar y secar el cacao, sería en cajas Rohan, y secadores Elbas.

Cuadro 18. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de Adaptabilidad.

Variable o Indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Estado del cacao entregado o vendido	80.00	80.00	60.00	60.00
Capacidad para fermentar y secar cacao				
Para fermentar	20.00	60.00	20.00	60.00
Para secar	60.00	100.00	20.00	100.00
Diversidad Vegetal cultivada	100.00	100.00	80.00	100.00
Diversidad animal presente	20.00	100.00	100.00	100.00
Participación en actividades de capacitación	0	0	80.00	80.00
Asistencia técnica recibida	0	0	40.00	40.00
Fuentes de agua	80.00	80.00	40.00	80.00
Tipos de apoyos recibidos por la cooperativa	20.00	20.00	40.00	100.00

Según al subindicador **diversidad vegetal cultivada** la finca La Florida presentó un nivel de desempeño de 80 % (Cuadro 18) considerada con buena sostenibilidad, ya que hay presente siete especies perennes y cinco transitorias, mientras que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe obtuvieron el 100 % de nivel de desempeño (Cuadro 18) ya que presentan una gran variedad de especies cultivadas entre perennes y transitorias. Se consideró como óptimo fincas que presenten mayor de 9 sp perennes y más 5 sp transitorias (cultivos de ciclo corto).

Los productores tienen en producción especies de ciclo corto como (Frijol, Maíz, Arroz, Yuca, Quequisque, Malanga, Tomate) y especies perennes como (Naranja, Mango, Mamón chino, Aguacate, Limón ácido, Coco, Guaba y Plátanos)

En el subindicador **diversidad animal presente**, la finca La Esperanza presentó un nivel de desempeño del 20 % considerada no sostenible (Cuadro 18) ya que el productor no cuenta con ninguna especie animal, mientras que las fincas La Estrella, La Florida y El Derrumbe obtienen un 100 % de nivel de desempeño (Cuadro 18) consideradas con sostenibilidad óptima ya que se pudieron encontrar hasta cinco especies animales, entre ellas (Ganado vacuno, Cerdos, Cabras,

Gallina de patio, Pato, Chompipe, entre otras) (Cuadro 19), Se considero en la escala de valoración como valor optimo las fincas que presentaran más de 5 especies mayores y menores.

Cuadro 19. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de Adaptabilidad.

Valor o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Estado del cacao entregado o vendido	Cacao seco sin fermentar	cacao seco sin fermentar	cacao en baba	cacao en baba
Capacidad para fermentar		bolsa plástica		bolsa plástica
Capacidad para secar	Tendal plástico	tendal plástico, secador Elba		Cajas o gavetas rohan
Diversidad Vegetal cultivada	16	13	11	14
Cultivos anuales granos	3	3	3	2
Especies	frijol, maíz, arroz	frijol, maíz, arroz	frijol, arroz, maíz	maíz, arroz
Cultivos raíces y tubérculos	3	0	2	2
Especies	yuca, quequisque, malanga		Yuca, malanga	yuca, malanga
Cultivos frutales	12	10	7	10
Especies	naranja, mango, mamón chino, guaba, limón acido, coco, jocote ñomblon, pejibaye, canela, achiote, aguacate, plátano	cacao, naranja, mango, mamón chino, guaba, limón acido, aguacate, coco, jocote ñomblom, plátano	Cacao, naranja, mamón chino, guaba, limón acido, coco, plátano	cacao, naranja, mango, mamón chino, guaba, limón acido, coco, aguacate, jocote ñomblon, plátano
hortalizas	1	0	0	0
Especies	tomate			
Diversidad animal presente		6	8	5
Ganado mayor		1	1	1
Especie		ganado vacuno	ganado vacuno	ganado vacuno
Ganado menor		2	2	1
Especie		pelibuey, cerdo	Cabra, pelibuey	cerdo
Aves de corral		3	5	3
Especie		pato, chompipe, gallina de patio	Pato, ganso, chompipe, gallina de patio, paloma castilla	lora, chocoyo, gallina de patio
Participación en actividades de capacitación			2 en 2021	una en 2019 y una en 2021

Valor o indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Facilitador y temas			Elaboración de chocolate, MEFCCA. Poda y formación de árboles de cacao, Cooperativa Chile	Manejo de cacao poda, INTA Manejo de cacao poda y fermentación, INTA
Asistencia técnica recibida			1 en 2019	1 en 2019
Facilitador			Poda de cacao, Cooperativa COPAAMA	Manejo del cultivo de cacao en el deshije, INTA
Fuentes de agua	1	1	1	3
Tipo	pozo	pozo	rio	pozo, quebrada, noria u ojo de agua
Tipos de apoyos recibidos por la cooperativa	No	No	Si 2021 Capacitación	Si Capacitación Asistencia técnica Equipos agrícolas recibidos
Fermentado, secado y venta de cacao	no	no		no

