



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Análisis de sostenibilidad en siete agroecosistemas con cacao (*Theobroma cacao* L.) en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas, San Carlos, aplicando la Metodología MESMIS, 2022

Autores

Br. Jordy Adrian Reyes Canales

Br. Yeison Alexander Campos Garcia

Asesores

Ing. M.Sc. Martha del Rosario Gutiérrez Castillo

Ing. M.Sc. Rodolfo de Jesús Munguía Hernández

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

Managua, Nicaragua

Septiembre, 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

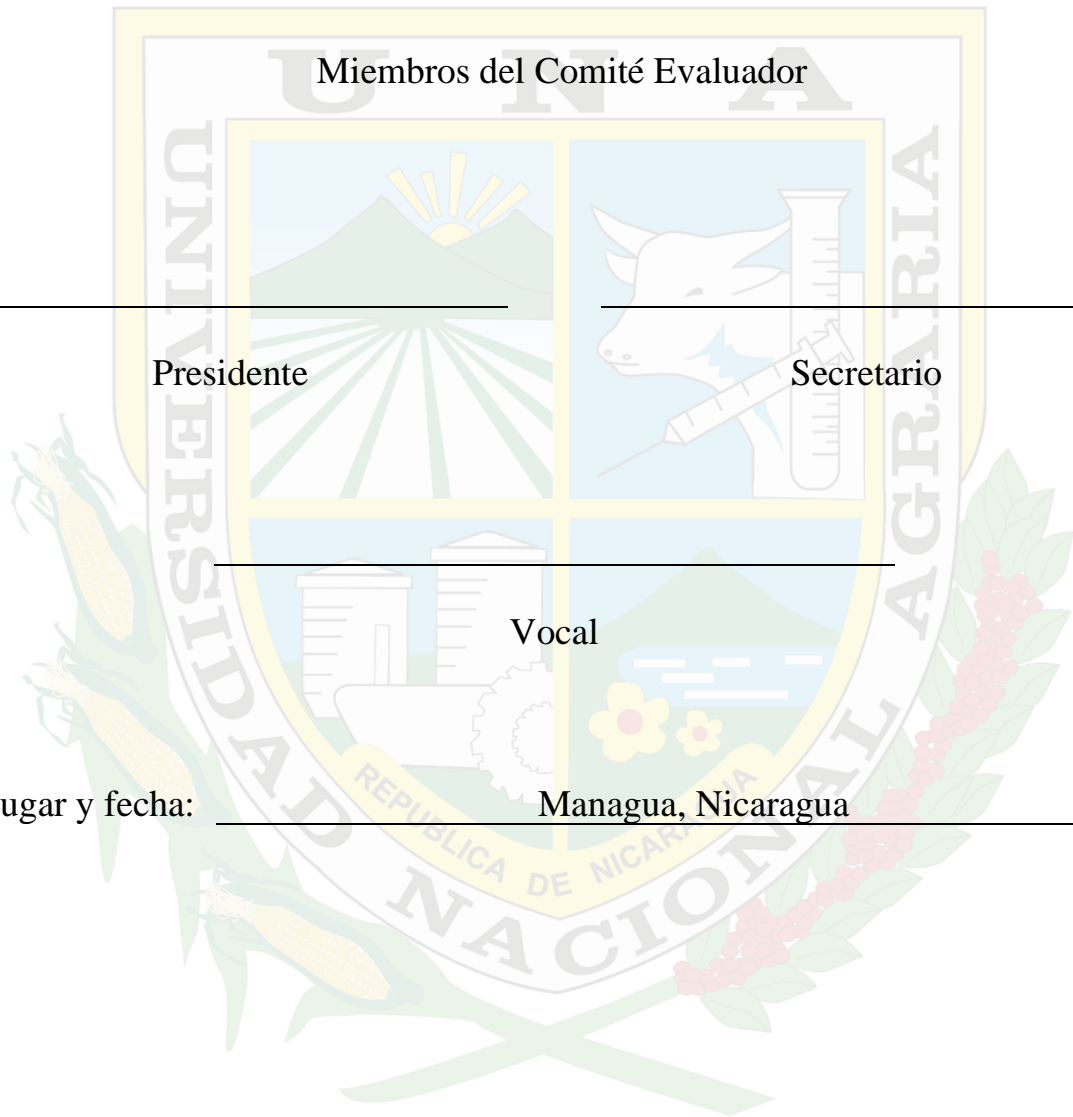
Presidente

Secretario

Vocal

Lugar y fecha:

Managua, Nicaragua



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por haber logrado unas de mis metas más en la vida, además en memoria de mi tía Laura Adilia Campos Mirandas, a pesar de que ya no está con nosotros siempre será mi ejemplo que seguir.

A mis hermanos Heriberto Antonio Campos García y Eduardo José Campos García que son mis pilares.

A la familia Solano que siempre está a mi lado brindándome su apoyo y consejos para ser de mí una mejor persona.

En memoria de mis dos grandes amigos José Nicasio Andrés Velásquez Reyes y Jossiti Cleban que estoy seguro de que desde el cielo se regocija por mi triunfo alcanzado.

Br. Yeison Alexander Campos García

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado primeramente a Dios por el don de la vida y a la virgen Santísima madre de Jesús por regalarme salud, sabiduría y entendimiento; por permitirme cumplir mis metas y poner en mí la fuerza, fortaleza y voluntad de no rendirme en los momentos difíciles que se presentaron en el camino.

A mi abuela Olga María Blanco Cisneros y abuelo José Antonio Canales Arias que están en el cielo a quienes amo con todo mi corazón, este logro se lo dedico a ellos por ser unos abuelos incondicionales, amorosos, protectores, por ser ese pilar de motivación y ejemplar; nunca los olvidaré.

A mis padres Mayeli de los Ángeles Canales Blanco y Nelson Andrés Reyes Lago por su infinito amor y apoyo incondicional por formar en mí una persona de bien y de valores por ser ese pilar de motivación y forjarme a luchar dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

A mis hermanos Nelson Reyes y Tonny Reyes y mi hermana María Reyes mis sobrinos Osman Reyes, Anyeli Reyes, Susyeli Reyes y Andrés Reyes a mi prima Marianela Canales a quienes amo, respeto y admiro mucho por estar siempre para mí en los momentos difíciles y alentarme siempre en seguir luchando por mis sueños.

Br. Jordy Adrian Reyes Canales

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza, valentía, sabiduría por permitirme alcanzar unas de mis grandes metas, por guiarme y darme fortaleza en esta etapa de mi vida.

A mi familia por darme ese gran amor en especial a la Lic. Maritza del Socorro Solano Baca y María Teresa Solano Baca por estar ahí en cada momento de mi vida y a mis hermanas y hermanos y a toda mi familia que son los más sagrado que tengo en la vida, por brindarme su apoyo incondicional durante toda realización de mi carrera.

Agradezco a la Universidad Nacional Agraria por darme la oportunidad de ser parte de la familia agraria y abrirme las puertas académicas para convertirme en un profesional. Además, al proyecto Amigos de la Tierra (ADTE) que son partes de esta experiencia sobre el cultivo de cacao en el municipio de San Carlos.

A la **Ing. MSc.** Martha del Rosario Gutiérrez Castillo e **Ing. MSc.** Rodolfo de Jesús Munguía Hernández, por brindarme su apoyo y conocimientos científicos, así como también tener la paciencia durante el tiempo de la tesis y aulas de clases.

A mis maestras y maestros, por a ver compartido su conocimiento a lo largo de mi preparación profesional.

A mis compañeros de clases en especial a: Francisco Álvarez, Santos Álvarez, Nelson Iván Martínez, Shenie Carlos, Hamilton Martínez, Hilario Sánchez y Dumar Pérez.

Br. Yeison Alexander Campos García

AGRADECIMIENTO

A agradezco a Dios por el don de la vida y el don de concederme una familia, por la salud, por cuidarme y protegerme en todo el camino, por regalarme inteligencia, sabiduría y entendimiento, por esa fuerza y esa infinita misericordia de no abandonarme nunca y permitirme cumplir mi meta.

Agradezco a mis padres Mayeli Canales y Nelson Reyes por ser esos padres ejemplares de superación y motivación para salir adelante, por todos los sacrificios que hicieron para que pudiera cumplir mis sueños, por todas sus oraciones que dedicaron día y noche, por su infinito amor, por sus consejos brindados y la confianza de permitirme prepararme como un profesional, por su apoyo económico y por no desampararme en ningún momento de mi vida.

A mis hermanos Nelson Reyes, Tonny Reyes y María Reyes y mi prima Marianela Canales por todo su amor y apoyo fraternal y económico, por formar parte de mis logros y vivirlo con la misma alegría.

A los profesores, principalmente a los que me impartieron clases y formaron parte de mi formación profesional, al Ing. MSc. Rodolfo Munguía e Ing. MSc. Martha Gutiérrez mis asesores quienes me apoyaron en todo momento, por todos sus consejos y tiempo brindado para la elaboración de este documento de culminación de estudio.

A mis compañeros de clase y amigos en especial Andrea Orozco, Gioconda Novoa, quienes me han apoyado en todo momento y formar parte de mi segunda familia.

A la Universidad Nacional Agraria y a la Organización Amigos de la Tierra (ADTE) por permitirme y sentirme en casa y acogerme dentro de su alma mater y brindarme las herramientas y condiciones necesaria para formarme como profesional.

Br. Jordy Adrian Reyes Canales

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Metodología MESMIS	6
3.2. Experiencia y uso de resultados de MESMIS	7
3.3. Estudio de caso de la metodología de MESMIS	7
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1. Ubicación del estudio	9
4.2. Caracterización de los productores y de los sistemas cacaoteros	9
4.3. Diseño de la investigación según Marco de Evaluación MESMIS	10
4.3.1. Paso 1. Determinación del objeto de estudio	10
4.3.2. Paso 2. Determinación de los puntos críticos	13
4.3.3. Paso 3. Selección de criterios de diagnósticos e indicadores	13
4.3.4. Paso 4. Medición de los indicadores en campo	13
4.3.5. Paso 5. Presentación e integración de los resultados	15
4.3.6. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones	19

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1. Caracterización biofísica, tecnológica de las fincas de cacao	20
5.1.1. Condiciones edafoclimáticas	20
5.1.2. Caracterización de los Sistemas Agroforestal con cacao Tradicional	22
5.1.3. Flujograma de los sistemas cacao de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.	23
5.1.4. Análisis de fortalezas y debilidades	25
5.1.5. Análisis de criterios de diagnóstico y puntos críticos e indicadores	26
5.2. Análisis de los indicadores de sustentabilidad en fincas cacaoteras	29
5.2.1. Atributo de productividad	29
5.2.2. Atributo de Confiabilidad, Estabilidad y Resiliencia	30
5.2.3. Atributo Adaptabilidad	48
5.2.4. Atributo de Equidad	50
5.2.5. Atributo de Autogestión	51
5.3. Nivel de desempeño de la sustentabilidad de las fincas cacaotera	54
5.3.1. Análisis de sustentabilidad por atributo	54
5.3.2. Análisis por dimensión agroecológica	56
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES	60
VIII. LITERATURA CITADA	61
IX. ANEXOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Registros de los productores seleccionados y evaluados en Melchorita y Las Azucenas, Rio San Juan 2022.	10
2	Selección de criterios de diagnóstico e indicadores en siete fincas cacaoteras.	13
3	Área de parcelas de cacao por productor participe del diagnóstico en las comarcas las Azucenas y Melchorita 2022	14
4	Escalas para calificación de indicadores y su estandarización.	17
5	Datos climáticos generales del municipio de San Carlos, tomado del departamento de Rio San Juan. Itinerario de Buen Gobierno Municipal (2021 p21)	20
6	Análisis de fortalezas y debilidades en las fincas de Las Azucenas y Melchorita.	25
7	Análisis de criterios de diagnóstico y puntos críticos e indicadores.	26
8	Especie frutales y maderables de sombra en las fincas productoras de cacao en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.	37
9	Análisis de los atributos de las siete fincas cacaoteras de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.	54
10	Análisis de las dimensiones agroecológicas de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Localización y distribución de los productores de cacao, modificado del MAG (2022)	9
2	El ciclo de evaluación en el MESMIS (Masera <i>et al.</i> , 2000).	11
3	Promedios de temperatura máximas y mínimas del periodo 2015 a 2021 de estación meteorológica Las Azucenas, municipio de San Carlos	21
4	Promedio de precipitaciones totales por mes en el periodo de 2015 a 2021 del municipio de San Carlos, (INETER, 2022).	21
5	Flujograma de las fincas cacaoteras de las comarcas Melchorita y Las Azucenas.	24
6	Resultado de nivel de desempeño por indicador para las fincas de San Carlos 2022	29
7	Resultado de nivel de desempeño por indicador de las fincas cacao en de San Carlos 2022.	32
8	Tipo de doseles de cacao y café, tomado de Somarriba <i>et al</i> (2003).	38
9	Triangulo de textura del suelo (Soil Texture U.S.D.A., 1977).	40
10	Resultado de los indicadores químico físico y biológico en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.	40
11	Resultados del manejo a la cobertura total del suelo en las fincas evaluadas de las comarcas de Las Azucenas y Melchorita 2022.	47
12	Resultados del nivel de desempeño de los indicadores de adaptabilidad, equidad y autogestión en Melchorita y Las Azucena	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Componentes de las siete fincas de cacao en Melchorita y Las Azucenas, aspectos técnicos	66
2	Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) por cada productor cacaotero del municipio de San Carlos.	68
3	Resultados de campos a nivel de indicador de las fincas de San Carlos 2022.	70
4	Evaluación de los indicadores de Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad en las comarcas de Las Azucenas y Melchorita	71
5	Resultados de laboratorio de la muestra de campo de suelo de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas	72
6	Resultados de indicadores cobertura de suelo, maleza, hojarasca y reciclaje de biomasa.	73
7	Resultados de los indicadores estado del cacao, fermentación y secado de las fincas cacaoteras.	73
8	Resultado del indicador de Equidad de las fincas de la comarca de Melchorita y Las Azucenas	74
9	Resultados del indicador de Autogestión de los datos de campo en Melchorita y Las Azucenas.	74

RESUMEN

El presente estudio se realizó de marzo a julio del 2022, en el Municipio de San Carlos, Río San Juan, para determinar el nivel de sustentabilidad en siete fincas cacaoteras aplicando la metodología “Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad” [MESMIS], en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas, cumpliendo parámetros de selección indicados por la Organización No Gubernamental (ONG) Amigos de la Tierra [ADTE]. En una primera etapa para recopilar información se aplicaron las herramientas de encuestas y entrevistas que permitieron el análisis de fortalezas y debilidades. En la segunda etapa, se aplicaron las mismas herramientas que en la 1^{ra} etapa y se agregó la medición de campo principalmente de carácter ambiental para realizar la evaluación. El resultado de toda la información dio el cálculo del Nivel de Desempeño [ND] que explica el comportamiento de las variables de campo y su transformación a un valor de escala con su correspondiente interpretación de sustentabilidad. Al sistematizar todos los indicadores, el atributo productividad tuvo el mejor comportamiento alcanzando rendimientos medios de $510.32 \text{ kg ha}^{-1}$, el cual es un valor que supera al promedio nacional de 450 kg ha^{-1} , esto evidencia que la zona de San Carlos y las comunidades, presenta condiciones adecuadas para una buena productividad a pesar de factores limitantes del suelo como la textura, deficiencias de fósforo y potasio existentes. En los atributos de adaptabilidad y autogestión se obtuvieron bajo nivel de desempeño de 39.57 a 42.92 % factor atribuido a bajos niveles de incidencia en las comunidades de las instituciones locales del municipio en temas de capacitación de manejo agronómico, otra limitante es la edad avanzada de los productores. El sistema de cacao que manejan los productores evaluados va de simple o monocultivista a agroforestal, las especies de sombra son el madero negro y cedro real.

Palabras claves: Productividad, Agroecológica, Sustentabilidad, Agroforestal, Autogestión y Adaptabilidad

ABSTRACT

The present study was carried out from March to July 2022, in the Municipality of San Carlos, Río San Juan, to determine the level of sustainability in seven cocoa farms applying the methodology “Evaluation Framework of Natural Resources Management Systems Incorporating Indicators of Sustainability” [MESMIS], in the regions of Melchorita and Las Azucenas, complying with selection parameters indicated by the Non-Governmental Organization (NGO) Friends of the Earth [ADTE]. In the first stage, survey and interview tools were applied to collect information, which allowed the analysis of strengths and weaknesses. In the second stage, the same tools were applied as in the 1st stage and field measurement, mainly of an environmental nature, was added to carry out the evaluation. The result of all the information was the calculation of the Performance Level [ND] that explains the behavior of the field variables and their transformation to a scale value with its corresponding interpretation of sustainability. When systematizing all the indicators, the productivity attribute had the best performance, reaching average yields of 510.32 kg ha⁻¹, which is a value that exceeds the national average of 450 kg ha⁻¹, this shows that the San Carlos area and the communities, presents adequate conditions for good productivity despite limiting soil factors such as texture, existing phosphorus and potassium deficiencies. In the attributes of adaptability and self-management, a low level of performance was obtained from 39.57 to 42.92%, a factor attributed to low levels of incidence in the communities of the local institutions of the municipality in matters of agronomic management training, another limitation is the advanced age of the producers. The cocoa system managed by the evaluated producers ranges from simple or monocultivist to agroforestry, the shade species are black wood and royal cedar.

Keywords: Productivity, Agroecology, Sustainability, Agroforestry, Self-management and Adaptability

I. INTRODUCCIÓN

El cacao, según Pound (1988) tuvo su origen en la cuenca superior del río Amazonas, donde confluye el Orinoco y sus afluentes, formando un triángulo con Brasil, Colombia y Ecuador, donde la especie se desarrolló de forma espontánea, citado por Valenzuela *et al.*, (2017). Su dispersión se dio por aves, animales y comunidades indígenas nómadas, quienes ayudaron a transportar las semillas a otras regiones de América, el cacao se desarrolló en forma silvestre. De esta manera llegó a Centro América, donde la población ancestral como los Toltecas que habitaron en el altiplano de México (siglo X a XII), usando el cacao en sus rituales. Mas tarde los Mayas, bajo el reinado del profeta agricultor Quetzalcaut, dieron el toque divino al fruto, aumentaron las siembras, ampliaron el uso del grano como moneda y aumentaron el consumo entre sus castas como bebidas llamadas patruxe y soconusco según Valenzuela, *et al.* (2017).