En cuanto a la **participación en actividades de capacitación** de los productores de cacao, las fincas La Esperanza y La Estrella obtuvieron un 0 % (Cuadro 18) de nivel de desempeño consideradas no sostenibles, ya que nunca han estado en este tipo de actividades, una de las causas que más se presenta es el bajo nivel de acompañamiento de parte de las instituciones de gobierno o no gubernamentales como él (INTA, MEFCCA, IPSA o ONG), mientras que las fincas La Florida y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 80 % (Cuadro 18) ya que cada una de ellas recibió dos capacitaciones entre el año 2019 y 2021 de parte del MEFCCA y el INTA.

En **asistencia técnica recibida** de igual forma las fincas La Esperanza y La Estrella obtuvieron 0 % de nivel de desempeño, consideradas no sostenibles ya que no recibieron ningún tipo de asistencia técnica, las fincas La Florida y El Derrumbe presentaron un 40 % de nivel de desempeño ya que solo recibieron una asistencia técnica en el año 2019 de parte de COOPAMA y INTA consideradas con baja sostenibilidad.

En cuanto a **fuentes de agua** la finca La Florida presentó un 40 % de nivel de desempeño (Cuadro 18) considerada con baja sostenibilidad, ya que su única fuente de agua es un río, las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño de 80 % consideradas con buena sostenibilidad (Cuadro 18) ya que sus fuentes de agua son pozos, quebradas y noria. En la escala de valoración se determinó que el valor óptimo serían las fincas que tuvieran presente Agua potable + pozo.

5.3.4. Atributo de equidad

El indicador **integración familiar en las actividades de la parcela** en la finca la Estrella presento un nivel de desempeño de 33.33 % ya que el 66. 67 % es mano de obra contratada y por ello los costos de producción se elevan, considerándose con un bajo nivel de sostenibilidad, mientras que las fincas La Esperanza, La Florida y El Derrumbe obtuvieron el 100 % de nivel de desempeño ya que la mano de obra en su totalidad es familiar donde se integran (hijos, esposa) en las actividades de la parcela. Se determinó como óptimo aquellas familias que toman decisiones unidas para la ejecución de las actividades de manejo en las parcelas de cacao.

Cuadro 20. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de equidad.

Variable o Indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Integración familiar en las actividades de la parcela	100.00	33.33	100.00	100.00
Integración familiar en actividades del hogar por parte de la madre (%)	68.75	81.25	81.25	81.25
Presencia y acceso al mercado	100.00	100.00	40.00	40.00

Según el indicador **integración familiar en las actividades del hogar** en las fincas la Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe es la madre quien decide la mayor parte de las actividades del hogar, con promedios de 68.75 % a 81.25 %, donde en la escala de valoración se determinó como óptimo el 100 % cuando el acuerdo familiar es mutuo.

Cuadro 21. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de equidad.

Variable o indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Integración familiar en las actividades de la parcela (mano de obra)	100	33.33	100	100
Integración familiar en actividades del hogar (%)				
Padre	50	0	68.75	56.25
Madre	68.75	81.25	81.25	81.25
Hijos	0	0	6.25	31.25
Padre+Madre	31.25	0	56.25	43.75
Presencia y acceso al mercado	3	3	1	1

Durante el análisis de datos el indicador **presencia y acceso al mercado**, en las fincas La Florida y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño del 40 % (Cuadro 20) consideradas con baja sostenibilidad, ya que estas solo presentan acceso a un solo mercado los cuales son, (Centro de acopio COPRULA RL., y Cooperativa Los Chiles) respectivamente mientras que las fincas La Esperanza y La Estrella cuentan con un 100 % de nivel de desempeño (Cuadro 21) ya que cuentan con tres opciones de mercados (Mercado de San Carlos, Mercado de Upala C.R, y Vendedor particular), el valor óptimo para este indicador es vender a más de tres compradores.

5.3.5. Atributo de autogestión

El indicador **cantidad de cacao que transforma y vende**, todas las fincas presentaron un nivel de desempeño de 0 % (Cuadro 22) consideradas no sostenibles ya que no hacen transformación de cacao y una de las limitantes es el poco conocimiento para dar un valor agregado.

Según el indicador **autoabastecimiento de alimentos** las fincas La Esperanza y La Florida obtuvieron un nivel de desempeño del 62.5 % (Cuadro 22) consideradas con buena sostenibilidad, esto se debe a que producen el 50 % (Cuadro 23) de los alimentos que consumen, mientras que en las fincas La Estrella y El Derrumbe presentaron un 100 % de nivel de desempeño (Cuadro 22) ya que estas producen un 80 % de los alimentos que consumen (Cuadro 23) consideradas con una óptima sostenibilidad, según la escala de valoración se tiene que

producir en la finca el 80 % de los alimentos que consume la familia para poder obtener el valor óptimo.

Cuadro 22. Nivel de desempeño de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de autogestión.

Variable o Indicador	Los Guatuzos		Las Azucenas	
	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Cantidad porcentual de cacao que transforma y vende	0	0	0	0
Autoabastecimiento de alimentos	62.5	100.00	62.5	100.00
Diversificación de mercado	60.00	60.00	80.00	60.00
Quién decide el precio del cacao				
Aceptabilidad del sistema de producción de cacao	100.00	100.00	80.00	60.00

En la **diversidad de mercados** la finca La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe presentaron un nivel de desempeño de 60 % siendo medianamente sostenibles, ya que el precio del cacao no es estable, y es por eso que la mayoría de veces quien decide el precio es el comprador, por otra parte la finca La Florida obtuvo un 80 % de nivel de desempeño, considerada con buena sostenibilidad, ya que esta finca al momento de vender y poner precio a la producción lo hace a través de un acuerdo mutuo con en el centro de acopio COOPRULA RL.

En la **aceptabilidad del sistema de producción de cacao**, es un indicador importante ya que aquí los productores muestran la satisfacción que tienen con su sistema productivo.

En la finca El Derrumbe presento un 60 % de nivel de desempeño (Cuadro 22) ya que se siente medianamente satisfecho, cabe recalcar que esta es una plantación bastante joven (4 años) la cual en años venideros podrá mejorar su capacidad productiva, en la finca La Florida se presentó un 80 % de nivel de desempeño, teniendo una buena sostenibilidad ya que su propietario se siente satisfecho con el sistema productivo, mientras que las fincas La Esperanza y La Estrella presentaron un 100 % de nivel de desempeño teniendo sostenibilidad óptima, ya que los productores dicen estar muy satisfechos con sus sistemas de producción de cacao.

Cuadro 23. Resultados obtenidos de la medición de campo de los indicadores de evaluación correspondiente al atributo de autogestión.

Variable o Indicador	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe
Cantidad porcentual de cacao que transforma y vende	0	0	0	0
Autoabastecimiento de alimentos	50	80	50	80
Diversificación de mercado	Comprador	Comprador	Por acuerdo mutuo	comprador
Quién decide el precio del cacao				
Aceptabilidad del sistema de producción de cacao	Muy satisfecho	Muy satisfecho	Satisfecho	Medianamente satisfecho

5.4. Análisis del consolidados de resultados de los atributos

El consolidado de los indicadores por atributo, muestra que autogestión presento un nivel de desempeño de 57.81 % (Cuadro 24), considerado dicho resultado medianamente sostenible, esto se debe a que las fincas La Esperanza, La Florida y El Derrumbe obtuvieron promedios de 55.63 %, 55.63 % y 55.00 % (Cuadro 24) respectivamente, mientras que la finca La Estrella se consideró con buena sostenibilidad ya que obtuvo un valor de 65.00 %, todo esto se debe a que ninguno de los productores realiza transformación de cacao para agregación de valor, adicionalmente identifican pocos canales de comercialización debido a problema de comunicación terrestre y los compradores que llegan son lo que deciden los precios que le pagan al productor, uno de los aspectos más positivos que tienen los productores es la capacidad de producir desde sus fincas el 50 a 80 % de los alimentos que las familias consumen.

El atributo de adaptabilidad presento un nivel de desempeño del 58.89 % (Cuadro 24) considerado medianamente sostenible, la finca La Esperanza, La Estrella y La Florida alcanzaron un nivel de desempeño de 42.22 %, 60 % y 53.33 % respectivamente, mientras que la finca El Derrumbe obtuvo un desempeño de 80 %, uno de los problemas identificados en la valoración de sostenibilidad es que las fincas del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos los productores no tienen acceso a procesos de capacitación y de asistencia técnica debido a la no presencia en las comunidades de instituciones del estado que brinden este servicio.