Se reportó para Nicaragua en el Plan Nacional de Producción Consumo y Comercio en el ciclo 2021-2022, “una producción de 176 mil 700 quintales de cacao (+ 6.8 % con respecto al ciclo anterior) de los cuales se exportaron 165 mil 268.5 quintales, que generaron un ingreso de 11.7 millones de dólares”. “Se estima que para el ciclo 2022-2023 se incremente “en 7,5 %; se espera producir 190 mil quintales, que representarán ingresos de más de 12.2 millones de dólares al país” (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN]. (2022).

De acuerdo con Wiegel, *et al.* (2020) “de la producción total de cacao en Nicaragua, 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” (p.11).

Las áreas aptas para el cultivo de cacao son 340 mil hectáreas, además, tiene un valor adicional por ser un cultivo que puede contribuir con la preservación del ambiente por su capacidad de conservación del suelo [...], desde el punto de vista socio-ambiental, este rubro cuenta con ventajas comparativas derivadas de las condiciones naturales para su producción como es el clima, suelo y humedad; su producción basada en sistemas agroforestales y el rol de las familias como un recurso humano importante para el proceso productivo (Greber, 1999) citado por Gaitán (2005).

Los suelos del municipio de San Carlos presentan características edáficas y climáticas aptas para la producción de cacao tal como se expresa en el mapa del uso potencial para su cultivo (Instituto

Nicaragüenses de Tecnología Agropecuario [INTA] 2010, p.10), (actualmente se reporta que existen un 8.4 % del total de productores del país y representan el 8.8 % del área total (Ministerio Agropecuario [MAG] 2023, p.1). Los productores de cacao de esta zona se agrupan en pequeños o medianos productores que manejan el sistema de producción con bajo insumo y adicionalmente producen otros rubros como granos básicos, hortalizas, frutales, forestales y ganadería en pequeña escala.

El manejo deficiente del sistema productivo de cacao en las fincas que se manifiesta en prácticas inadecuadas, como poda de formación, sanidad y producción, el deshije (deschuponado), con el uso de herramienta no adecuadas, al momento de su realización provocan condiciones favorables para la proliferación de enfermedades como: moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora* sp), afectando la producción y por ende la economía del productor.

Los agroecosistemas productivos deben ser evaluados periódicamente para conocer el estado actual del manejo, nivel tecnológico, comercio, que permita en un futuro la mejora del sistema. Por ello en fincas de cacao se realizó un diagnóstico de la problemática del manejo del cultivo en el municipio de San Carlos, aplicando la metodología del marco de evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales utilizando indicadores de sustentabilidad [MESMIS], para evaluar la sostenibilidad de los procesos productivos y proponer acciones de mejora concretas que puedan ser evaluadas en el tiempo según Hernández, *et al.* (2018).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar en siete fincas cacaoteras del municipio de San Carlos la sostenibilidad mediante el nivel de desempeño agroecológico aplicando la metodología MESMIS.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar las condiciones biofísicas, tecnológicas y sociales de los sistemas tradicionales de la producción de cacao por finca.
- ✓ Identificar los puntos críticos positivos de los atributos productividad, confiabilidad, estabilidad y resiliencia en el manejo de los sistemas tradicionales de producción de cacao a través de la aplicación de indicadores de evaluación de sustentabilidad.
- ✓ Identificar los puntos críticos negativos de los atributos equidad, adaptabilidad y autogestión en el manejo de los sistemas tradicionales de producción de cacao a través de la aplicación de indicadores de evaluación de sustentabilidad.

III. MARCO DE REFERENCIA

Los agroecosistemas son los que apuntan alcanzar una cierta estabilidad (a través de la gestión de las condiciones ambientales) y a ser sustentables o sostenibles para que la explotación pueda seguir desarrollándose con el paso del tiempo sin que se agoten los recursos (Pérez y Gardey, 2015, p.1).

Los sistemas pueden evaluarse de acuerdo a la forma en que cumplen sus funciones, en este aspecto (Sarandón *et al.*, 2008), indica que algunos atributos o propiedades pueden resultar relevante de ser evaluados en los Agroecosistema como los que a continuación se describen:

Productividad: Capacidad del sistema productivo para mantener a la familia residente mediante el abastecimiento de bienes y servicio necesarios.

Equidad: Capacidad de distribuir responsabilidades y beneficios entre los miembros, así como la participación de estos en la toma de decisiones referentes al sistema productivo.

Estabilidad: Capacidad del sistema productivo para continuar en funcionamiento durante un largo tiempo al someterse a condiciones climáticas, económicas, de mercado tecnológicas y mano de obra.

Resiliencia: Capacidad de origen del sistema productivo que le permite estar en equilibrio, después de haber estado expuesto a perturbaciones causadas por aspectos como el clima y el cambio en el mercado.

Confiabilidad: Es la capacidad de autorregulación del sistema productivo, es decir, que la probabilidad de modificación ante perturbaciones del ambiente.

Adaptabilidad: Capacidad del sistema productivo para realizar ajustes internos, posterior a afectación y alteraciones.

Auto dependencia: Capacidad del sistema productivo para abastecerse en gran parte de los insumos, procesos y recursos, de tal manera que pueda llevar a cabo una estructura adecuada, así como un funcionamiento eficiente.

¿Por qué es necesario evaluar un agroecosistema?

Los agroecosistemas deben ser más eficientes en el uso de los recursos naturales, mediante un aumento de la biodiversidad espacial y temporal. La presencia de ciertos niveles de vegetación

espontánea dentro y fuera de las parcelas o áreas de los cultivos, podrían reducir la erosión, disminuir el lixiviado de nutrientes y generar un aumento en la eficiencia de la captación de la energía, con lo que aumentaría la acumulación de Carbono en el sistema productivo (Sarandón (2002).

Es importante estudiar el funcionamiento de los agroecosistemas, donde se busca desarrollar sistemas que potencien las interacciones benéficas entre sus componentes, para este fin se busca maximizar la diversificación vegetal en el tiempo y en el espacio, utilizar técnicas, prácticas e insumos locales (en muchos casos basados en tecnologías tradicionales) no degradadoras del medio ambiente y restaurar y conservar el recurso agrícola: suelo, agua y especies locales de fauna y flora (Astier, 2006).

La agroecología se plantea como una disciplina que brinda los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos, conservadores de los recursos naturales, culturalmente sensibles, socialmente y económicamente viables (Altieri, 2002).

Se presume que los agroecosistemas que aplican principios agroecológicos tienden a la sustentabilidad ambiental, social y económica. De hecho, existen muchas experiencias de manejo alternativo en Latino América que le apuestan a la sustentabilidad socio-ambiental, pero ¿Lo han logrado? ¿Cómo sabemos de manera sistemática cuáles son los factores que hacen que estas propuestas estén cerca o lejos del objetivo de sustentabilidad?

Metodologías de evaluación de agroecosistema

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (1993) desarrolló un marco para la Evaluación del Manejo Sustentable de la Tierra (FESLM, sus siglas en inglés), este marco fue el punto de partida en la elaboración de nuevas metodologías para abordar sustentabilidad. El objetivo de evaluación cuenta con aspectos ambientales y económicos. Incluyen cinco criterios básicos: productividad, seguridad, protección, viabilidad y aceptabilidad (Astier *et al.*, 2008).

Según Astier *et al.*, (2008, p.1) Identificar emisiones de producto en las actividades agrícolas; 2) Vincular las actividades contaminantes entre sus fuentes y sus sumideros; 3) Selección de indicadores que describan la condición del ecosistema; 4) Determinar valores umbrales; 5) Ajustar los umbrales a la escala de la finca.

En los Sistemas Agroecológicos Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Sanidad de Cultivo (SARSyC) es una propuesta de Altieri y Nicholls (2002) el “diagnóstico de la calidad del suelo y la salud del cultivo en plantaciones de café usando indicadores sencillos”.

La Evaluación de Agroecosistema Mediante Indicadores de Sustentabilidad, propuesta EAMIS ha sido desarrollada por Tonolli y Ferrer (2003) y consiste en una serie de pasos conducentes a identificar los puntos críticos de la sustentabilidad del agroecosistema mediante la construcción y el uso de indicadores adecuados.

3.1. Metodología MESMIS

El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando indicadores de sustentabilidad [MESMIS], es una herramienta metodológica para evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales descrita por (Masera, *et al*, 2000), tiene como base, los sistemas de producción campesinos y debido a sus características, constituye una herramienta en permanente construcción. Su estructura es flexible y adaptable a diferentes condiciones económicas, técnicas y de acceso a información. Parte de un enfoque sistémico y multidimensional, en el que el sistema es evaluado en siete atributos o propiedades: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad.

Ésta es una herramienta innovadora para avanzar en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas rurales, a partir de un enfoque cíclico, sistemático y multiescalar. La sustentabilidad, en esta metodología, se concibe de manera dinámica y específica de un determinado contexto socio ambiental, y se analiza, de forma participativa, a partir de la interacción de múltiples elementos que no pueden estudiarse de manera aislada (Astier *et al.*, 2008).

Las características de la metodología de Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando indicadores de sustentabilidad [MESMIS] es flexible, adaptable, el análisis de los sistemas productivo es con enfoque multidimensional, sistémico, multiescalar y cíclico, se puede mencionar que se implementa en seis pasos, 1) Definición del objeto de evaluación 2) Determinación de los puntos críticos 3) Selección de criterios de diagnóstico e indicadores 4) Medición y monitoreo de indicadores 5) Presentación de resultados 6) Conclusiones y recomendaciones.

3.2. Experiencia y uso de resultados de MESMIS

A la fecha se han realizado más de 50 estudios de caso que han incorporado al Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando indicadores de sustentabilidad [MESMIS] como marco de análisis y discusión. Éstos se han realizado principalmente en México, Centroamérica y Sudamérica y, en menor medida, en Norteamérica y Europa. Una de las intenciones más importantes dentro del desarrollo de esta metodología ha sido la sistematización y el análisis de las diferentes experiencias generadas, las cuales, proporcionan lecciones importantes para su mejoramiento e implementación en el futuro. Los esfuerzos se han sistematizado y documentado en diferentes iniciativas según Astier y Hollands (2005). Estos esfuerzos documentan en total 11 experiencias de evaluación en diferentes regiones de México y Latinoamérica.

3.3 Estudio de caso de la metodología de MESMIS

Se realizó la evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador, para evaluar la sustentabilidad 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. Al evaluar la sustentabilidad ambiental, se encontró que el 81.37 % de las fincas evaluadas tuvieron un Indicador Ambiental menor a dos, es decir más de 3/4 del total de fincas productoras de limón son ambientalmente no sustentables debido a que presentaron valores cercanos a cero, solamente el 12 % de las fincas productoras de limón sutil fueron sustentables. Las principales debilidades correspondieron a la dimensión ambiental, por lo que la tendencia del indicador presentó valores menores a dos. Lo contrario se encontró en las dimensiones económica y especialmente la social, donde el indicador fue mayor a dos en todas las fincas evaluadas (Valerezo Beltrón et al., 2020, p. 114, 119).

En otro estudio realizado se evaluó la sustentabilidad de 6 fincas hortícolas orgánicas ubicadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina Sarandón *et al.*, (2008), se construyeron 6 indicadores basado en dos dimensiones: socioeconómico y ecológico. Según el resultado del análisis mediante el uso de indicadores, señaló una gran variabilidad en la sustentabilidad general entre los agroecosistemas analizados. 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, los datos fueron estandarizados, mediante su transformación a una escala, para cada indicador de 0 a 4, siendo 4 el mayor valor de sustentabilidad y 0 el más bajo. 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 de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando indicadores de sustentabilidad [MESMIS] por Fontana, (2013) en el departamento de San Carlos, Mendoza, Colombia, comparó la sustentabilidad de dos sistemas frutícolas con manejos diferentes, uno convencional y el otro en transición agroecológica, adaptados a la agricultura intensiva bajo riego.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó de marzo a julio del 2022, en el Municipio de San Carlos, Río San Juan, este tiene una “extensión territorial 1,462 km² ubicado en las coordenadas 11° 7' 23" Latitud Norte, 84° 46' 43" Longitud Oeste, cuenta con un clima Tropical de Selva Monzónica y Tropical de Selva” (Alcaldía Municipal de San Carlos, 2004).



Figura 1. Localización y distribución de los productores

4.2. Caracterización de los productores y de los sistemas cacaoteros

Los productores beneficiados fueron seleccionados de la base de datos de la organización amigos de la tierra [ADTE], que son representativo de los sistemas de producción y cumplen con los criterios definidos los que se consensuaron por [ASODELCO] para su elegibilidad y realizar el diagnóstico de los sistemas cacaotero, a continuación, se mencionan:

1. Ser beneficiarios de amigos de la tierra [ADTE]
2. Áreas mínimas 0.25 mz cacao y en producción
3. Plantaciones en edades mayores de cuatro años
4. Las plantaciones de cacao con manejo agronómico

Los siete productores organizados pertenecen a cooperativas que se dedican a distintas actividades como: acopio de cacao, Cooperativa Servicio Multiple Agroturística Familia Madariaga [COAFAMA] es una pequeña empresa familiar con destino turístico recreativo y ganadero. Los productores Marcos Cortez es un productor individual, las dimensiones de las

fincas van de 10.5 a 59 manzanas, las parcelas de cacao no son mayores de 3.5 manzanas (Cuadro1).

Cuadro 1. Registros de los productores seleccionados y evaluados en Melchorita y Las Azucenas, Río San Juan 2022.

No.	Productor	Organización	Comarca	Nombre de la finca	Área Total (mz)	Área de cacao (mz)
1	Marcos Heberto Cortez Peña	Productor individual	Melchorita	La Florcita	16	2
2	José Abraham Cortez Peña	COPAAMA R.L.	Melchorita	La Florcita	18	3
3	José Siriaco León Sequeira	COPAAMA R.L.	Las Azucenas	El Porvenir	16.5	1.2
4	Francisco Javier Duarte Rivera	COOPRULA R.L.	Las Azucenas	La Rejolla	15	3
5	Patricio Maradiaga Martínez	COAFAMA R.L.	Las Azucenas	Jardín del Edén	59	2
6	Juan Pablo Herradora Solórzano	COOPRULA R.L.	Las Azucenas	El Porvenir	10.5	3
7	Alejandro Duarte Pérez	COOPRULA R.L.	Las Azucenas	Los Laureles	12	3.5
Total, de manzanas de cacao						17.7

4.3. Diseño de la investigación según Marco de Evaluación MESMIS

La evaluación de los sistemas cacaoteros seleccionados se realizó utilizando la Metodología propuesto por Masera *et al.*, (2008) denominada " Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad [MESMIS]" (Figura 2.) la cual tiene una estructura operativa de seis pasos que a continuación se describen:

4.3.1. Paso 1. Determinación del objeto de estudio

La caracterización del agroecosistema evaluado se generó a partir de información secundaria sobre los aspectos biofísicos, antes mencionados.

Por cada finca de estudio fue representada en un diagrama de flujo donde se describe por medio de un gráfico los componentes del agroecosistema que se encontraron, tales como, el sistema agrícola, pecuario, forestal y de componente familiar. También define las posibles

interrelaciones entre los componentes que expresan el flujo de energía y nutrientes que ocurren entre los componentes. Así mismo se establecieron las entradas de energía y nutrientes y las respectivas salidas del sistema.

Se elaboró un instrumento de recolección de datos como: Guía de entrevista o cuestionario aplicado a los productores, donde va dirigido al estado de la plantación, informaciones sociales y culturales de las familias productoras para poder obtener una mayor información interna y externamente.

En la primera gira de campo realizada en el mes de marzo, se recolecta información por cada productor, aplicando un **formulario** con aspectos generales, aspectos técnicos, comercial, organización, equidad y toma de decisión y finalmente el aspecto de satisfacción de necesidades básicas.

Un segundo **formulario** fue aplicado a la esposa o pariente del productor de cacao para ver que tanto manejaban sobre el sistema cacaotero, donde en la mayoría de las familias productoras no coincidían con sus respuestas sobre el estado de la plantación, información familiar como podía ser edad, cantidad de hijos y empoderamiento en quienes toman mayor decisión en aspecto familiar y de comercio.

Un tercer **formulario** estuvo dirigido a los productores con el propósito de conocer de ellos las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que perciben para el desarrollo de su sistema productivo. Este instrumento se elaboró con base a preguntas que respondan a los aspectos señalados. Tiene como finalidad identificar los puntos críticos.

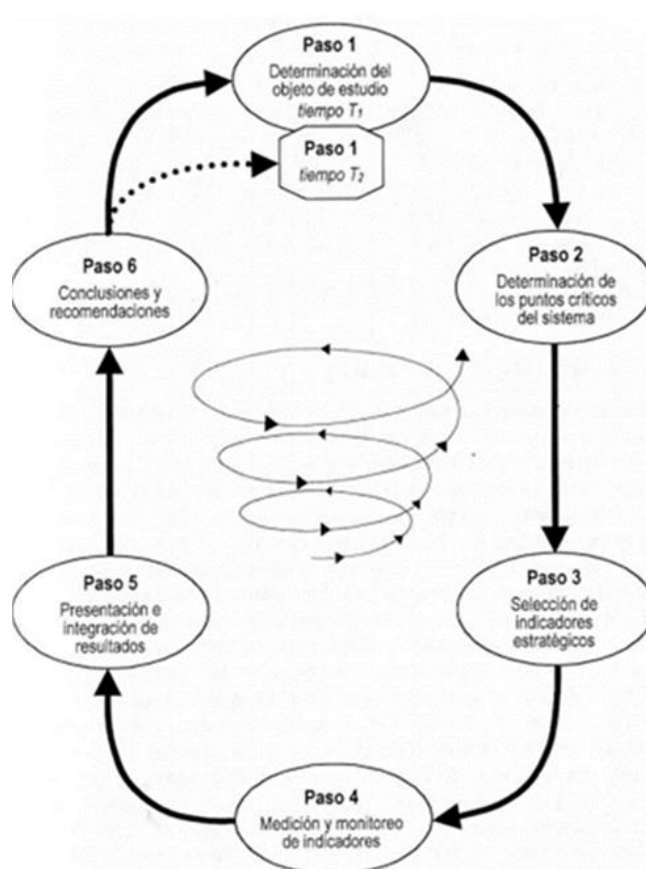


Figura 2. El ciclo de evaluación en el MESMIS (Masera *et al.*, 2000).