El consolidado de los indicadores por atributo, muestra que equidad presentó un nivel de desempeño del 77.15 % (Cuadro 24) considerado con buena sostenibilidad, ya que las fincas

obtuvieron valores que garantizan de buena a óptima sostenibilidad, ya que en las fincas La Esperanza, La Florida y El Derrumbe la participación de la familia en las laborales agrícolas es del 100 %, mientras que en la finca La Estrella tiene un 33.33 % la cual le demanda un buen porcentaje de mano de obra contratada. En la integración de la familia en las actividades del hogar en todas las fincas es la madre la quien participa mayormente con porcentajes de 68.25 % a 81.25 %.

Cuadro 24. Resultados obtenidos mediante el análisis de los atributos.

Atributos	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe	Promedio
Productividad	79.19	84.13	86.90	96.12	86.59
Estabilidad, resiliencia, confiabilidad	85.12	75.61	82.12	89.17	83.00
Adaptabilidad	42.22	60.00	53.33	80.00	58.89
Equidad	89.58	71.53	73.75	73.75	77.15
Autogestión	55.63	65.00	55.63	55.00	57.81
Promedio	70.34	71.25	70.34	78.808	72.68

En el análisis del atributo de estabilidad, resiliencia, confiabilidad, presento un nivel de desempeño de 83 % (Cuadro 24) considerado con sostenibilidad óptima, esto se debe a que las fincas La Esperanza, La Estrella, La Florida y El Derrumbe presentaron valores de 85.12 %, 75.61 %, 82.12 % y 89.17 % respectivamente.

El atributo de productividad conformado por los indicadores rendimientos de grano seco y componentes del rendimiento obtuvo un nivel de desempeño de 86.59 % (Cuadro 24) considerado con sostenibilidad optima, la Finca El Derrumbe presentó el mejor desempeño con un 96.12 %, y las fincas La Estrella y La Florida obtuvieron valores de 84.13 % y 86.90 % respectivamente, mientras la finca La Esperanza tuvo el desempeño más bajo con 79.19 %.

5.5. Análisis de resultados por dimensión agroecológica

Respecto a la dimensión **ambiental** el resultado fue de 80.32 % considerada con buena sostenibilidad, las fincas La Estrella y La Florida presentaron valores de 76.96 % y 79.49 % y las fincas La Esperanza y El Derrumbe valores de 82.62 % y 82.21 % respectivamente, el mejor desempeño se obtuvo en la cobertura total del suelo, se presentaron problemas en el manejo de plagas y enfermedades donde las afectaciones fueron provocadas por monilia y mazorca negra.

Otro problema para tomar en cuenta son las propiedades físicas y químicas del suelo, las fincas evaluadas están determinadas por una textura de arcilla denominados suelos pesados, siendo una limitante para las plantas de cacao en el desarrollo de sus raíces. En las propiedades químicas se encontraron deficiencias en nutrientes tales como el Fósforo con valores de 0.8 % ppm, considerándose como suelos pobres de acuerdo con Quintana et al, (1983), se establece no óptimos aquellos suelos que tengan un contenido menor a 10 ppm, lo cual no es sostenible.

Según el análisis químico de suelos, el contenido de potasio fue de 0.04 a 0.49 meq por 100 g de suelo, ultimando que las fincas La Esperanza, La Estrella y El Derrumbe se consideran suelos pobres de acuerdo con Quintana et al, (1983) que indica en su clasificación de nutrientes que son pobres aquellos suelos que tengan contenidos menores a 0.2 meq por 100 g de suelo. Mientras que la finca La Florida se encuentra en el valor óptimo.

Cuadro 25. Resultados obtenidos mediante el análisis por dimensión agroecológica.

Dimensión	La Esperanza	La Estrella	La Florida	El Derrumbe	Promedio
Económica	36.00	52.00	40.00	64.00	48.00
Social	53.13	59.46	70.38	74.13	64.27
Ambiental	82.62	76.96	79.49	82.21	80.32
Promedio	57.25	62.81	63.29	73.45	64.20

En lo **económico**, se obtuvo un nivel de desempeño promedio de las fincas en un 48 % (Cuadro 25) considerado medianamente sostenible, las fincas La Estrella y El Derrumbe presentaron los valores más altos 52 % y 64 % mientras que las fincas La Esperanza y La Florida presentaron valores de 36 % y 40 %, se puede decir que se debe a que la mayor parte de los alimentos que se consumen en los hogares son cultivados y producidos en las fincas, esto les permite satisfacer otras necesidades del sistema de producción, cabe recalcar que las fincas La Florida y El

Derrumbe logran ingresos adicionales por especies de cultivos alimenticios que se encuentra presentes en las parcelas de cacao (plátano, mamón chino, banano).

De acuerdo con los indicadores en la dimensión social se obtuvo un nivel de desempeño de 64.27 % (Cuadro 25). Donde las fincas La Esperanza y La Estrella presentaron los valores más bajos de 53.13 % y 59.46 % esto se debe a que el precio que recibe por el producto es decidido por el comprador lo que indica que no logra negociar, otro factor es que no reciben actividades de capacitación y asistencia técnica, Mientras que las fincas La Florida y El Derrumbe obtuvieron valores de 70.38 % y 74.13 %, ya que han recibido de una a dos actividades de capacitación y asistencia técnica al año y una de las debilidades es que no disponen de canales de comercio del cacao que por lo general lo venden en el mercado de San Carlos

VI. CONCLUSIONES

Se evaluaron fincas agropecuarias con áreas de 13 a 70 manzanas, poseen parcelas de cacao en producción bajo sistemas agroforestales con áreas de 0.5 a 7 mz, se encuentra diversidad de especies frutales, las cuales les brindan alimentación e ingresos económicos adicionales, con uso de niveles bajos en tecnologías, manejos en las parcelas de cacao aplicando conocimientos empíricos.

En la dimensión ambiental las fincas obtuvieron buenos rendimientos de grano, se observaron problemas de enfermedades como monilia y mazorca negra presentaron mayor incidencia en las fincas del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos, suelos pobres en contenidos de fósforo y potasio, suelos pesados de clase textural arcilla.

Los productores no realizan ningún tipo de transformación de cacao, por falta de capacidades técnicas (conocimiento, equipos) y no tienen muchas opciones de acceso a los mercados por la dificultad de transportar el producto vía acuática.

En los aspectos sociales las fincas del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos no reciben capacitación o asistencia técnica por parte de las instituciones del estado como: INTA, IPSA, MAG, MEFCCA mientras que en Las Azucenas reciben un mínimo acompañamiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Los productores gestionen en las instituciones del estado y ONG's la inserción en sus planes de asistencia técnica, procesos de capacitación técnica, para mejorar el manejo de plagas y enfermedades en las parcelas de cacao.
- Incorporar fertilizantes químicos o abonos orgánicos que mejoren la disponibilidad de fósforo y potasio, sin embargo, se sugiere aplicar previo a ello cal con el fin de cambiar la acidez del suelo.
- Que los productores busquen apoyo de parte de organizaciones como ADTE o cooperativas para mejorar el acceso a los mercados y para que reciban tecnificación para la elaboración de productos derivados del cacao.
- En otro momento se puede intervenir, para hacer otro ciclo de evaluación, podría ser en aproximadamente cinco años para retornar y ver en que ha avanzado el sistema

VIII. LITERATURA CITADA

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA]. (2013). Estudio de Mercado de Japón para Cacao Nicaragüense. Managua, NI. Recuperado el 25 de junio del 2014. https://www.jica.go.jp/Resource/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bcatt/%2022_estudio_02.pdf
- Alegre, J., Vega, R., y García, S. (2015). *Manual reciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales*. <file:///C:/Users/Christian%20Pastrana/Downloads/2015-MANUALRECICLAJESAF.pdf>
- Altieri, M. (1999). *Bases científicas para una agricultura sustentable*. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Alvarez Carrillo, F., Rojas Molina, J., & Suarez Salazar, J. (2012). Simulación de arreglos agroforestales como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 1.
- Arce, M., (2003). *Manual de cultivo de cacao*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
- Arnés Prieto., E. (2011). *Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua)*. *Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua) (upm.es)*. https://oa.upm.es/9036/1/TFM_Esperanza_Arn%C3%A9s..pdf
- Astier, M., Masera, O., & Galvan-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. España : Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España.
- Astier, M, Maass, M & Etchervers, J, (enero 2002). Derivación De Indicadores De Calidad De Suelos En El Contexto De La Agricultura Sustentable DERIVATION OF SOIL QUALITY INDICATORS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE 36(5), pp. 605-620 ([researchgate.net](https://www.researchgate.net))

Chinandega, Nicaragua.

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8732/1/245884.pdf>

Compañía Nacional De Chocolate . (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao. *Sistemas agroforestales sostenibles* , 7.