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

¿Qué es análisis FODA? Es una herramienta de análisis organizacional, muy útil en la planificación de toda organización, se ubica en la finca y medio ambiente que le rodea, como 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. Las fortalezas deben utilizar en función de los servicios brindados.

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 débiles 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).

Un último **formulario** se constituyó en un instrumento de recolección de información de campo y además una aplicación llamada HábitA que se utilizó ubicándose de bajo del árbol de cacao para conocer el estado de la sombra de los árboles de sombra al cacao que se controlan dentro

de las parcelas que lo realiza el técnico, a través de un transepto en la parcela de cacao en cada finca; él identificó los aspectos ambientales tales como plantaciones de cacao, el estado del suelo e infraestructura.

4.3.2. Paso 2. Determinación de los puntos críticos

De los puntos críticos: Se parte de la selección información de las fortalezas y debilidades de cada parcela de cacao, donde se pueda considerar puntos críticos para los sistemas de producción como podrían ser: erosión de suelo, entre otros.

4.3.3. Paso 3. Selección de criterios de diagnósticos e indicadores

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

Cuadro 2. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores en siete fincas cacaoteras








Atributos	Puntos críticos	Criterio de diagnóstico	Indicadores de evaluación
Productividad Confiabilidad Resiliencia Estabilidad Adaptabilidad Equidad Autogestión	“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 (Gutiérrez <i>et al.</i> , 2008).	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 32 indicadores es parte de un proceso de planificación de cada agroecosistema.

4.3.4. Paso 4. Medición de los indicadores en campo

En la segunda visita se realizó en el mes de julio 2022 aplicándose dos formatos a las siete fincas productoras de cacao. Para la recolección y medición de información se usó una combinación de técnicas directas (medición directa) e indirectas (entrevistas), solicitando información al productor como: rendimiento de grano (seco o baba) en $qq\ mZ^{-1}$, relación beneficio costo, ingresos por otros rubros dentro del caco, edad de la plantación, tipo de apoyo recibido por organismo privadas o instituciones del estado, presencia y acceso al mercado, cantidad de cacao que transforma y vende, entre otros.

En conjunto con el productor de cada finca fue seleccionada la parcela de muestreo de 625 m², se estableció una parcela en superficie menor de dos manzanas, y dos parcelas de muestreo en área ≥ 2 mz (Cuadro 3), todos los indicadores medido en campo, fue registrada por la hoja de control para la medición del marco de plantación, indicadores físicos, químico y biológico del suelo, se usó herramientas para medición como: aparato A, barreno helicoidal, cintas métricas, cuadrante (20cm x 20 cm y 50cm x 50 cm), baldes, bolsas plásticas y equipo receptor de GPS GARMIN MAP 64 sx.

Cuadro 3. Área de parcelas de cacao por productor participe del diagnóstico en las comarcas las Azucenas y Melchorita 2022

No.	Productor	Comarca	Finca	Área de cacao (mz)	Dimensión de la parcela
1	Marcos Heberto Cortez Peña	Melchorita	La Florcita	2	
2	José Abraham Cortez Peña	Melchorita	La Florcita	3	
3	José Ciriaco León Sequeira	Las Azucenas	El Porvenir	1.2	
4	Francisco Javier Duarte Rivera	Las Azucenas	La Rejolla	3	
5	Patricio Maradiaga Martínez	Las Azucenas	Jardín del Edén	2	
6	Juan Pablo Herradora Solórzano	Las Azucenas	El Porvenir	3	
7	Alejandro Duarte Pérez	Las Azucenas	Los Laureles	3.5	

Los indicadores definidos para el estado de plantación la de cacao, se contabilizo el total de árboles, seleccionándose diez al azar, con la aplicación Randomizer, se ordenaron los datos de menor a mayor, luego se observó por árbol, el estado de sanidad, la apariencia de los árboles, estructura productiva y niveles de sombra con la aplicación HabitA.

Se aplicaron indicadores para evaluar el fruto de cacao se cortaron diez mazorcas maduras para la evaluación del largo con una regla graduada, el diámetro de la mazorca con una cinta Diamétricas, peso del fruto, peso fresco de la semilla en baba (gramo) por medio de una balanza de precisión de 0.1 g y se contabilizo el número de semilla por fruto, anotadas en hojas de control.

4.3.5. Paso 5. Presentación e integración de los resultados

Al conjunto de datos procedente de indicadores con variables cuantitativas se aplicó los parámetros estadísticos en el software Excel versión 2017, obteniendo en las medias aritméticas, desviación estándar, mientras que a las variables cualitativas se organizaron en grafico radial, para analizar el comportamiento de la observación en función de la frecuencia del factor en estudio, con estos resultados se calculó el Nivel de Desempeño [ND] que para explicar el comportamiento de las variables de campo con respecto a escalas de valor óptimo o de referencia por cada indicador evaluado, con la finalidad de aproximar la situación del nivel de sustentabilidad y representarlo por dimensión y atributos según la metodología MESMIS.

Después de la recolección de información para cada finca, se elaboró una base de datos y se procedió al análisis en hoja electrónica de Excel, se aplicó un análisis estadístico sencillo para obtener promedios y desviación estándar. La integración de los resultados se presentó a través de gráficas en forma radial o cuadros, se dio a conocer los resultados por dimensión o por atributo y finalmente se obtuvo un índice general que se conoce como Nivel de Desempeño que va de 0 a 100 %.

Se determinó diferentes unidades de medición para poder ser comparables, fue necesario la estandarización de todos los indicadores. Esta estandarización requiere de acuerdo con la metodología de Marco de Evaluación de Sistema de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad [MESMIS], 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 realizó mediante la aplicación de la siguiente ecuación (Masera, 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 indica una condición crítica de la sustentabilidad o no es sustentabilidad y el mayor valor significará una condición óptima o de sustentabilidad.

Se utilizó la siguiente escala de medición de 0-100 (Masera, et al. 2000), lo cual se interpretó de la siguiente manera:

Escala general	Escala transformación (%) nivel de desempeño	Interpretación de escala
1	0-20	Agroecosistema no sustentable
2	21-40	Agroecosistema con bajo nivel de sustentabilidad
3	41-60	Agroecosistema medianamente sustentable
4	61-80	Agroecosistema con buena sustentabilidad
5	81-100	Agroecosistema con sustentabilidad optima

La escala de evaluación es un instrumento construido con base en una serie de indicadores que señalan el grado de desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y valores a partir de una progresión determinada. En la escala de evaluación espacial se tomó en cuenta la selección de las siete fincas, donde la unidad de análisis será la parcela en producción de cacao, se utilizó la metodología MESMIS para la comparación de sustentabilidad entre las siete unidades productivas.

Las mediciones para la caracterización en campo fueron obtenidas de muestras aleatorias de los árboles de cacao y forestales como: Autosombra del cacao, porcentaje de sombra al cacao, apariencia de los árboles de cacao, densidad de los árboles de cacao, incidencia de plagas y enfermedades, diversidad de especie, población de árboles de sombra, tipo de dosel de sombra, el fruto, cobertura del suelo, muestreo de suelo para determinar la propiedades físicas, químicas y biológicas, para un total de 32 indicadores evaluados fue por muestras aleatorias

Cuadro 4. Escalas para calificación de indicadores y su estandarización

Indicador	0-20%	21-40%	41-60%	61-80	81-100%
Edad de la plantación			< 2 o > 36 años	2 a 7 o 26 a 36 años	De 8 a 25 años
Mano de obra familiar	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
Diversidad vegetal presente	Sin inventario vegetal	3 sp perennes + 2 transitorias	5 perennes + 3 transitorias	7 sp perennes + 4 transitorias	+ 9 sp perennes + 5 sp transitorias
Tipos de control de malezas	No aplica control	Solo herbicidas	Control Mecánico + herbicida	Control mecánico (moto guadaña + caseo)	Control mecánico (machete)
Estado del cacao entregado o vendido	-	En baba	En baba y seco sin fermentar	Sin fermentar y seco	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 100 g 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 149	>150
Acidez del suelo (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
Orientación de las hileras	Paralela a la pendiente	Hileras sin dirección	Perpendicular + paralela a la pendiente	Perpendicular a la pendiente	Curvas a nivel
Auto sombra (%)	<10 ó >90	10 a 19 ó 81 a 90	20 a 29 ó 71 a 80	30 a 39 ó 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 %
Riesgo de abandono de la plantación	> 54 años + señora	> 54 años - hijos	< 54 años - hijos	> 54 años + hijos	< 54 años + hijos
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
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	751 a 2250	251 a 750	101 a 250	<100
Quien dice el precio de venta	-	Comprador	Productor más 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

Cuadro 4. Continuación...

Indicador	0-20%	21-40%	41-60%	61-80	81-100%
Capacidad de fermentar y secar	Ninguna infraestructura	Bidón, bolsa plástica + tendal, plástico	Cajas o gavetas rohan Tendal, plástico	Cajas rohan + patio de concreto	Cajas escaleras o rohan + Secador Elva o cajas rohan
Distancia entre hileras (m)	3	3	3.5	4	4.5
Distancia entre planta (m)	2	3	3.5	4	4.5
Densidad poblacional de cacao por ha	1,666	1,100	816	625	493
M.O (%)	< 1	1.1 - 2	2.1 – 3	3.1-4	>4
Nt (%)	< 0.037	0.038-0.074	0.074 – 0.11	0.12-0.15	>0.15
P (ppm)	< 5	5.1 – 10	10.1 – 15	15.1-20	>20
K (meq en 100 g de suelo)	< 0.12	0.13-0.18	0.19-0.24	0.25 - 0.3	>0.3
Ca (meq en 100 g de suelo)	< 1.37	1.378 – 2.74	2.75 – 4. 11	4.12 – 5.5	>5.5
Mg (meq en 100 g de suelo)	< 10	20-10	30-20	40-30	>40
Shannon Wiener (H')	-	-	0-1.35	1.36-3.5	>3.5
Especialización de la explotación	81 a 100	61 a 80	41 a 60	21 a 40	0 a 20
Tipo de dosel	Cacao sin sombra	Cacao con 1 a 2 especie de sombra	Cacao asociado con otros cultivos de 3 a 4 especie de sombra	Cacao con sombra variada de 5 a 6 especie de sombra	Agro bosques ≥ 7 especie de sombra

4.3.6. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones

Una vez obtenidos los resultados de evaluación se procedió a definir los puntos críticos que 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.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización biofísica, tecnológica de las fincas de cacao

5.1.1. Condiciones edafoclimáticas

De acuerdo a la base de datos proporcionado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER] (2022) de la estación meteorológica de Las Azucenas, ubicado en las coordenadas 11°09'00" latitud norte y 84°38'10" longitud oeste a 30 metro sobre el nivel del mar (msnm) en el municipio de San Carlos, Río San Juan; se registraron temperaturas mínimas de 18.2 °C y 28.2 °C y máximos de 33 °C a 38 °C, en los meses de diciembre a enero se presentaron temperaturas más frescas y las cálidas ocurren en marzo a mayo (Figura 1).

Cuadro 5. Datos climáticos generales del municipio de San Carlos, tomado del departamento de Río San Juan. Tomado de Gobierno de Costa Rica y Gobierno de Nicaragua (1997).

Temperatura	25°-33° C
Precipitación anual	1.750–2,500 mm

La humedad relativa en la Cuenca de Río San Juan se incrementa en dirección sureste, llegándose a valores mensuales superior al 90 %, el periodo de mayor humedad es de julio a octubre y hacia el noreste del Lago Cocibolca los valores de humedad media anual alcanzan un 74 % y los mínimos registros son cercanos al 61 %. Los meses de máxima humedad son entre septiembre y octubre con registros de alrededor del 82 % Gobierno de Costa Rica y Gobierno de Nicaragua (1997).

Las características edafológicas de los suelos del municipio de San Carlos son textura arcillosa, son los más profundos terrenos ondulados, con muy buenas condiciones topográficas, con pendientes máximas de 25 %, ya que el cultivo de cacao se adapta bien a suelo franco arcilloso.

El estudio se realizó en las comarcas de Las Azucenas, ubicada a 13 km de la ciudad de San Carlos, con un área de muestreo de 11.23 ha (15.95 mz) de cacao que corresponden a siete familias y en la comarca Melchorita, que está ubicada a 9.5 km de la ciudad de San Carlos con una superficie de 3.52 ha (5 mz) para dos familias productoras, para un área total de 11.97 ha (17.7 mz) (Figura 3).

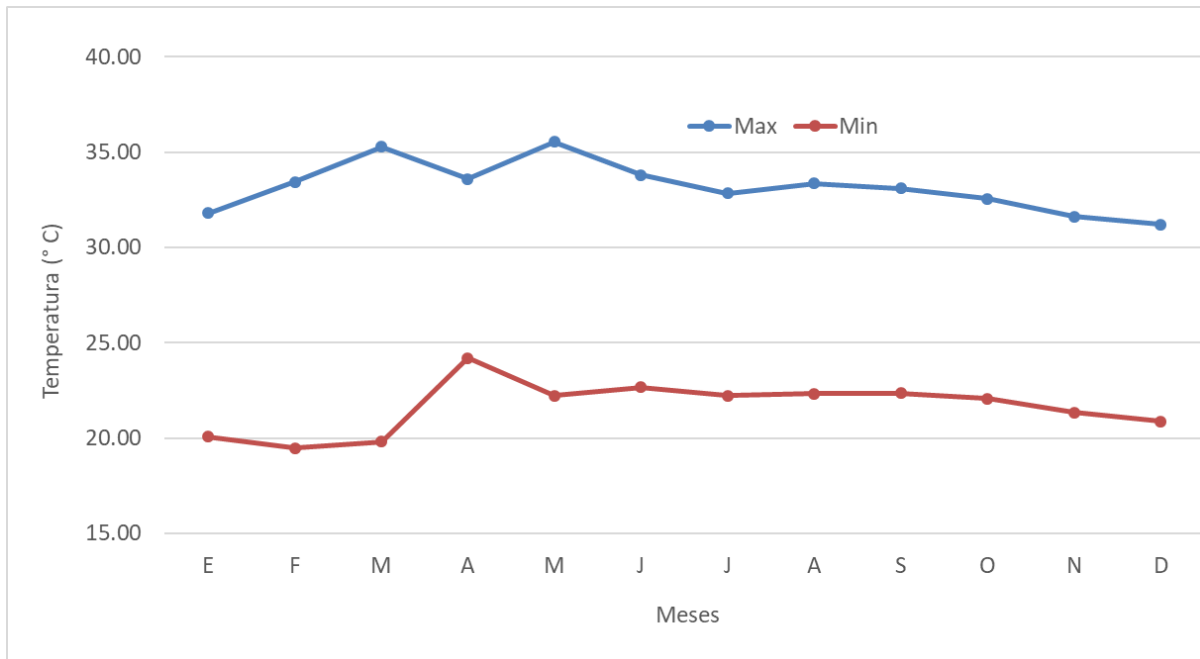


Figura 3. Promedios de temperatura máximas y mínimas del periodo 2015 a 2021 de estación meteorológica Las Azucenas, municipio de San Carlos.

Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2010, p.8) “la cantidad de lluvia adecuada para el cultivo de cacao esta entre los 1,500 y 3,500 mm/año, con una distribución no menos 150 mm/mes. Se considera como un límite seco para el cacao la isoyeta de 1,220 mm/año con periodo seco no mayor de tres meses”, para la localidad el patrón de lluvias acumulado en los últimos siete años fue de 2,235.4 mm, lo que es un valor óptimo para los requerimientos del cultivo de cacao (Figura 4).

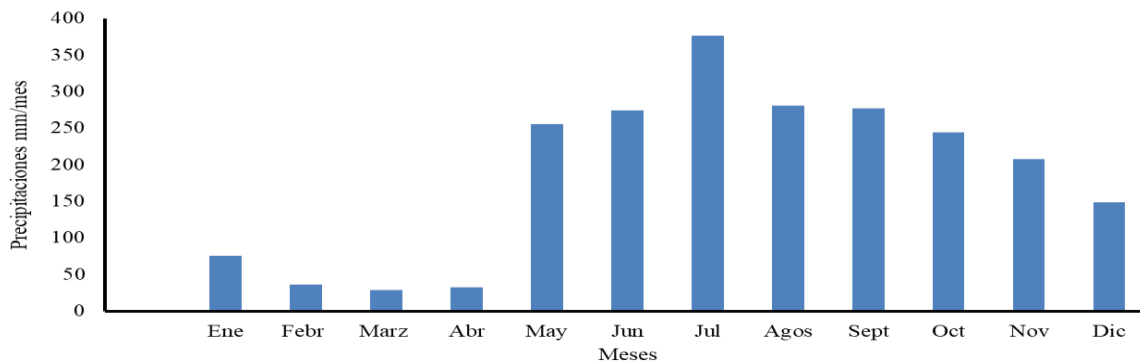


Figura 4. Promedio de precipitaciones totales por mes en el periodo de 2015 a 2021 del municipio de San Carlos (INETER, 2022).

5.1.2. Caracterización de los Sistemas Agroforestal con cacao Tradicional

En el municipio de San Carlos las fincas se caracterizan por ser agropecuarias, la superficie destinada a la producción de cacao oscila entre 0.35 hasta 2.81 ha⁻¹, establecidos en marcos de plantación más frecuente de 3 m x 3 m, 3.5 m x 3.5 m, 3.5 m x 4 m, 4 m x 4 m entre planta y surco, para una población de 818 a 625 árboles de cacao por hectárea.