Cubillos, G. Restrepo T, Hincapié O. (2019). *La moniliasis del cacao: daños, síntomas, epidemiología y manejo.* <https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf>

Esperanza, A, (julio 2011). Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua). [Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa \(Nicaragua\) \(upm.es\)](#)

Espinoza Lanzas, J. J. (2010). Analisis Del Beneficiado De Cacao En Fincas De Productores De Cacaonica, Waslala, Raan, Nicaragua. http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/ANALISIS_DEL_BENEFICIADO_DE_CACAO_EN_FINCAS_DE_CACAO.pdf

Flores Gonzales, S., Hernández Guajardo, L. G. (2020). Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. <file:///home/chronos/u-0f0945185776b572bc5824498b343cad1cfe7e69/MyFiles/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaSustentabilidadDelCultivoDeMaizEnVil-7628358.pdf>

Fontana, M. (2013). Aportes para la evaluación de la sustentabilidad, a partir de la comparación de dos sistemas agrícolas de San Carlos, Mendoza. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5438/fontana-agr.pdf

Fréguin S, Feschet P, Gómez M, Aguilar L. (2022). *Análisis de la cadena de valor de cacao en Nicaragua.* <https://agritrop.cirad.fr/601857/1/37.%20VCA4D%20Nicaragua%20cocoa%20March%202022.pdf>

Gobierno-De-Reconciliación-y-Unidad-Nacional. (2016). *Plan de manejo refugio de vida silvestres los guatusos.* Nicaragua: Ministerio de ambiente y recursos naturales MARENA.

Gobierno-de-Reconciliación-y-Unidad-Nacional.

([https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas/produccion de 2022](https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas/produccion%20de%202022)). *Plan nacional de produccion, consumo y comercio 2022-2023*

Guillen Calix, J. M. (2017). *Caracterización agroecológica de cuatro agroecosistemas de café (Coffea arabica L.) en Madriz y Nueva Segovia, Nicaragua, 2016-2017. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]*. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf40c154.pdf>

Instituto nicaragüense de estudios territoriales (INETER), 2021. Datos de clima del municipio de San Carlos.

INTA. (2009). *Guía tecnológica del cultivo de cacao*.

<https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/FMfcgzGqQmPmRbqIGDvzRSHFjSHdkzdD?projector=1&messagePartId=0.5>

INTA., (2009). *Guía tecnológica del cultivo de cacao*.

https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/name5aeff4

Jameson A. (2019). *Análisis de indicadores de sostenibilidad en tres sistemas de producción de café: convencional, orgánico y especial, en los municipios de Morocelí, Marcala y Santa Elena, en Honduras*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3dea8ccc-2797-4eb7-8a6f-26a054dcf062/content>

Jhonson, J., Bonilla, J., y Castillo, L. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero.

[Microsoft Word - Manual de Manejo y Producción del Cacaotero \(una.edu.ni\)](https://www.una.edu.ni/Manual-de-Manejo-y-Produccion-del-Cacaotero)

Kass, D. (1996). Fertilidad de suelos.

https://books.google.com.ni/books?id=sRua411JhvgC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Lanuz R., (2020). *Prácticas de manejo agronómico del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la comunidad Salto Grande, Bonanza* [tesis de ingeniería Universidad Nacional Agraria] repositorio institucional [tnf011296.pdf\(una.edu.ni\)](https://repositorio.una.edu.ni/tnf011296.pdf)

Masera, O. & López, Ridaura. (2000). *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos*. Mundiprensa. México, D, F. (P 1,2) [Microsoft Word - P3 MAstier- Medici3n de la sustentabilidad en sistemas.doc \(agroecologia.net\)](https://www.agroecologia.net/P3-MAstier-Medici3n-de-la-sustentabilidad-en-sistemas.doc)

- Masera, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de Evaluación MESMIS. MundiPrensa - GIRA - UNAM, México.*
https://www.researchgate.net/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS
- Masera, O., M. Astier y S. López-Ridaura. (1999.) *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de Evaluación MESMIS. MundiPrensa - GIRA - UNAM, México*
- Masera, O.; Astier, M.; López-Ridaura, S.; Galván-Miyoshi, Y.; Ortiz-Ávila, T.; García-Barrios, L.E.; García-Barrios, C.G.; y Speelman, E. (2008). El proyecto de sustentabilidad MESMIS. En: Astier, M., Masera, O., y Galván-Miyoshi, Y. *Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico y multidimensional.* pp:13-23.
https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/9788461256419.pdf
- Mendieta L, M., & Rocha M, L. (2007). *Sistemas Agroforestales.* Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Ministerio Agropecuario [MAG] (2022). Mapa Nacional de Cacao.
<https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas-interactivos/mapa-nacional-de-cacao>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA], 2016. Plan de manejo Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos.
<file:///C:/Users/Christian%20Pastrana/Downloads/Plan%20Manejo%20RVS%20Los%20Guatuzos%20-%20%20%20%202016-2020.pdf>
- Ministerio-Agropecuario. (2022). *Mapa interactivo de a produccion por rubro.*
- Montalván, O; Mendoza, I; y Navarro, M. (2011). *Caracterización de cultivares de cacao en cinco municipios de la RAAN.* [Tesis Ingeniero Agroforestal] Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe nicaragüense, URACCAN - Las Minas
<http://repositorio.uraccan.edu.ni/1301/1/Monograf%C3%ADa%20Hanier%20y%20Jefry.pdf>
- Oficina Nacional Forestal . (2013). *Guia Tecnica SAF para la implementacion de sistemas agroforestales (SAF) con arboles forestales maderables .* Costa Rica : Oficina Nacional Forestal (ONF).