Las parcelas de cacao están bajo sistema agroforestal que está constituido por una diversidad de especies arbóreas nativas como: guaba (*Inga edulis*), cedro real (*Cedrela odorata*), guácimo ternero (*Guazuma ulmifolia*), corroncha de lagarto, (*Sciadodendron excelsum*), roble (*Quercus segoviensis*) manglar, (*Rhizophora mangle*), almendra, (*Terminalia cattapa*), frijolillo, (*Caesalpinia velutina*) guanacaste, (*Enterolobium schomburgkii*) jobo, (*Spondia mombin*) laurel (*Cordia alliodora*), coyolillo (*Acrocomia aculeata*), también se encuentran establecidos árboles frutales característicos de los cacaotales en la que el productor aprovecha para obtener productos alimenticios para su familia y el excedente es vendido. Entre los frutales se identifican el mamón chino, (*Nephelium lappaceum*) y musáceas (*Musa spp*)

La plantación de cacao presenta diferentes estratos de sombra que provienen de forestales tipo maderable, frutales y leguminosas, las prácticas agronómicas de poda la realizan dos veces al año con tijera de podar o machete, en el mes de mayo, julio septiembre y diciembre hacen la labor de deschuponado (deshije), y el manejo de maleza, los productores en sus parcelas no aplican fertilizantes comerciales, dejan los restos de poda y hojarasca dentro del sistema. Las mazorcas que son afectadas con moniliasis y mazorca negra se cortan, y se desechan en una fosa para disminuir el porcentaje de la afectación o incidencia.

La actividad de la cosecha lo realizan 24 veces al año donde utilizan herramientas como: tijera, machete, desjaretadora y son trasladado en saco para el quiebre del fruto, fermentación de la semilla en baba, se depositan en cajones de madera por tres días y luego se traslada para su secado en tendales plástico, por un periodo de 8 a 15 días que depende de las condiciones ambientales, para su venta de cacao rojo es realizado en el mercado de San Carlos o Masaya.

De acuerdo con Guzmán y Levy, (2009), el manejo en las plantaciones es bastante deficiente debido a la falta de conocimientos en prácticas de manejo y a falta de herramientas básicas, a raíz de esto, las copas de los árboles se cierran, los cacaotales tienen poca sombra o mal

distribuida, se obstruye el crecimiento del cultivo, el control de las enfermedades y el manejo de la cosecha (párrafo 9).

Los sistemas agroforestales de cacao, tiene un manejo agronómico similar en las fincas en estudio, entre las labores agrícola son las de mayor inversión, donde puede mencionar poda de cacao, deschuponado, no realizan podas de árboles de sombra, la fertilización realiza el productor **Marcos Heberto Cortez Peña** que está localizado en la comarca de Melchorita cosecha, control de plagas y enfermedades.

Acorde con el estudio de Enriquecimiento agroforestal de fincas cacaoteras con maderables valiosos en Alto Beni, Bolivia, encontró que “las plantaciones de cacao tradicionales son monocultivos (un cultivo principal) que se encuentran en asociación de especies frutales y maderables en su mayoría de regeneración natural, sin una distribución uniforme de plantación instaladas con prácticas de roza, tumba y quema” (p 66).

5.1.3. Flujograma de los sistemas cacao de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas. Los componentes encontrados en las fincas seleccionadas con producción de cacao agroforestal están el agrícola, pecuario, forestal y agroforestal con cacao, dándose una relación mutua en la biodiversidad de las fincas. El componente familiar cumple un roll muy importante ya que realiza la función de gestor de las actividades en los diferentes subsistemas presentes. En el sistema pecuario se da la interacción con las especies mayores y menores como bovino, caprino, ovino y equino. Esto debido a que algunos de los subproductos elaborados de la leche son utilizados para la alimentación y una fuente de ingresos, para la familia. En las fincas existen áreas de pastos donde interactúa el ganado al momento de pastoreo, estos se alimentan de la biomasa de los forrajes y de frutos de árboles forestales a que funciona como sistema Silvopastoril, se deposita abono orgánico por la descomposición del estiércol de ganado.

Las entradas al sistema provienen de la compra de insumos (semilla, sales minerales y desparasitantes), herramientas y mano de obras. En las salidas se obtienen la venta de ganado en pie, cacao y leche las que se convierte en capital que representan la generación de ingresos económicos.

En el sub sistema de producción de cacao está presente el componente forestal, por lo que se genera una estrecha relación ya que de éstos provienen los restos de poda que se descomponen sirviendo de abono para ambos, además los árboles forestales generan sombra al cacao que ayudan a mantener un microclima adecuado para la producción del sistema cacaoteros.

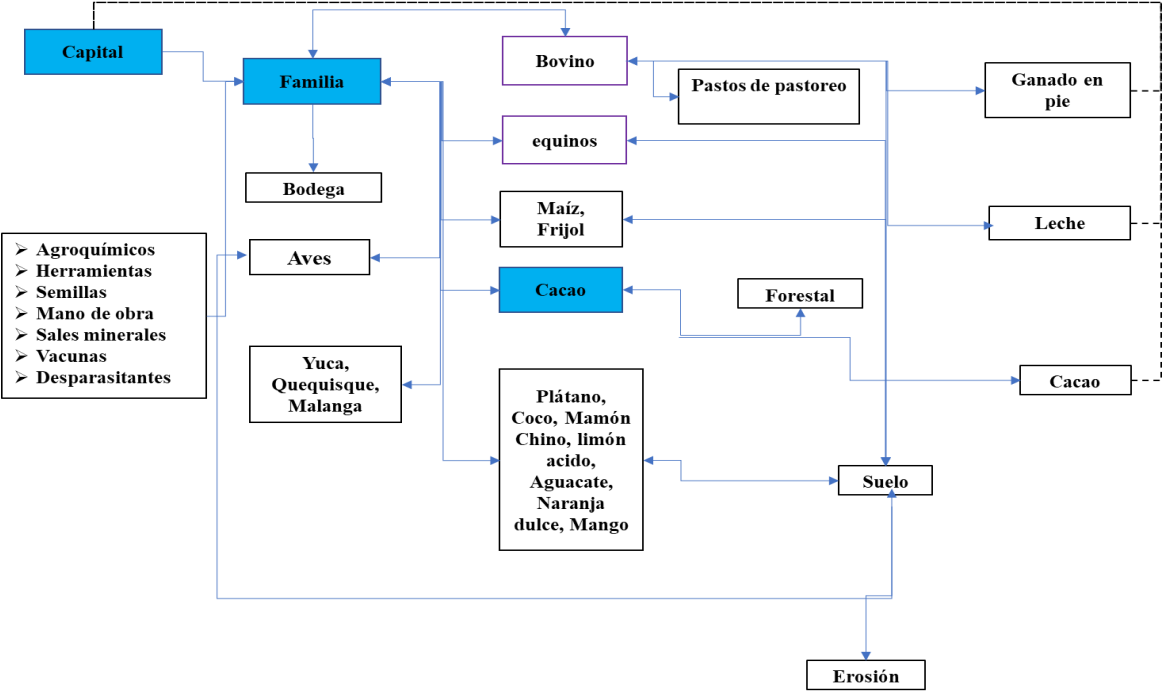


Figura 5. Flujograma de las fincas cacaoteras de las comarcas Melchorita y Las Azucenas (Fuente propia)

5.1.4. Análisis de fortalezas y debilidades

Cuadro 6. Análisis de fortalezas y debilidades en las fincas de Las Azucenas y Melchorita

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.

5.1.5. Análisis de criterios de diagnóstico y puntos críticos e indicadores

Cuadro 7. Análisis de criterios de diagnóstico y puntos críticos e indicadores

Atributos	Puntos críticos	Criterios Diagnostico	Indicadores	Fuente de datos	Valor optimo
Productividad	Buen rendimiento del cacao	Eficiencia productiva	1. Rendimiento de grano (seco) kg ha ⁻¹ Precio del cacao seco	Entrevista	450 kg ha ⁻¹ C\$ 3700.00
			2. Característica del fruto (Peso (g), peso en baba (g), Número de semillas) Relación largo/diámetro de mazorca	Medición directa	Longitud: 17.7 cm Longitud: 9.1 cm Relación L/D: 1.94, Peso fruto: 683 g
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	Estado regular de la plantación por manejo	Vulnerabilidad del sistema	3. Edad de la plantación (años)	Entrevista	25 a 8 años máximo
			4. Riesgo de abandono de la plantación (años)	Entrevista	15 a 54 años
			5. Marco de plantación de cacao (Distancia entre planta y entre hilera, densidad poblacional, orientación de las hileras (ha ⁻¹), Pendiente del área (%))	Medición directa	100 % curva a nivel menor a 15 % dependiente máximo
			6. Frecuencia de deschuponado	Entrevista	6 veces al año
			7. Estructura productiva del árbol (altura de la horqueta y numero de rama)	Medición directa	1.3 a 1.5 m altura de orqueta 3 a 5 ramas
			8. Apariencia de los árboles de cacao (vigor, sanidad y manejo de poda)	Medición directa	100% arboles vigoroso
			9. Incidencia de plagas y enfermedades de la mazorca de cacao	Medición directa	10 % o menos
			10. Capacidad de restauración del sistema cacao (%)	Entrevista	100%

Cuadro 7. Continuación...

Atributos	Puntos críticos	Criterios Diagnostico	Indicadores	Fuente de datos	Valor optimo
		Diversidad arbórea	11. Porcentaje de sombra al cacao	Medición directa	30 al 50 %
			12. Autosombra del cacao (%)	Medición directa	40 a 60 %
			13. Población de árboles de sombra	Medición directa	36 a 41 árboles ha ⁻¹ maderable
			14. Diversidad de especies	Entrevista	
			15. Tipos de dosel de sombra	Medición directa	
	Buenas condiciones de suelo	Calidad de suelo	16. Propiedades físicas: Textura, Profundidad efectiva de suelo (cm)	Análisis de suelo	
			17. Propiedades químicas: pH, CE (dS/m), M.O, K, N, Ca, Mg, CIC	Medición directa	
			18. Propiedades biológicas (N° de Lombrices, Diversidad de artrópodos)	Medición directa	
	Permanente cobertura de suelo	Protección de suelo	19. Cobertura de suelo (%)	Medición directa	100 % cobertura
			20. Tipos de control de malezas	Entrevista	100 % manual
			21. Prácticas de reciclaje de biomasa	Entrevista	4
Adaptabilidad	Se carece de infraestructura para beneficiado	Capacidad de cambio e innovación	22. Estado del cacao entregado o vendido	Entrevista	Cacao seco fermentado 100 % Cacao seco sin fermentar 50 % Cacao en baba 70 %

Cuadro 7. Continuación...

Atributos	Puntos críticos	Criterios Diagnostico	Indicadores	Fuente de datos	Valor optimo
Adaptabilidad			23. Capacidad para fermentar y secar cacao	Entrevista	Una estructura de fermentación + una estructura
	Limitados conocimientos técnicos y altos Deseos de aprender	Formación y actualización de conocimientos	24. Participación en actividades de capacitación	Entrevista	6
			25. Asistencia técnica recibida	Entrevista	6
Equidad	Participación de mano de obra familiar en labores del cultivo	Integración de la familia en la parcela de cacao	26. Integración de la familia en la parcela	Entrevista	100 %
		Autoconsumo	27. Autoabastecimiento de alimentos	Entrevista	100 %
Autogestión	Expresan estar satisfecho por el cacao, a pesar poco apoyo recibido por la cooperativa	Transformación de cacao	28. Cantidad porcentual de cacao que transforma y vende	Entrevista	10 % del total
		Control de precios de mercado	29. Presencia y acceso al mercado	Entrevista	100 % el productor lo fija
		Capacidad de gestión	30. Diversificación de mercados	Entrevista	4
		Beneficios recibidos	31. Tipos de apoyos recibidos por la cooperativa	Entrevista	6 apoyo recibido
		Satisfacción personal	32. Aceptabilidad del sistema de producción de cacao	Entrevista	Muy satisfecho

5.2. Análisis de los indicadores de sustentabilidad en fincas cacaoteras

5.2.1. Atributo de productividad

De acuerdo con el análisis de los indicadores del atributo de productividad, la finca 6 obtuvo un valor de 47.85 % de desempeño que se considera medianamente sustentable, mientras que las fincas 1, 3, 4 y 7 alcanzaron valores entre 97.18 a 100 % de desempeño que significa una sustentabilidad óptima. El resto de las fincas dieron una buena sostenibilidad (Figura 6).

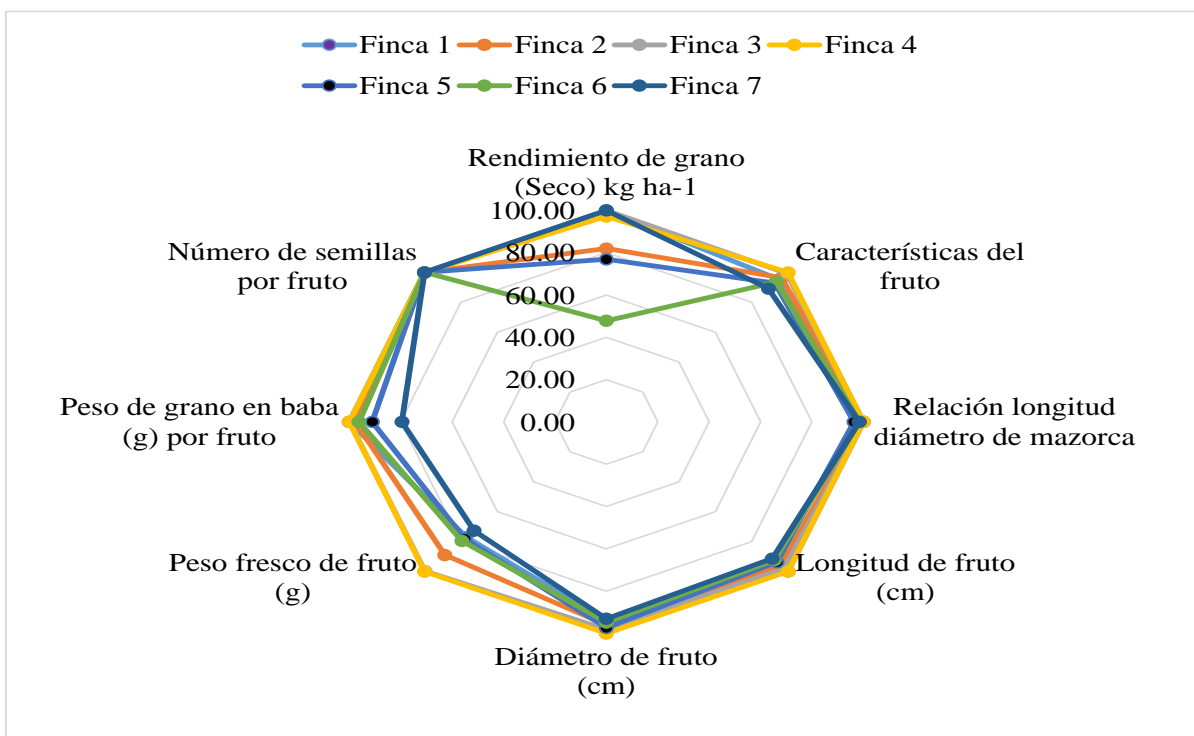


Figura 6. Resultado de nivel de desempeño por indicador para las fincas de San Carlos 2022

fincas 1, 3, 4 y 7 obtienen rendimientos 902, 572.7, 406.97 y 824.68 kg ha⁻¹ respectivamente (Anexo 3), obtuvieron una sustentabilidad óptima en este indicador, el cual es igual o superior al promedio nacional de 450 kg ha⁻¹, reportado por Freguin - Gresh *et al.*, (2022), Sin embargo, Orozco y López (2016), señalan que los productores de cacao que atienden en mayor medida con prácticas agronómicas como aplicación de fertilizantes y el control de las enfermedades obtienen un mejor rendimiento de 500 kg ha⁻¹. De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (2010, p.10), en el mapa de uso de suelo, indica que la zona de San Carlos es óptima para el desarrollo del cultivo de cacao, ya que los suelos son arcillosos o Franco arcillosos.

Se estudiaron características de rendimiento del fruto de cacao de las plantaciones de siete fincas y el resultado muestra valores entre 89.19 a 100 % de desempeño que indica una sustentabilidad óptima. Estos valores se deben a una longitud de fruto de 16.17 a 20.3 cm respectivamente (Anexo 3), en este sub indicador, el cual es igual o inferior a los 15 a 30 cm de promedio óptimo reportado por Dosert *et al.*, (2012).

Este mismo autor, reporta para el caso del sub indicador diámetro del fruto un rango de 7 a 10 cm en comparación con las siete fincas de cacao evaluadas, dieron valores de 9.5 a 8.47 cm, aproximándose al valor máximo.

En las mediciones de peso fresco en las fincas 4, 2 y 7 dieron valores de 772.79 a 496.77 g (Anexo 3), dichos valores son menores o superiores a 683 g que reporta Dosert *et al.*, (2012).

Los datos medidos en campos del peso del grano en baba por fruto fueron de 128.05 a 215.58 g, este rango muestra la existencia de frutos que contienen pesos altos que al ser transformados en secos el rendimiento en semilla seca es alta. Estos frutos con alto peso de grano en baba favorecen a los productores en alcanzar mejores rendimientos, los que pueden ser considerados para estudios de mejora o reproducción asexual.

La finca 4, obtuvo el valor más alto de 52.29 semilla por fruto superando el valor promedio nacional de 39 semillas por mazorca, mientras que las fincas 1, 2, 3, 5, 6 y 7 obtienen valores que tiene el potencial productivo de mejora a través de fertilización orgánica y química oscilan entre 40.67 a 45.60 semillas, lo que indica que los cacaotales de San Carlos tienen el potencial productivo de mejora a través de fertilización orgánica o química y superan el promedio nacional. En comparación a lo reportado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (2010, p.6) en la guía tecnológica del cultivo de cacao, el número de semillas por fruto promedio varía de 20 a 40, en casos excepcionales, alcanzan 50 semillas dependiendo del tamaño de mazorca, (Anexo 3).

5.2.2. Atributo de Confiabilidad, Estabilidad y Resiliencia

De acuerdo con el análisis de los indicadores del atributo de confiabilidad, estabilidad y resiliencia en la finca 1, 5 y 6, se obtuvo un 80 % de nivel de desempeño que significa una buena sustentabilidad, el resto de las fincas 2, 3, 4 y 7 obtuvieron un valor de 100 % de nivel de desempeño que significa una sustentabilidad óptima para el indicador edad de plantación.

En las fincas 1, 5 y 6, el cacao tiene edades de plantación de 5 a 10 años (Anexo 4) y las fincas 2, 3, 4 y 7 con edades de 10 a 22 años, el cual es igual o superior al promedio que reporta Orozco y López (2016 p. 35), con plantaciones de cacao de 2 a 4 años se inicia la producción de frutos con incrementos anuales y de 10 a 30 años alcanza niveles máximos y se mantiene en producción.

El **indicador de riesgo de abandono de la plantación**, expresa la posibilidad que el manejo del cultivo de cacao en las fincas con propietarios de edades mayores a 54 años que atienden sus plantaciones y por razones de salud no se continúe la atención agronómica, no cuenta con acompañante familiar (hijos), esta sea abandonada. El análisis de este indicador señala que los productores de la finca 1, 2 y 4 tienen un valor de 40 % de nivel de desempeño que significa una baja de sustentabilidad, lo que implica que los dueños tienen edades menores de 49 años y sin hijos involucrados en las labores agrícolas, mientras que las fincas 3, 5, 6 y 7 tienen un valor de 41 % de nivel de desempeño que indica medianamente sustentable, dichas fincas tienen mayor riesgo debido a que sus edades oscila los 78 años y sin hijos involucrados lo que implica dificultad para realizar el manejo agronómico para las parcelas de cacao, y por lo tanto, la atención es menor, los problemas agronómicas se van incrementando o tiene que contratar mano de obra.

El **marco de plantación del cultivo de cacao**, según Orozco y López (2016, p.12), los cacaotales de semilla del país están plantados a (4 m x 4 m), es decir 625 plantas por manzana. La densidad mínima recomendada para establecer cacaotales diversificados es de 800 plantas por manzana (3.5 m x 3.5 m). El análisis del marco de plantación en cacao, la finca 1, 2, 6, y 7 alcanza un desempeño de 56 % que se considera medianamente sustentable, mientras que las fincas 3, 4 y 5 alcanzó un valor de 66 % que significa una buena sustentabilidad.

En base a los datos obtenidos en el municipio de San Carlos, las fincas agropecuarias, la superficie destinada a la producción de cacao oscila entre 0.35 hasta 2.81 ha⁻¹, establecidos en marcos de plantación más frecuente de 3 m x 3 m, 3.5 m x 3.5 m, 3.5 m x 4 m, 4 m x 4 m entre planta y surco, para una población de 818 a 625 plantas por hectárea.

El indicador **frecuencia de deschupado**, el estudio realizado en campo de los productores de cacao practica esta labor de 1 a 12 veces al año, donde la finca 5 tiene un valor de 16.67 % de desempeño significando ser no sustentable, mientras que las finca 1, 2, 6, 7 tiene un valor de 100

% lo que representa una sustentabilidad óptima. Las fincas 3 y 4 están en valores de 33.33 a 66.67 %.

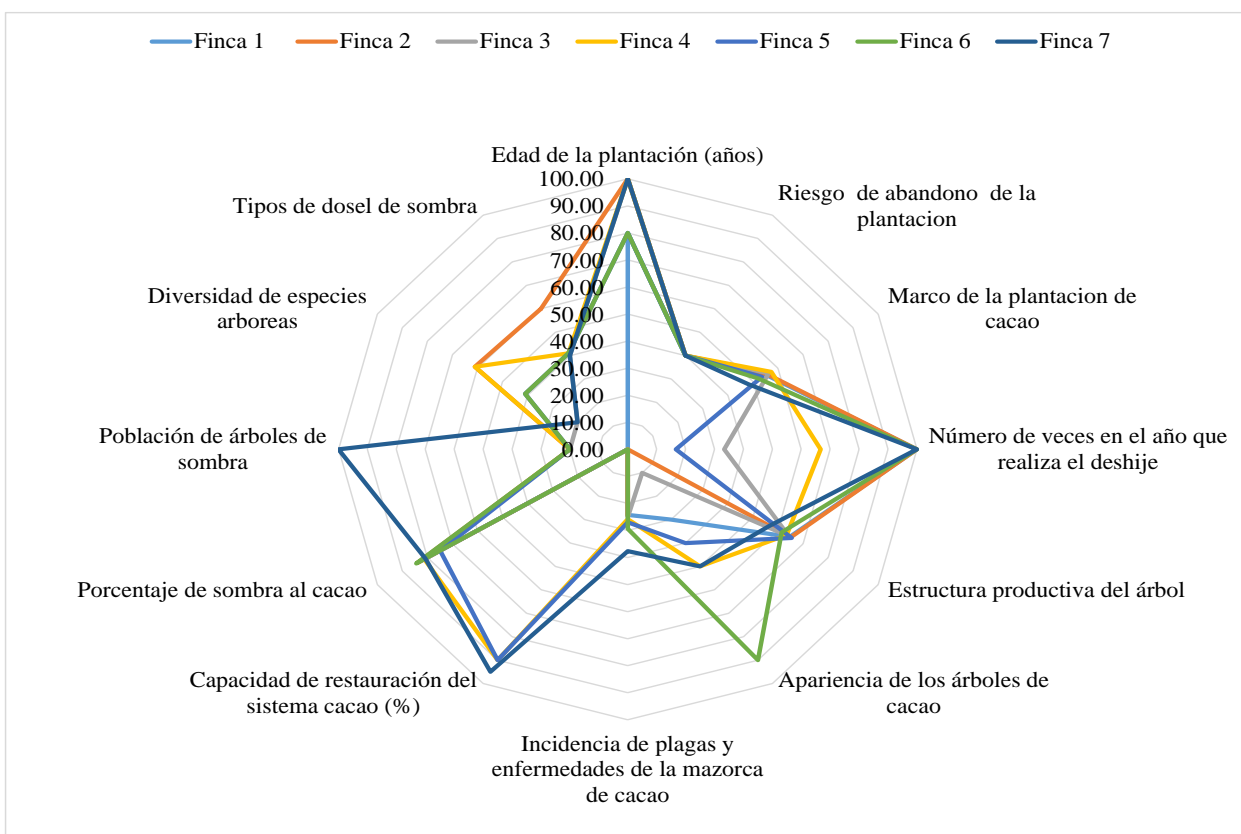


Figura 7. Resultado de nivel de desempeño por indicador de las fincas cacao en de San Carlos 2022.

El deschuponado se recomienda realizar a partir del primer año de la plantación y se continúa haciéndola hasta que empieza la producción de cacao. Se deben eliminar los primeros chupones y retoños tiernos, ya que ocasiona que la planta no sea productiva porque compite por los nutrientes del suelo según López, (2012, p. 4).

Las mediciones efectuadas en el indicador *altura de la orqueta y número de ramas*, dio una altura de orqueta de 1 a 1.5 m y con la emisión de 3 a 5 ramas laterales, sin embargo, el desarrollo varía dependiendo de las condiciones ambientales, según Mejía & Argüello, (2000) describe que las plantas de cacao que proceden de una semilla sexual desarrollan un tallo o tronco principal que no es continuo, pues al metro o metro y medio forma una mesa, horqueta o molinillo de donde emergen de tres a cinco ramas laterales. En comparación con los datos medidos en San Carlos la

finca 2 se encontró una altura de la orqueta de 1.33 a 1.38 cm con dos ramas, en cambio las fincas 1, 3, 4, 5, 6 y 7 midieron de 0.78 a 1.16 cm con dos y tres ramas.

Los árboles de cacao mostraron bajo el indicador ***apariencia de los árboles*** una condición vigorosa en la finca 6 alcanzando un desempeño del 90 % que significa una sustentabilidad óptima. La afectación es de un 10 % siendo la plantación de cacao con menores daños físicos (ramas quebradas o quemaduras por el sol).

En las fincas 4 y 7 mostraron ser medianamente sustentables obteniendo un desempeño del 50 %, esto se debe a que el 50 % de los árboles muestreados se observaron estar en una condición vigoroso y con algunos síntomas de enfermedades. La finca 5 reflejó un bajo nivel de sustentabilidad con un desempeño del 40 %, que representa tener una población del 60 % de los árboles débiles se encuentra con daños físicos y síntomas de enfermedades lo que provoca una baja producción.

El análisis de sustentabilidad en las fincas 1, 2 y 3 dieron un desempeño de 0 a 30 % que significa no sustentable, dicha respuesta se debe a que en las parcelas de cacao se encontraron una población de árboles arriba del 70 % con fuertes daños físicos y presencia de síntomas de enfermedades, lo que se evidencia un bajo manejo agronómico al sistema y por ello una plantación deteriorada.

En el indicador ***incidencia de plagas y enfermedades*** en las mazorcas de cacao, se encontraron afectaciones en las siete fincas evaluadas de San Carlos obteniendo un nivel de desempeño de manejo con un valor de 20 %, esto indica que todas las fincas no son sustentables debido que en las parcelas se encuentran con afectación que superan el 10 % de incidencia este valor es el máximo permitido crítico soportado para obtener una producción sostenible según Andrés *et al.*, (2018).

En las plantaciones de cacao en estudio, se estimó una afectación de monilia de 0.83 a 62.61 % en las fincas, enfermedades como mazorca negra se obtuvo un promedio de frutos afectados con 0.5 a 7.77 % en las fincas 1, 3, 5, 6 y 7, las afectaciones por pájaro carpintero dieron valores de 0.69 a 6.25 % en las fincas 1 y 4 obtuvo afectaciones por ardilla de 3.33 a 26.44 % con excepción de la finca 2 que no se observaron afectación. Sin embargo, las enfermedades con mayor presencia fue la mazorca negra en las plantaciones de cacao por mal manejo agronómico de: poda, deschuponado, control de maleza.

“Las enfermedades de los cultivos son un problema creciente en el mundo, se estima que por su efecto se pierde entre un 20 - 40 % de la productividad global, según Andrés *et al.*, (2018); este mismo autor indica que “las principales enfermedades y plagas que afectan el cultivo son: Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora palmivora* L)”, estos problemas se encuentran presentes en las fincas de San Carlos, también se ha reportado por los productores y las mediciones realizadas se observaron afectaciones en la mazorca por pájaro carpintero y ardillas.

El **indicador de capacidad de restauración del sistema cacao** dieron como resultado un nivel de desempeño del 90 a 95 % en las fincas 4, 5 y 7, que significa una sustentabilidad óptima, ya que son sistemas que han logrado restaurar luego de afectaciones a la parcela por los fenómenos naturales que se han presentado como el caso de Huracán Otto ocurrido en 2016. Los daños principales fueron afectaciones producidas en las copas de los árboles de sombra y de cacao; esta situación fue favorecida por las condiciones de suelo en la que el análisis físico indicó una clase textural arcillosa en toda la comarca de Las Azucenas donde se encuentran las fincas de cacao. Dicha textura por su condición pesada impide una profundización del sistema raíz de los árboles que les dé un mejor anclaje. La comunidad de La Florcita perteneciente a la comarca de Melchorita donde no se presentaron afectaciones por eventos climáticos.

El indicador de **porcentaje de sombra al cacao** es importante para la producción de frutos por lo que requiere una determinada cantidad de luz y sombra para su desarrollo, en la finca 1 y 5 tiene valores de 33 a 46 % de nivel de desempeño lo que significa una baja sustentabilidad, la finca 3 tiene un valor de 80 % lo que significa una buena sustentabilidad, mientras las fincas 2, 4, 6 y 7 tiene valores de 86 a 100 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima por lo que cuenta con un buen porcentaje de sombra en el cultivo de cacao.

La sombra adecuada para el cacao es de 50 a 70 % durante el estado de plantío (sombra temporal) mientras que para las plantaciones adultas (siembra permanente) donde la auto sombra entre los árboles de cacao es considerable, la sombra se puede reducir a un 25 a 35 % para un óptimo crecimiento de las plantas.

El indicador de **auto sombra del cacao** valora el nivel de la sombra que está produciendo las copas y hojas producidas por los árboles, que implica un tipo de manejo agronómico relativo a podas ya sea de los chupones y de las ramificaciones.

Los resultados de la evaluación indican que las fincas 3 y 4 obtienen una sustentabilidad buena alcanzando un valor de 61.67 a 80 % de desempeño, mientras que las fincas 1, 2, 5, 6 y 7 tienen un desempeño de 45 a 56.67 % que significa medianamente sustentable de acuerdo a la escala de valoración.

El crecimiento vegetativo de los árboles de cacao es vigoroso, exuberante que hace formar una condición de sombreamiento fuerte si este no se maneja con podas que regulan la densidad de copa se crea un microclima que favorece el desarrollo de patógenos como la mazorca negra y monilia. Para reducir este problema, la poda de mantenimiento dirigido a eliminar los chupones que son ramas que aparecen sobre el tronco y las ramas principales, las ramas demasiado vigorosas que crecen muy fuera de la copa, las ramas débiles.

El indicador *población de árboles de sombra del cacao* en las fincas 1, 2, 3 ,4 ,5 y 6 tienen un desempeño de 0 a 20 % que significa que no son sustentable, debido a la poca diversidad de especies de árboles de sombra establecida al cacao, en cuanto a la finca 7 tiene un valor de 100 % de desempeño, significando una sustentabilidad óptima debido a una abundancia de árboles forestales en la finca Los Laureles que pertenece al propietario Alejandro Duarte de la comarca Las Azucenas.

Los árboles maderables se usan a distancias mínimas de 10 m x 10 metros para una población de 105 árboles ha⁻¹ a tres bolillos y 91 árboles por hectárea en cuadro. Para un buen desarrollo y producción del cacao es deseable que los árboles acompañantes provean un nivel promedio de sombra por debajo del 50 %. Se recomienda que se empleen especies leguminosas a distancias de 7 m x 7 m que mejoren el suelo, de rápido crecimiento y rebrote después de las podas, de fácil propagación, con raíces poco desarrollados para evitar competencia. Las musáceas se establecen a 3 m x 3 metros un año antes de la siembra, esto permitirá que cuando el cacao se establezca a 3 m x 3 m, tenga sombra en ese momento, de acuerdo con lo reportado por Lutheran World Relief (2023).

El mismo autor menciona que un diseño en la parcela agroforestal en Río San Juan, Nicaragua, empieza con un primer surco de maderables de diferentes especies como: Laurel negro, Guapinol, Cortez, Cedro real, Guayabo y Coral; sembrando cada cuatro surcos de cacao.

El indicador de *diversidad de especies arbóreas* registra la abundancia de especies establecidas en la parcela de cacao, obteniendo resultados para las fincas 2 y 4 tienen un valor de 61 % de desempeño, que significa una buena sustentabilidad; las fincas 5 y 6 fueron medianamente sustentable obteniendo un valor de 41 % de desempeño, mientras el resto de las fincas no cuentan con presencia de especies forestales ya que reflejaron un valor de 20 %.

Utilizando la aplicación de *biodiversity indices calculator* según Brown *et al* (2001), que determina el índice de Shannon-Wiener que mide el nivel de diversidad presente en las parcelas de cacao arrojó valores en los siete sistemas que oscilaron de 0 a 1.94, dicho rango se interpreta que las fincas tienen una diversidad baja a media, lo que indica un bajo nivel de desempeño, debido a que en la finca 1 se observó una plantación de monocultivo de cacao, en comparación con las fincas 3, 4, 5, 6 y 7 tienen especies maderables, frutales y palmas que se utilizan para uso del hogar.

Los resultados obtenidos con esta aplicación muestran que las fincas 4, 5, 6 obtuvieron índice mayor de 1.30 lo que significa una baja diversidad de especie forestal en los sistemas cacaoteros ya que están en el rango de 0 a 1.94 %.

Las especies encontradas en los sistemas cacaoteros de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas (Cuadro 8), predomina el cedro real, establecidos en el 57 % de los sistemas cacaoteros estudiados y que conforman el sistema agroforestal. La especie madero negro, está presente en el 42 % de las fincas, mientras que Roble, Frijolillo, Mamón chino y en un 28 % se encuentran en la plantación. Finalmente, se encontraron unas 9 especies que está presente en una finca. Están distribuidos en las 7 fincas de las familias productoras de cacao ya sea para alimentación y el otro uso maderable: Cedro real, Laurel, Guácimo, Guanacaste en especies de energético tenemos los siguiente: Madero negro, Almendra, Guaba y cercas vivas o Sistemas Agroforestales [SAF] donde están todas las especies forestales.

Cuadro 8. Especie frutales y maderables de sombra en las fincas productoras de cacao en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia	Uso				
			Madera	Energético	Cercas vivas	SAF	Alimentos
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>	4	X		X	X	
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	3	X	X	X	X	
Roble	<i>Quercus segoviensis</i>	2	X		X	X	
Frijolillo	<i>Caesalpinia velutina</i>	2	X			X	
Mamón chino	<i>Nephelium lappaceum</i>	2			X	X	X
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	2	X		X	X	
Plátano	<i>Musa spp</i>	2					X
Guácimo ternera	<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	X		X	X	
Corroncha de lagarto	<i>Sciadodendron excelsum</i>	1	X		X	X	
Palmera		1				X	
Mangler	<i>Rhizophora mangle</i>	1	X			X	
Almendra	<i>Terminalia cattapa</i>	1	X	X	X	X	X
Jobo	<i>Spondia mombin</i>	1	X	X	X	X	X
Coyolillo	<i>Acrocomia aculeata</i>	1					X
Guaba	<i>Inga edulis</i>	1	X	X	X	X	X
Guanacaste	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	1	X	X	X	X	
Total	Especies	26					

El indicador de ***dosel de sombra***, el cacao requiere de un dosel de sombra espacialmente homogéneo para asegurar que todas las plantas de cacao tengan las mismas condiciones agroecológicas para crecer y producir. De acuerdo con Somarriba (2003 p. 127) un dosel de cacao está formado por la rama y hojas de las plantas de cacao que se ubican entre 1.5 a 7 m y un dosel de sombra está formado por las hojas y ramas de los árboles forestales.