- Oporta R., (2021) *Nicaragua: Producción Nacional de Cacao 2020-2021*. La prensa, [Nicaragua: Producción Nacional de Cacao 2020-2021 \(el19digital.com\)](http://el19digital.com)
- Orozco, L. y Sampson A., (2016). *Mejora productiva del cacao*. <http://sicacao.info/wp-content/uploads/2019/08/Esquinas-t%C3%A9cnicas-de-cacao.pdf>
- Prieto, E. A. (2011). *Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua)*. Nicaragua: TFM.
- Quintana, J. O., Blandón, J., Flores, A., Mayorga, E. (1983). *Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua*. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva Yor. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua, Nicaragua. 60p. <https://repositorio.una.edu.ni/3853/1/tnp331l791.pdf>
- Raffo, L, (17 de noviembre de 2021) *Producción de pitahayas con manejo orgánico y convencional: Una propuesta de sustentabilidad*. Universidad Agraria del Ecuador. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3312/html>
- Rendón D. Monroy K. (2017). *Análisis De Sustentabilidad De Socioecosistemas Con Cultivos De Café (Coffea arábica)*. Estudio De Caso En Los Municipios De Rosas (Cauca) Y Florencia (Caquetá), Colombia. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3577/Monroy_Arias_Karina_Fernanda_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Romero E., (2016). *Evaluación ecomorfológica de cacao (theobroma cacao l.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla*. <http://148.226.24.32:8080/bitstream/handle/123456789/47417/RomeroHernandezEsteban.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sánchez, M., León, D., Arce, S., López, T., Rodríguez, P., (2017). *Manual Técnico del cultivo de cacao*.
- Sarandón S. et al., (2002). *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, argentina, mediante el uso de indicadores*. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/23804/1/14-36-1-PB.pdf>

- Sarandón, Andrea V. y Santiago J., (2008). Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina.
https://orgprints.org/id/eprint/27488/1/Sarandon_Evaluaci%C3%B3n.pdf
- Sequeira, J. (2015). *Competitividad Comercial del Cacao (Theobroma cacao L.) en el Mercado Centroamericano*.(tesis de grado).Universidad Nacional Agraria, Managua
<https://repositorio.una.edu.ni/3138/1/tne70c417.pdf>
- Wiegel, Jennifer; del Río, Martha; Gutiérrez, Juan Fernando; Claros, Luisa; Sánchez, Derly; Gómez, Lorena; González, Carolina; Reyes, Byron (2020). El Sistema de Mercado de Cacao en Nicaragua: Oportunidades para Apoyar la Renovación y la Rehabilitación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/108183/Nicaragua%20cacao_Espa%c3%b1ol_Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y:
- Zambrano M., Daniela I. (2022). *Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistema campesinos en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan, Puebla*
<https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/5219/TESIS%20CIENCIAS%20A>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Escala de valoración de los indicadores

Indicador	Escala (%)				
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Valor del indicador	1	2	3	4	5
Edad de la plantación			< 20 o 36 años>	2 a 7 o 26 a 36 años	De 8 a 25 años
Riesgo de abandono de la plantación	>54 años – hijos	>54 años + señora	<54 años – hijos	>54 años + hijos	<54 años + hijos
Mano de obra familiar	20%	40%	60%	80%	100%
Orientación de las hileras	Paralela a la pendiente	Hileras sin dirección	Perpendicular + paralela a la pendiente	Perpendicular a la pendiente	Curvas a nivel
Fuentes de agua	No disponible	Quebrada + río	Noria + quebrada	Pozo + noria	Agua potable + pozo
Diversidad animal presente	Sin inventario animal	Una sp mayor	2 sp mayores o menores	De 3 a 4 sp	+ de 5 sp mayores y menores
Diversidad vegetal presente	Sin inventario vegetal	3 sp + 2 transitorias	5 perennes + 3 transitorias	7 sp perennes + 4 transitorias	+ 9 sp perennes + 5 sp transitorias
Tipos de control de maleza	No aplica control	Solo herbicidas	Control mecánico + herbicida	Control mecánico (moto guadaña + caseo)	Control mecánico (machete)
Estado del cacao entregado o vendido			En baba	Seco rojo	Fermentado y seco
Aceptabilidad del sistema	Desilusionado	Poco satisfecho	Moderadamente satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
Prácticas de reciclaje	No realiza	Realiza 1	Realiza 2	Realiza 3	Todas las mencionadas
CIC meq en 100g de suelo	6 a 10 (muy bajo)	>10 a 20 (bajo)	>20 a 30 (medio)	>30 a 40 (alto)	>40 (muy alto)
Profundidad de suelo (cm)	<25	25 a 49	50 a 99	100 a 199	>150
pH	<4.5 o >8	4.51 a 5 o 7.51 a 8	5 a 5.49 o 7.01 a 7.5	5.5 a 5.9 o 6.51 a 7	6 a 6.5
Auto sombra	<10 o >90	10 a 19 o 81 a 90	20 a 29 o 71 a 80	30 a 39 o 61 a 70	40 a 60
Plagas y enfermedades	>20%	15.1 a 20%	10.1 a 15%	5.1 a 10%	0 a 5%
Sombra al cacao (%)	+ 70	0 a 9 o 61 a 70	10 a 19 o 51 a 60	20 a 29 o 41 a 50	30 a 40
Pendiente del terreno (%)	+ 45	30 a 45	15 a 30	5.1 a 15	0 a 5