Los doseles de sombra pueden encontrarse simples o diversos que, por lo general al nivel de manejo tecnológico, para el caso de fincas con pequeñas áreas de cacao disponen de especies de sombra diversa (figura 8)

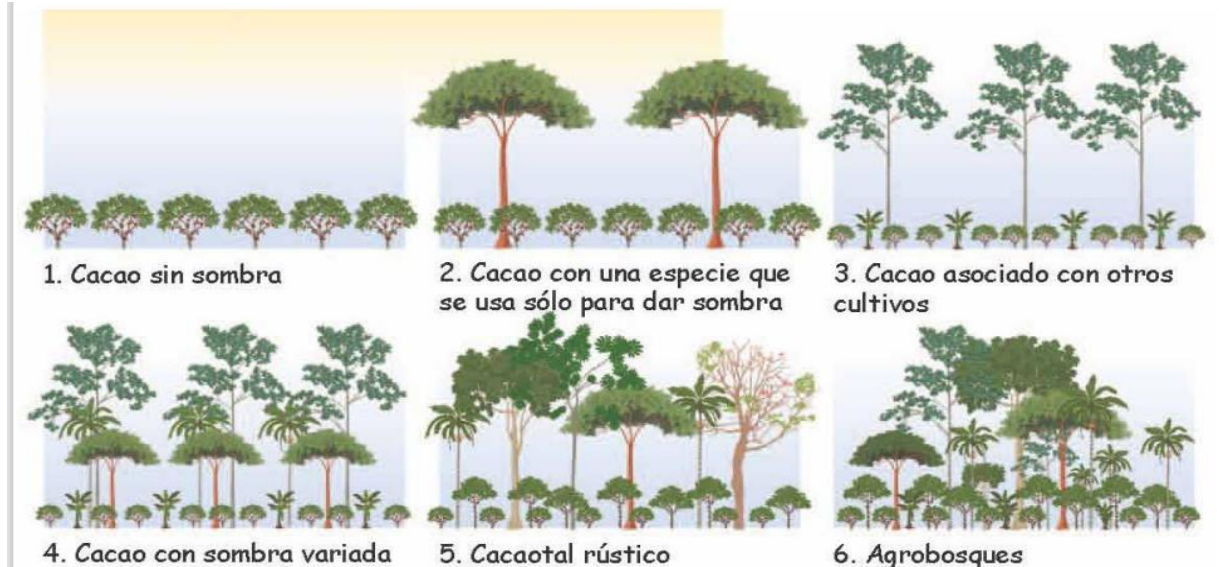


Figura 8. Tipo de doseles de cacao y café, tomado de Somarriba (2003)

La finca 1 tiene un valor de 0 % de desempeño lo que significa que no es sustentable debido a presentar una condición en monocultivo o sea no están presentes especies de árboles de sombra, la fincas 3 y 7 con un valor de 40 % lo que indica un bajo nivel de sustentabilidad ya que el dosel en este sistema está conformado por una especie de árboles de sombra, mientras las fincas 2, 4, 5 y 6 tienen un valor de 41 a 60 % de nivel de desempeño que significa medianamente sustentable dada la presencia de otros cultivos como plátano y frutales como sombra al cacao.

Las plantación con mayor número de estratos es importante desde el punto de vista ecológico ya que al formar el dosel de sombra recibe parte de la luz que llega al cacaotal y permite balancear la cantidad de energía, sin embargo, los árboles de sombra protegen la flor del cacao del golpe directo de las gotas de lluvias y vientos fuertes, también las hojas o ramas muertas de los árboles de dosel que caen al suelo, forman un colchón llamado mantillo que permiten que el suelo esté cubierto y protegido, el mantillo evita que el agua erosione el suelo y sirve de hábitat a los insectos polinizadores del cacao, permite que otros insectos descompongan el mantillo para que liberen nutrientes e incrementen la fertilidad del suelo y beneficien al cacao. Sin embargo, una plantación de cacao en monocultivo (un dosel de sombra) el sistema demandará mayor cantidad de nutrientes debido a que el proceso de fotosíntesis incrementa la producción de biomasa por lo que se hace

necesario un mayor uso de insumos para satisfacer al cultivo, al final del tiempo el cacao se agotará más rápido que en su condición natural bajo sombra regulada.

Propiedades físicas

La ***textura del suelo*** es un aspecto importante para el crecimiento del cultivo del cacao, porque le ayuda a mantener la humedad que necesita la planta además es donde las raíces adsorbe los nutrientes del suelo en las siete fincas de San Carlos, obtuvieron un valor de acuerdo al triangulo textural de Gisbert *et al.*, (2010), un desempeño del 20 % lo que significa una baja sustentabilidad, debido a que el análisis de suelo realizado para cada finca resultó una clase textural arcilla, tienen la característica de retener gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico, que en general presenta una proporción de partículas de arenas con un 18 %, limo 35 %, arcilla 47 %, dicha textura da un color pardo amarillento debido a óxidos de hierro hidratados y unidos a la arcilla y a la materia orgánica. que presentan mayores limitantes que del color amarillo (Figura 9).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (2010, p. 10), el cacao se desarrolla y produce bien en terrenos planos y con pendientes hasta del 15 %, aunque también es aceptable el cultivo en pendientes hasta de un 30 % dependiendo del tipo de suelos sin mantos rocosos cerca de la superficie. Para evitar el deterioro del suelo en estas condiciones de pendiente se deben de realizar obras de conservación de suelos y agua, tales como barreras vivas, barreras muertas, siembra a curvas a nivel, coberturas vegetales para prevenir derrumbe.

En base a las mediciones realizadas en campo el nivel de desempeño para el ***indicador pendiente del terreno***, en la finca 3 obtiene un valor de 81 % lo que significa tener una sustentabilidad optima debido a que el terreno donde se encuentra la plantación de cacao tiene un pendiente 3.08 %. Mientras que la finca 5 obtiene un valor de 21 % lo que indica que tiene un bajo nivel de sustentabilidad, el resto de las fincas se encuentran ubicados en pendientes fuertemente inclinada entre 13.93 a 17.45 % de pendiente. Esta condición dificulta las actividades agronómicas que se realizan en la plantación, así como en la cosecha.

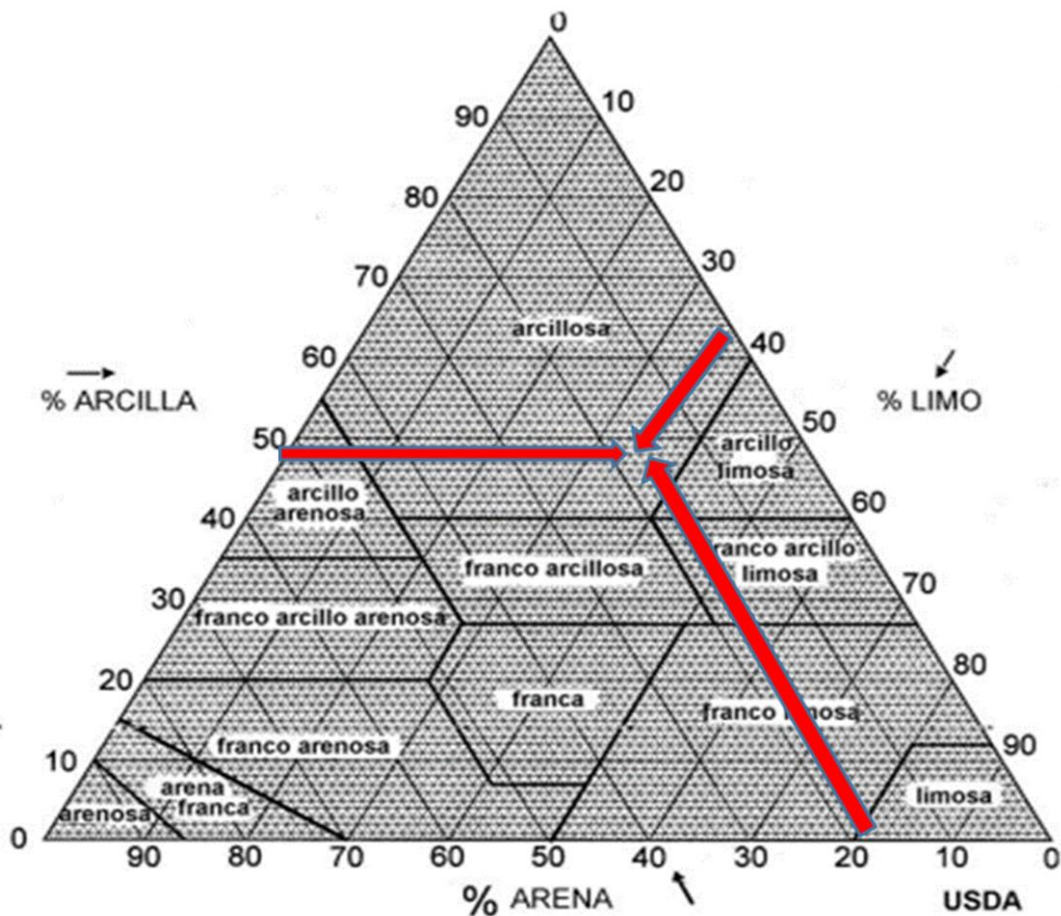


Figura 9. Triángulo de textura del suelo Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica [USDA]. (1999).

La *profundidad efectiva del suelo* se refiere al espesor del suelo de la superficie hasta donde se desarrolla el sistema radicular de los cultivos para los árboles de cacao se considera de 1.00 m., que asegura la fijación estable de la planta y al mismo tiempo un suministro adecuado de agua a las raíces según Figueroa, (2012). Las fincas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en el análisis realizado del desempeño obtienen valores de 43.33 a 48 % (Figura 10), lo que significa una baja sustentabilidad, mientras la finca 7 tiene un desempeño de 81 % indicando medianamente sustentable. Las profundidades en las fincas en estudio obtenidas en campo dieron de 43.33 cm a 81 cm. A pesar de esta condición que pudiera ser favorable al cultivo de cacao, en la realidad no lo es debido a la clase textural presente de arcilla, la que presenta limitaciones fuertes para el desarrollo de las raíces.

El nivel crítico de pH en el suelo es de 5.5, debido al incremento en la disponibilidad de Al^{+3} que se produce por debajo de este rango, el cual causa en pérdida de nutrientes por lixiviación y afecta la actividad microbiana de los suelos, de acuerdo con Molina (2013). El análisis químico de suelos en las siete fincas de San Carlos tuvo un desempeño de 87.23 a 100 % que significa una sustentabilidad óptima (Figura 10), ya que cuenta con un pH apto para el desarrollo del cultivo de cacao.

El resultado del análisis químico en la finca 4 y 7, dio un pH de 5.67 a 6.61 esto indica una buena sustentabilidad el cual es considerado medianamente ácido, en comparación con las fincas 1, 2, 3, 5 y 6 obtuvieron pH 6.08 a 6.4 lo que significa que son suelo ligeramente ácido y son aptos para el cultivo de cacao y otros cultivos que siembran los productores. Según Estrada *et al* (2011, p .4), explica que el cacao es un cultivo que se adapta a una variedad de suelo que van desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limosas con pH de 4 a 7; mientras Quintana *et al.*, (1992) el óptimo para la mayoría de los cultivos oscila entre 6 a 7.

La **conductividad eléctrica** ($\mu S/cm$) es la capacidad de la solución acuosa del suelo para transportar corriente eléctrica y es directamente proporcional al contenido de sales disueltas o ionizadas contenidas en la solución según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica [USDA] (1999). La alta concentración de sales es perjudicial para el crecimiento de las plantas, lo que se verá generalmente afectado en función de la tolerancia de cada especie a esas condiciones, algo que suele ser muy variable entre los cultivos más comunes. Las fincas cacaoteras de San Carlos se encontraron suelos para este indicador con valores de 81 a 100 % de nivel de desempeño (Figura 10) lo que indica que tienen una sustentabilidad óptima, esto debido a los resultados obtenidos donde las concentraciones de sales salinas fueron de 22.06 a 120.33 $\mu S/cm$, clasificándose en suelos ligeramente salinos y no salinos.

El indicador **materia orgánica** “en el cultivo de cacao regulariza los niveles de disponibilidad de nutrientes, mejora la infiltración, reduce la pérdida de agua por evaporación, mejora el drenaje, mayor desarrollo de raíces, incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC), aumenta la actividad biológica y mejora la estructura del suelo” según Burbano (2005). La evaluación realizada dio como resultado, que la finca 6 logra un nivel de desempeño del 80 % que significa una buena sustentabilidad esto se debe a contenido medio de 3.77 %, en el caso de las fincas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 tienen valor del 100 % lo que indica una sustentabilidad óptima, debido a que se

encontraron niveles altos en materia orgánica en el suelo, sus concentraciones se encontraron en un rango de 4.57 a 5.5 % de acuerdo a la escala establecida de materia orgánica con más del 5 %. Este comportamiento es debido al buen realizar los productores de cacao al incorporar los restos de mazorcas del cacao, restos de podas, raleo de árboles forestales y frutales.

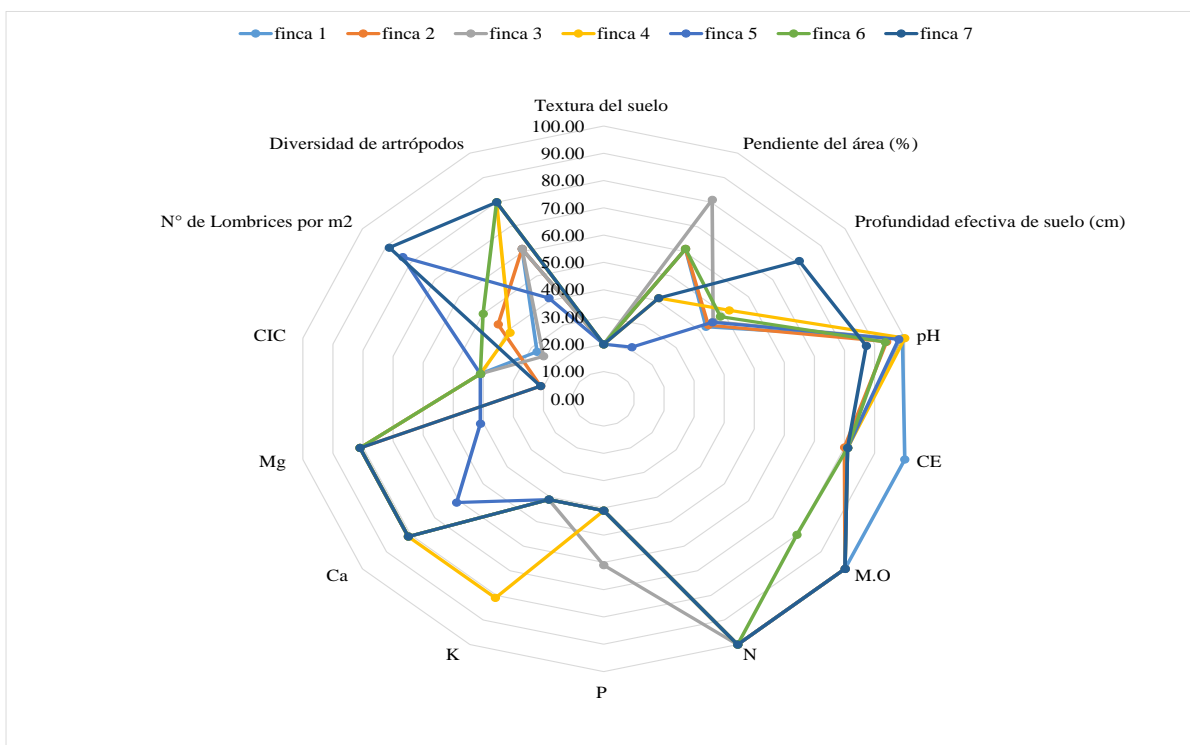


Figura 10. Resultado de los indicadores químico físico y biológico en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas

El **nitrógeno** es un elemento fundamental en los vegetales lo absorben principalmente por las raíces en forma de amonio (NH_4^+) y de Nitrato (NO_3^-), es un constituyente básico de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofila. Esto permite el desarrollo de la actividad fisiológica de la planta, causando el alargamiento de troncos y brotes y aumenta la producción de follaje y frutos según InfoAgro (2017). La valoración realizada a las fincas de San Carlos dio un valor de 100 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima para este indicador.

Las parcelas de cacao con mayor concentración de nitrógeno fueron las fincas 2, 3, 5 y 6 que tienen un rango de 0.44 a 0.48 %, mientras que las fincas 1, 4 y 7 está en un rango de 0.39 a 0.37 %, que de acuerdo con la escala definida todos los valores superan al valor óptimo de 0.15 % que representa un suelo con alta disponibilidad de este elemento para las plantas de cacao.

Según Siles P. (2019), indica que el fósforo (P) es un elemento que cumple dentro de la planta diferentes procesos fisiológicos, forma parte de la molécula transportadora de energía ATP, por lo tanto, participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía; para las plantas estimula el crecimiento de las raíces; favorece la formación de la semilla; participa en la fotosíntesis y respiración.

El *indicador de fósforo disponible*, los resultados obtenidos en las fincas 1, 2, 4, 5, 6 y 7, indica que la evaluación muestra un valor de 41 % de nivel de desempeño lo que significa que es medianamente sustentable, en cambio la finca 3 supera con un 61 %, lo que indica una buena sustentabilidad. Esta valoración se debe a que las concentraciones de fósforo disponible en las fincas fueron de 0.24 a 5.63 ppm. Dichos valores se encuentran por debajo del valor de la escala < 10 ppm que da una condición pobre de estos suelos, que corresponden al tipo arcillosos presente en las comarcas de Melchorita y Las Azucenas, determinando una limitante en la nutrición de fósforo para el cacao.

Por lo anterior, es recomendable enfocar los esfuerzos de fertilización para poder incrementar el contenido de este elemento en los suelos y mantener un buen balance con respecto a lo absorbido por las plantas y la reserva que queda en el suelo.

La Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes Asociación Internacional de Fertilizantes [IFA] (2002) reporta que uno de los elementos que más consume la planta de cacao es el potasio, es requerido para las funciones fisiológicas como; la respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y regulación del movimiento de agua, además alivia el estrés de la planta, aumenta el peso de la fruta y disminuye el efecto de enfermedades.

La evaluación efectuada a las fincas para el *indicador potasio disponible* muestra que las fincas 1, 2, 3, 5, 6, y 7 dieron un valor aproximado de 41 % de nivel de desempeño lo que indica que es medianamente sustentable, debido a concentraciones de 0.07 a 0.14 meq en 100 g de suelo clasificándose según Quintana *et al* (1992) en suelos pobres cuando estos estén en contenidos

menores de 0.2 meq en 100 g de suelo. El resultado del análisis de suelo para la finca 4 fue superior en la evaluación dando un valor de 81 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima. Dicha finca dio una concentración de 0.7 meq por 100 g de suelo que supera al valor de la escala y según Quintana *et al* (1992) los suelos que tienen contenidos mayores de 0.3 meq por 100 g de suelo se clasifican altos en potasio.

El **calcio** es un elemento esencial en la planta de cacao, debido a que estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma un compuesto en las paredes celulares, también neutraliza los ácidos orgánicos en la planta y en la formación y llenado del fruto. En las fincas 1, 2, 3, 4, 6, y 7 según la evaluación tienen un valor de 81 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima con valores de 6.23 a 11.7 meq en 100 g suelo, dicho valor de concentración se considera alto según Quintana *et al* (1992); mientras que la finca 5 alcanzó un valor de 61 % lo que significa una buena sustentabilidad debido a que el contenido de este elemento en el suelo fue de 4.49 meq en 100 g suelo, clasificándose un suelo con nivel medio de riqueza de acuerdo con Quintana *et al* (1992). Lo que ayuda a proteger contra las enfermedades y mejora la absorción de agua por las raíces para que puedan acceder mejor al agua y los nutrientes.

El nutriente **magnesio** forma parte de la molécula de clorofila según Hernández y Castellanos (2022), este mismo autor expresa que es de gran importancia, ya que funciona como parte del sistema enzimático de la planta, desarrolla un papel directo en la fotosíntesis, ayudando en la síntesis de clorofila, acelera la germinación, madurez y aumenta la disponibilidad de Fósforo y de Calcio. Los resultados de la evaluación a las fincas 1, 2, 3, 4, 6 y 7 dan un valor de 81 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima, este resultado se debe a valores de concentraciones altas de 1.17 a 3.04 meq en 100 g suelo; en cambio la finca 5 tiene un valor de 41 % de nivel de desempeño lo que indica medianamente sustentable, el valor encontrado en campo en la parcela de cacao fue de 0.86 considerando una concentración media según Quintana *et al* (1992)

La **capacidad de intercambio catiónico (CIC)** expresa la cantidad de cargas negativas presentes en la superficie de los componentes minerales del suelo (arcillas e hidróxidos) y orgánicos (materia orgánica) y representa la cantidad de cationes que la superficie total pueden retener (Ca^{++} , K^{+} , Na^{+} , etc.) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015).

La CIC muestra la habilidad de los suelos para retener cationes y, por lo tanto, la disponibilidad y cantidad potencial de nutrientes para la planta. En la valoración realizadas en las fincas 2 y 7 dieron un valor de 21 % de nivel de desempeño lo que significa medianamente sustentable y la finca 1, 3, 4, 5 y 6 tiene un valor de 41 % de nivel de desempeño lo que indica que tiene una sustentabilidad óptima.

Las fincas 1, 3, 4, 5, 6, tiene rango de 21.76 a 38.75 meq en 100 g suelo, donde se clasifica el contenido suelo medio, que le permite que los cationes estén más disponible para la planta ya que son suelos arcillosos en los diferentes sistemas cacaoteros de estas familias productoras, esto indica valores de una baja sustentabilidad, en comparación con la finca 2 y 7 tienen rangos de 16.67 a 19.43 meq en 100 g suelo, clasificándose en suelos bajos, lo que significa que los suelos regulan la disponibilidad de nutrientes y por tanto los suelos no tienen sustentabilidad suficiente para nutrir al cultivo.

El indicador *número de lombrices por m²*, es una especie importante en la descomposición de la materia orgánica. En el mundo hay descritas 3 670 especies de lombrices de tierra (Fragoso y Rojas, 2014), aunque se supone que el número podría ser el doble. Estas promueven la actividad de los microorganismos mediante la fragmentación de la materia orgánica y el aumento del área accesible a los hongos y las bacterias. Además, estimulan el crecimiento extensivo de las raíces en el subsuelo debido a la mayor disponibilidad de Nitrógeno en los túneles (hasta cuatro veces más que el Nitrógeno total en la capa superior del suelo) y a la fácil penetración de las raíces por los canales existentes.

La finca 5 y 7 tienen un valor de 81 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima, debido que estos suelos tienen un buen contenido de materia orgánica lo que favorece la reproducción de las lombrices y aumenta la fertilización. La finca 2 y 6 tiene un nivel de desempeño de 41 % lo que refleja un agroecosistema medianamente sustentable, donde estos productores estos realizan mantenimiento en sus parcelas de cacao como restos de poda, maleza lo que le ayuda a mantener la humedad del suelo y puedan vivir las lombrices. Mientras que las finca 1,3,4 tiene un valor de 40 % de nivel de desempeño lo que indica que, bajo nivel de sustentabilidad, debió que ellos aplican productos de fertilizante para limpiar sus parcelas.

La finca 5 y 7 tiene un promedio de 83.33 a 88.89 % , esto porque los suelos tiene una buena cobertura de maleza y no aplican fertilizantes en comparación con las fincas 2 y 6 que tiene un

valor de 43.75 a 50 %, son parcelas donde el tipo de suelo es pesado arcillosos y le dificulta a las lombrices a movilizarse en el terreno y por ultimo están las fincas 1, 3 y 4 que tienen valor de 25 a 38.89 %, en estas aplican fertilizantes en sus parcelas e igualmente se tienen suelos pesados y aunado a ello el exceso de agua no tienen condiciones óptimas para su reproducción y crecimiento.

Entre los seres vivos que pueblan el suelo, el más numeroso, conocido y a la vez el más ignorado es la LOMBRIZ. Existen en un buen suelo, entre 100 a 200 por cada metro cuadrado (m²). Es una gran comedora de tierra, cada día come una cantidad igual a su peso. En un año, una enorme cantidad de tierra pasa por sus cuerpos, haciendo un ejercicio de imaginación matemática, nos alcanzaría para llenar unos 6 camiones de 10.000 kilos según reportes de Mejía Araya (2022).

Los *indicadores artrópodos* son componente de los ecosistemas naturales y agroecosistemas, que participan en la regulación de procesos como la fragmentación y descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes, modifican la estructura del suelo y regulan la actividad de otros organismos más pequeños Mónica y Macarena (2014). En las fincas 1, 2, 3, 4, 6 y 7 tienen valores de 61 a 80 % de nivel de desempeño lo que significa una buena sustentabilidad, la finca 5 tiene un valor de 41 % de nivel de desempeño lo que indica que es medianamente sustentable ya que se observó una baja diversidad.

La macro fauna incluye aquellos animales del suelo que miden más de 1 cm de largo y un diámetro mayor de 2 mm, entre sus miembros se encuentran las termitas, lombrices de tierra, escarabajos, arañas, larvas de mosca y de mariposa, caracoles, milpiés, ciempiés y hormigas. De estos organismos, los escarabajos suelen ser los más diversos (con mayor número de especies), aunque en abundancia predominan generalmente las termitas y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra según reportes de Brown, *et al.*, (2001).

A las abundancias de cada especie observada en campo se aplicó el índice de Shannon – Wiener que mide la diversidad de organismos en un sitio, los resultados obtenidos en las fincas 1,2,3,4,6,7 fue entre 1.63 a 2.42 considerándose este valor de baja a media diversidad de artrópodos en los sistemas cacaoteros, ya que estas familias productoras no realizan ninguna aplicación de químico para el cultivo, solo la finca Jardín del Edén es la que tiene 0.19, siendo muy baja diversidad de estos organismos, muy probablemente se debe a la fuerte pendiente 35.22 % del terreno en la que la plantación de cacao se encuentra.

La **cobertura del suelo dado** por los residuos vegetales manejado por los productores *es* de suma importancia para las plantaciones de cacao ya que le proporciona a la planta nutrientes a parte de la de la materia orgánica cantidades de nitrógeno y otros minerales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [FAO] (2022), la cobertura vegetal permanente del suelo (al menos 30 por ciento) con residuos de cultivos y/o cultivos de cobertura y una capa protectora de vegetación en la superficie del suelo suprime las malezas, protege el suelo del impacto de los patrones climáticos extremos, ayuda a preservar la humedad del suelo y evita la compactación del suelo.

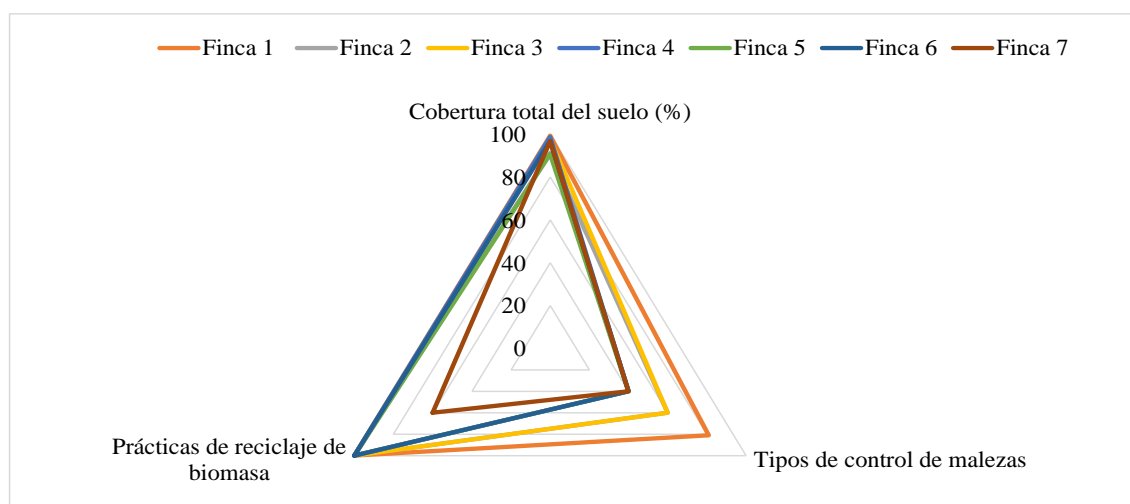


Figura 11. Resultados del manejo a la cobertura total del suelo en las fincas evaluadas de las comarcas de Las Azucenas y Melchorita 2022.

Los resultados en este parámetro en todas las fincas estudiadas en San Carlos tienen un rango de 90.67 a 99.33 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima, de acuerdo a los valores encontrados en campo superan a los mostrados por la literatura científica. La cobertura mantiene o mejora las condiciones del suelo al mismo tiempo que satisface las necesidades de manejo y requerimientos del suelo de un sistema agrícola en particular, tal como lo manifiesta Baligar *et al.*, (2008).

Las cubiertas de hojarasca es uno de los mecanismos más utilizados en Agroecología que se presenta como una alternativa sustentable tanto para el control de malezas, reducción del escurrimiento, evita la erosión, y contribuyendo al mejoramiento de las características físicas como: la porosidad, estructura, textura, infiltración de agua en el suelo aumentando el contenido

de nitrógeno; químicas como: fosforo, potasio y otros micro elementos; y biológicas del suelo ya que aportan al desarrollo de la microfauna.

El indicador de *tipos de control de malezas* es una actividad que se realiza de distintas maneras como mecánica y química, ya que va con el alcance económico que tienen los productores. Los resultados de las fincas 4, 5, 6 y 7 se valora en un 40 % el nivel de desempeño, ubicándose en la escala de calificación de bajo nivel de sustentabilidad, debido a que ellos invierten en manejo especialmente los primeros dos o tres años del cultivo de cacao. El resultado de la finca 1 tuvo un valor del 81 % de nivel de desempeño lo que indica que tiene una sustentabilidad óptima, debido a que realiza todas las actividades agrícolas utilizando control mecánico (machete), cáseo y herbicidas en comparación de las fincas 2 y 3 son medianamente sustentable ya que tiene un valor de 60 % de nivel de desempeño, las actividades que realizan para el manejo son: control mecánico (machete), cáseo en las plantaciones de cacao.

Las *prácticas de reciclaje de biomasa* favorecen los procesos biológicos que impulsan el reciclaje de los nutrientes, la biomasa y el agua de los sistemas de producción. En la finca 7 tiene un valor de 60 % de nivel de desempeño ubicándose en medianamente sustentable en la escala de valoración dado que incorporan restos de poda de cacao y de malezas, las fincas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 tiene un valor del 100 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima, que además de las dos mencionadas anteriormente ellos incorporan restos de poda de árboles forestales, hojarasca.

En el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), la extracción de la biomasa producida por las podas es fundamental en la dinámica de nutrientes dentro del sistema. Una forma de contribuir al reciclaje de nutrientes y mejoramiento de la fertilidad del suelo se presenta por medio del aporte de biomasa del cultivo de cacao al suelo, a través de residuos vegetales generados por labores de manejo cultural como la poda, reporte de Rojas *et al.*, (2001).

5.2.3. Atributo Adaptabilidad

El *indicador de estado del cacao entregado o vendido* la finca 1, 2 y 3 tienen un valor de 81 % de nivel de desempeño lo que significa una sustentabilidad óptima, debido que estos productores entregan cacao seco fermentado en el mercado de San Carlos. La finca 5 tiene un nivel de desempeño de 61 % lo que refleja una buena sustentabilidad, donde este productor no realiza

ningún tipo de proceso de fermentación ya que vende su cacao seco sin fermentar. Mientras la finca 7 tiene un valor de 41 % de nivel de desempeño lo que indica que es medianamente sustentable, debido a que entregan el grano de cacao en baba y seco sin fermentar a este proceso se le conoce como cacao rojo al realizar la entrega en los mercados de Las Azucenas y San Carlos. Las fincas 4 y 6 tiene un valor de nivel de desempeño de 21 % lo que significa un bajo nivel de sustentabilidad, ya que estas familias entregan o vende el grano de cacao en baba no realizan de ningún tipo de proceso de fermentación.

Los productores de cacao de esta zona muestran una fuerte debilidad en la realización del proceso de fermentación de acuerdo con las normas técnicas establecidas principalmente para exportación de grano. Ellos, manifiestan no tener los conocimientos y las condiciones de infraestructura para hacerlo y unido a esto la falta de organización colectiva, la que no les da poder de gestión para vender el grano de cacao con mayor valor agregado. Por otro lado, el mercado local o nacional que compra el grano de cacao, no utilizan criterios de exigencias de calidad debido a que se comercia el grano seco sin fermentar a lo que se conoce cacao rojo.

En todas las fincas de cacao, las familias tienen cajas o gavetas rohan o utilizan bidón con el objetivo de acelerar el proceso de fermentación del grano de cacao el cual es interrumpido, con respecto al secado del grano utilizan tendal plástico en el patio de sus casas que con cuida con lo según reportado por Peñaherrera González y Nancy Diana (2021).

La ***participación de los productores en actividades de capacitación*** con la finalidad de fortalecer sus capacidades en el mejoramiento del manejo agronómico y alcanzar mejores beneficios económicos este es un punto que muestra debilidad. La evaluación realizada a las fincas 1, 2, 3 y 4 alcanza un rango de 0 a 16.67 % de nivel de desempeño lo que significa que no es sustentable debido a que no tienen acceso a las capacitaciones ya sea seminario, talleres, prácticas de campo, en comparación con la finca 5 y 6 que mejoran su desempeño con un valor de 50 % bajo lo que indica que es medianamente sustentable, debido a que tienen un nivel de participación, en donde han tenido la oportunidad de recibir información dirigida al manejo del cultivo cacao como: poda, fermentado y secado y certificado de semillas. La finca 7 tiene un valor de 33.33 % de nivel de desempeño lo que refleja un bajo nivel de sustentabilidad debido a la poca participación.

La escasa capacitación que algunos productores han recibido ha sido por el aporte de instituciones como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Protección y Sanidad

Agropecuaria (IPSA), Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), y la Universidad Nacional Agraria, dicho proceso es muy limitado y no está llegando a todos aquellos productores que tienen parcelas de cacao en la zona.

La *asistencia técnica recibida* en la finca 1, 2, 3 y 4 tienen valores de 0 a 16.67 % de nivel de desempeño esto indica que no es sustentable ya que no reciben una asistencia técnica sistémica los productores en los tres años hasta el 2021 la asistencia técnica dirigida es mínima y se atienden temas como: manejo agronómico del cultivo de cacao, adicionalmente han realizado la entrega de herramientas y equipo agrícola que les permita ejecutar actividades de mejora del cultivo de cacao, pero es muy limitado.

La finca 5, 6 y 7 tiene un valor de 50 % de nivel de desempeño lo que significa que son medianamente sustentable, ellos manifestaron que poseen conocimiento sobre la importancia de realizar las labores agrícolas culturales como son: manejo en el control de plagas y enfermedades, podas en las parcelas de cacao, deschuponado entre otros.

Esta tarea de asistencia técnica dirigida a los productores de cacao ha estado a cargo de instituciones como Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), Asociación para el Fomento del Desarrollo Local Ecosostenible (ASODELCO), y la Universidad Nacional Agraria.

5.2.4. Atributo de Equidad

El indicador autoabastecimiento de alimentos la finca 2 tiene un valor de 20 % de nivel de desempeño, lo que indica que no es sustentable ya que no utiliza su producción para el propio consumo del hogar manifestando que toda producción obtenida es vendida, la finca 3, 4, 5 y 7 tienen un rango de 43 a 60 % de nivel de desempeño lo que significa que son medianamente sustentables debido a que no cuentan con una diversidad de cultivos o estén asociados a otros cultivos semi-perennes, en cambio la finca 1 alcanza un 80 % de nivel de desempeño lo que indica una buena sustentabilidad donde la producción obtenida se consume y satisface el 100 % del requerimiento del consumo de su hogar, y la finca 6 tiene un valor de 40 % de nivel de desempeño lo que refleja un bajo nivel de sustentabilidad.

En la *integración familiar en las actividades de la parcela de cacao*, la finca 6 tiene un valor de 0 % de nivel de desempeño esto significa que no es sustentable porque no hay participación alguna de familiar cercano como hijo obligándose el productor a hacer contratación de mano de obra. La finca 7 mejora a un 33 % en el nivel de desempeño, aunque con un bajo nivel de sustentabilidad, la participación familiar es básicamente un nieto.

La finca 3 tiene un valor de 71.43 % de nivel de desempeño lo refleja una buena sustentabilidad, en cambio la finca 1 donde ciertos miembros de la familia participan en actividades como poda, deschuponado, control de maleza, control de plagas y enfermedades y formación de la orqueta del árbol de cacao.