Indicador	Escala (%)				
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Clase textural	Suelo arcilloso limoso, arcilla	Suelo franco limoso, franco arcilloso limoso	Suelo franco arenoso	Suelo franco arcilloso arenoso	Suelo franco
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	>2250 (Suelos muy salinos)	751 a 2250	251 a 750	101 a 250	<100 (suelo no salino)
Quien dice el precio de venta			Comprador	Por acuerdo mutuo	Productor
Densidad de árboles de sombra por hectárea	De 0 a 9 años, > 140 árboles. 10 a 20 años, >80 árboles	De 0 a 9 años, 131 a 140 árboles. 10 a 20 años, 71 a 80 árboles	De 0 a 9 años, 121 a 130 árboles. 10 a 20 años, 61 a 70 árboles	De 0 a 9 años, 100 a 120 árboles. 10 a 20 años, 43 a 60 árboles	De 0 a 9 años, 80 a 100 árboles. 10 a 20 años, 36 a 42 árboles
Capacidad de fermentar y secar	Ninguna infraestructura	Bidón, plástico	Bolsa plástica, tendal	Cajas rohan + patio de concreto	Cajas escaleras o rohan + Secador Elva o cajas rohan
Índice de Shannon	0 - 0.85 (Muy baja diversidad)	0.86 - 1.71 (Baja diversidad)	1.72 - 2.6 (Diversidad media)	2.61 - 3.46 (Buena diversidad)	> 3.46 (Alta diversidad)
Numero de ramas			De 1 a 7 ramas	De 2 a 6 ramas	De 3 a 5 ramas
Altura de la orqueta (cm)			80 a 99	100 a 120	130 a 150
Tipo de dosel de sombra	Cacao sin sombra	Cacao con una especie de sombra	Cacaos asociados con otros cultivos	Cacao con sombra variada (3-5 especies presentes)	Agrobosques (+ 5 especies presentes)
Ingresos por otros rubros	0 córdobas				1 a + córdobas
Participación en actividades de capacitación	0 eventos		1 eventos	2 eventos	3 eventos
Asistencia recibida	0 eventos		1 eventos	2 eventos	3 eventos
Tipos de apoyo recibido por la cooperativa	1 apoyos		1-2 apoyos	2 apoyos	3 apoyos
Cobertura vegetal sobre el suelo (%)	<10	10-30	30-50	51-70	>70

Anexo 2. Lista de productores de cacao, ubicación de fincas en el Refugio de Vida Silvestre “Los Guatuzos” y en Las Azucenas

No	Comunidad	Productor (a)	Finca	Coordenadas		Altitud (msnm)	Área total de la finca (mz)	Área de cacao (mz)	Edad de la plantación (años)
				X	Y				
1	Pueblo nuevo 1	Roberto Fidel Gutiérrez	La Esperanza	712517	1217474	4	13	1.5	8
2	El coral	Miriam Maradiaga	La Estrella	717007	1216221	14	35	7	50
3	San isidro	Issac Pérez Ruiz	La Florida	760525	1235411	84	70	3	5
4	San isidro	Apolinar Aguirrez	El Derrumbe	762571	1237341	155	20	0.5	4

Anexo 3. Representación gráfica de las actividades de campo



Venta de cacao en baba



Entrevista a los productores.



Mazorca de cacao con afectaciones de monilia



Medición de longitud, largo, diámetro y peso de la mazorca