Solamente en análisis realizado la finca 4 alcanza un 100 % lo que significa una sustentabilidad óptima. En estos casos un mayor número de miembros de la familia (esposa o compañera e hijos) se integra en las actividades agrícolas de la parcela de cacao, mientras la finca 5 alcanza un 60 % de nivel de desempeño lo que indica que es medianamente sustentable.

5.2.5. Atributo de Autogestión

En toda actividad productiva es importante la agregación de valor de los productos primarios que les permite alcanzar mejores ingresos económicos, sin embargo, en todas las fincas analizadas en el indicador *cantidad porcentual de cacao que transforma y vende* en San Carlos es de 0 a 3 % de nivel desempeño lo que significa que no es sustentable ya que los productores no le dan un valor agregado al cacao esto se debe a la falta de materiales de transformación y de conocimientos para elaborar derivados de cacao, prefieren vender el grano de cacao en baba hasta grano seco pero no fermentado, según lo manifestado por ellos mismos.

Con respecto al indicador *tipos de apoyos recibidos por la cooperativa*, que para el caso de los corporativizados el resultado de evaluación indica que las fincas 1, 2 y 5 tienen valores de 0 a 16.67 % de nivel de desempeño lo que significa que no es sustentable ya que no reciben casi apoyos por las cooperativas porque no pertenecen a la organización.

Las fincas 3, 4, 6 y 7 tiene un valor de 50 % de nivel de desempeño lo que indica que son medianamente sustentable debido a que la cooperativa por ser miembros si son apoyados con

recursos como insumos, equipos, materiales y capacitación cuyo objetivo es mejorar la productividad de sus plantaciones de cacao.

Las fincas 2, 3, 4 y 6 señalaron en el indicador *tipo de apoyo recibido* han sido por capacitaciones en temas sobre cacao, asistencia técnica a los diferentes manejos de las plantaciones y además les han entregado herramientas agrícolas e insumos para el control de plagas y enfermedades. En esta actividad han participado instituciones como Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), Asociación para el Fomento del Desarrollo Local Ecosostenible (ASODELCO), y la Universidad Nacional Agraria El resto de la finca no cuenta con ningún tipo de apoyo por parte de estas instituciones o cooperativas, donde los productores no pertenecen a alguna cooperativa.

Para medir el grado de satisfacción que el dueño de la parcela de cacao en relación a las condiciones de productividad logradas se aplicó el indicador *aceptabilidad del sistema de producción de cacao* se manifestó que están medio satisfecho la finca 1 y 6 por lo que la valoración de la escala alcanza 60 % de nivel de desempeño lo que significa que son medianamente sustentable.

En cambio, las fincas 2, 3, 4, 5 y 7 tienen un valor de 80 % de nivel de desempeño lo que indica una buena sustentabilidad debido a que son productores que se sienten satisfecho y contento con su sistema producción de cacao que lo justifican porque le generan una parte de los ingresos no lo suficiente a su hogar para satisfacer las necesidades cotidianas del hogar.

La *diversificación de mercados*, tiene que ver con quién es el que decide el precio de mercado, las fincas 5 y 6 tiene un valor de 40 % de nivel de desempeño esto significa un bajo nivel de sustentabilidad, en la venta del cacao se efectúa por acuerdo del comprador quien decide el precio o el productor, el resultado de la finca 1, 2, 4 y 7 tiene un valor de 80 % de nivel de desempeño lo que indica una buena sustentabilidad ya que señalan varios mercados para llevar su cacao a comercializarlos, y la finca 3 se encontró con un 60 % de nivel de desempeño lo que refleja que es medianamente sustentable porque es el único comprador que decide el precio del grano de cacao dado que vende su producto en la finca.

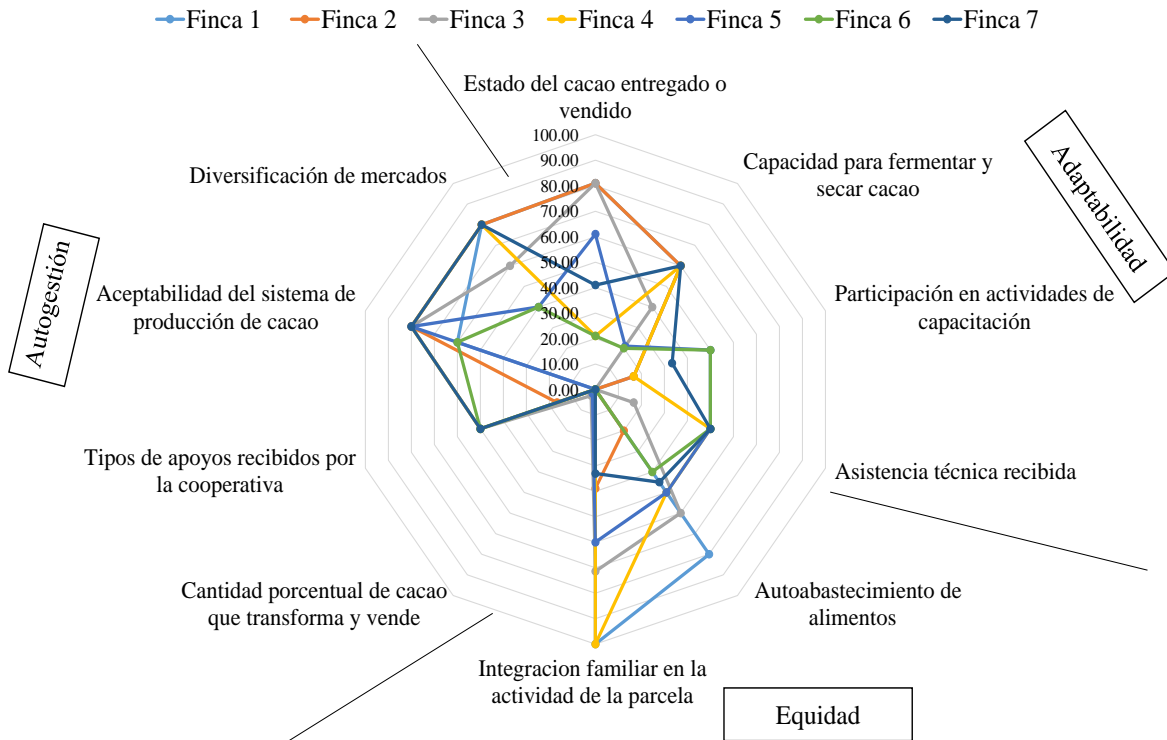


Figura 12. Resultados del nivel de desempeño de los indicadores de adaptabilidad, equidad y autogestión en Melchorita y Las Azucena

5.3. Nivel de desempeño de la sustentabilidad de las fincas cacaotera

5.3.1. Análisis de sustentabilidad por atributo

El análisis de todas las fincas al consolidar el resultado para el atributo de **productividad** obtuvo un nivel de desempeño de 90.97 % que significa una sustentabilidad optima, el promedio general de todas las fincas da un valor de 510.32 kg ha⁻¹, resultando mayor al promedio nacional de 450 kg ha⁻¹, esto evidencia que la zona de San Carlos y las comunidades donde se realizó el estudio presenta condiciones adecuadas para una buena productividad a pesar de algunos factores limitantes del suelo como la textura, deficiencias de fósforo y potasio.

Un caso particular de mencionar es la finca 1 que obtuvo un alto desempeño debido a que el rendimiento alcanzado es de 902 kg ha⁻¹. Adicionalmente las características de frutos como es número de semilla por fruto, peso del grano en baba por fruto, el rendimiento de grano seco kg ha⁻¹, longitud del fruto manifestaron valores altos en sus mediciones. Este resultado se debe principalmente al manejo de la fertilización a la plantación de cacao.

Cuadro 9. Análisis de los atributos de las siete fincas cacaoteras de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas.

Atributo	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7	Promedio
Productividad	96.37	92.67	96.45	99.65	89.33	79.20	83.11	90.97
Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad	47.60	50.96	48.65	56.43	47.89	50.47	55.00	51.00
Adaptabilidad	39.42	39.42	34.42	36.92	45.50	35.25	46.08	39.57
Equidad	90.00	29.44	65.72	75.00	55.00	20.00	39.00	53.45
Autogestión	35.00	44.17	48.25	52.50	30.50	37.50	52.50	42.92

En el atributo de **Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad** reflejo un nivel de desempeño promedio bajo de todas las fincas con 51 %, lo que significa que son medianamente sustentable, dicho resultado se debe a problemas que se presentan en el manejo de las plagas y enfermedades (alta incidencia de monilia y mazorca negra), exceso de sombra por falta de atención en podas de ramas y chupones, las condiciones de suelo en cuanto a la textura arcillosa que implica muchas

dificultades de su manejo, las deficiencias de fósforo y potasio, el débil manejo de malezas donde se observó fincas con abundancia, también se debe mencionar que las parcelas de cacao se encuentran establecidas en terrenos con pendientes de ondulado a fuertemente inclinadas.

Uno de los indicadores que presenta buenos resultados en todas las fincas es el número de lombrices por m² donde se obtuvieron valores de 77 a 267 individuos considerándose un índice de calidad de suelo. Una observación importante es que dicho organismo el crecimiento de su cuerpo es pequeño debido probablemente a las características físicas de textura fina del suelo y de la alta humedad de la zona que les provoca estrés y no logran desarrollar.

En **Adaptabilidad**, la evaluación realizada a las fincas dio un promedio de 39.57 % lo que indica una baja sustentabilidad, debido que todas los productores mostraron baja participación en actividades de capacitación, tienen limitadas capacidades de infraestructura para fermentar y secar cacao por lo que no realizan el proceso de fermentación debidamente, entregan o venden el cacao sin fermentar (grano en baba o seco rojo), no tienen acceso a la asistencia técnica por partes de las instituciones que tienen presencia en el municipio de San Carlos. Sin embargo, otra limitante es la inactividad de las cooperativas en ser facilitadoras del proceso productivo, coincidentemente en el periodo de la evaluación los cooperados mostraron interés en reactivar la organización logrando iniciar el acopio, fermentación, secado del cacao dado que cuentan con infraestructura y su probable comercialización de este. También disponen de invernaderos para la producción de nuevas plantas de cacao y áreas de capacitación, al activarse esto les la facilitara a los productores realizar un buen manejo de fermentación y secado, sin embargo, les facilitará abrir nuevos mercados con empresas que buscan productores que cumplan con las normas de calidad.

En el atributo de **Equidad** se manifestó un promedio de 53.45 % en la evaluación de las fincas es medianamente sustentable, dicho resultado se debe a que hay fincas que obtuvieron un mejor nivel de desempeño porque los miembros de la familia se integran en las actividades de manejo agronómico de las parcelas de manera parcial a total, en este último caso no contratan jornaleros. Los que requieren de mano de obra adicional son los productores que se caracterizan por tener una edad mayor de 54 años, sus hijos no viven con ellos debido a que algunos han emigrado dentro o fuera del país, o han tenido la capacidad de financiar los estudios fuera del municipio, disponen de trabajos y también han conformado su propia familia y viven aparte, estas circunstancias le generan mayores gastos.

En **Autogestión** tiene un promedio de 42.92 % lo que significa medianamente sustentable, dicho resultado en el desempeño de las fincas se debe a es que muy escasa la cantidad porcentual de cacao que trasforman, solamente se identificó a un productor que realiza la combinación de maíz más granos de cacao tostado para obtener pinolillo. Las dificultades que tienen ellos es que aducen que no disponen de equipos y accesorios para procesarlo, aunado a esto carecen de conocimientos técnicos para garantizar un buen proceso, con relación a la producción propia de alimentos, el aprovechamiento de los productos producidos no satisface ser autosuficiente.

En cuanto a los apoyos recibidos por instituciones o de cooperativas, el resultado indica que tres productores no pertenecen a cooperativas. Actualmente se están reorganizando en la comarca de Las Azucenas, por ello, tienen limitación para apoyarlos con equipos o herramientas para mejorar la atención agronómica del cultivo de cacao. La aceptabilidad del sistema de producción de cacao por parte de cada productor, se manifestó una actitud de seguir en el cultivo, a pesar del insuficiente rendimiento producidos en algunas fincas y de los precios alcanzados en la venta del grano en los mercados de Las Azucenas, San Carlos, en las propias fincas, Managua, Masaya y la Cooperativa Flor de Dalia que está ubicada en Matagalpa.

5.3.2. Análisis por dimensión agroecológica

Al sistematizar todos los indicadores que corresponden a la **dimensión agroecológica ambiental** el resultado se valoró tener una buena sustentabilidad en las siete fincas con un promedio de 61.21 %, sin embargo, los indicadores que están relacionados con productividad tubo el mejor comportamiento alcanzando rendimientos medios de 510.32 kg ha⁻¹, el cual es un valor que supera al promedio nacional de 450 kg ha⁻¹, reportado por Freguin - Gresh *et al*, (2022),, esto evidencia que la zona de San Carlos y las comunidades donde se realizó el estudio presenta condiciones agroecológicas adecuadas para una buena productividad a pesar de algunos factores limitantes del suelo como la textura, deficiencias de fósforo y potasio.

Los indicadores que menor desempeño dieron en la que comprometen la sustentabilidad de las parcelas de cacao es en el manejo de las plagas y enfermedades (se presenta alta incidencia de monilia y mazorca negra), que supera el 10 % de afectación, también se tienen exceso de sombra por falta de atención en podas de ramas y chupones, con suelo de textura arcillosa que implica dificultades de su manejo, se detectaron deficiencias de fósforo y potasio, débil manejo de malezas

donde se observó fincas con abundancia, también se debe mencionar que las parcelas de cacao se encuentran establecidas en terrenos con pendientes de ondulado a fuertemente inclinadas.

Cuadro 10. Análisis de las dimensiones agroecológicas de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas

Dimensiones	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7	Promedio
Ambiental	56.79	60.01	59.85	67.69	59.27	60.72	64.11	61.21
Económica	57.63	47.59	52.46	54.36	42.21	41.65	51.97	49.69
Social	64.17	48.89	42.86	64.17	42.75	27.50	51.58	48.84
Promedio	59.53	52.16	51.72	62.07	48.07	43.29	55.89	53.25

Uno de los resultados de calidad de suelo que presentaron las fincas es el número de lombrices por m² donde se obtuvieron valores de 77 a 267 individuos, considerándose un excelente indicador de desempeño. Una observación importante es que dicho organismo el crecimiento de su cuerpo es pequeño debido probablemente a las características físicas de textura fina del suelo y de la alta humedad de la zona que les provoca estrés y no logran desarrollarse.

Al analizar los indicadores que corresponden a la **dimensión económica** el resultado se valoró como medianamente sustentable en las siete fincas donde el promedio es de 49.69 %, siendo los puntos críticos de menor desempeño el grano de cacao entregado o vendido (baba o seco rojo), también reciben insuficiente asistencia técnica por partes de las instituciones presentes en el municipio de San Carlos, también se autoabastecen parcialmente de sus propia producción permitiendo tener un gasto menor en lo que es en la alimentación de la familia, sin embargo también se presentaron productores que contratan personal para mano de obra aumentando sus gasto, lo cual es un problema para ellos debido a que son personas con una edad mayor de 54 años, algunos hijos participan en el manejo del cacao, otros han emigrado fuera del país, hijos que se encuentran estudiando o que ya hayan formado una familia aparte, esto le genera mayores gasto. La cantidad porcentual de cacao que trasforma, es nula porque no tienen máquinas de procesamiento y carecen de capacitación sobre temas de transformación de productos del cacao,

solo un productor realiza en bajo porcentaje del total de producción, los productores cooperados no tienen apoyos por la cooperativa debido a inactividad organizativa de la misma, esto ha limitado en recibir apoyo como equipos o herramientas para el cultivo de cacao, existe sin embargo, indicios de reorganizarse para convertirse en acopiadores y desarrollar el proceso de fermentación y secado.

El análisis de la evaluación en la **dimensión social** se valoró como medianamente sustentable en las siete fincas con promedio de 48.84 %. Se determinaron puntos críticos como: no disponen de capacidad para fermentar y secar cacao por lo que no realizan dicho proceso, su participación en actividades de capacitación es muy insuficiente, no diversifican mercado y la integración familiar en la actividad de la parcela es variable, algunos deben contratar jornaleros para el manejo de las parcelas de cacao.

VI. CONCLUSIONES

El sistema productivo de cacao que manejan los productores va de Monocultivo a agroforestal, sin embargo, la diversidad de especies de sombra es variable, entre las comunes el Madero negro, Cedro real y Roble. La incorporación de especies frutales es muy limitada actualmente prefieren el establecimiento de mamón chino. No tienen identificado los clones de cacao en sus plantaciones, pero sí reconocen tipos acriollados, considerados cacao fino y de aroma.

La mejor valoración de las fincas se obtuvo en los atributos de productividad, confiabilidad, estabilidad y resiliencia alcanzando rendimientos de 510.32 kg ha⁻¹ superior al promedio nacional (450 kg ha⁻¹), se encuentran plantaciones jóvenes 5 a 22 años con perspectivas de incrementar sus producciones, realizan actividades de manejo como el deshije, el manejo de la sombra al cacao, sin embargo, se presentan problemas de alta incidencia de enfermedades que superan el 10 %. Tienen limitantes en suelo por altos contenidos de arcillas, bajos niveles de P y K, el resto de las propiedades químicas y biológicas no representan problema.

La valoración en los atributos de adaptabilidad, equidad y autogestión en las fincas tienen baja participación en actividades de capacitación, sin embargo, tienen limitaciones como: capacidades de infraestructura para fermentar y secar cacao, la integración de las familias en las actividades de las parcelas de cacao es variable, entregan o venden el cacao grano en baba o seco rojo que afecta la economía familiar de ellos, sin embargo, todos muestran satisfacción por el sistema que manejan.

VII. RECOMENDACIONES

Aplicar mejoras en las plantaciones de cacao incorporando variedades identificadas, rehabilitar árboles afectados por enfermedades a través de la aplicación de podas.

Mejorar el manejo agronómico de las plantaciones de cacao a través del establecimiento de un itinerario técnico que incluya: control de plagas y enfermedades, fertilización orgánica o química, control de maleza, poda (control de sombra, ramas cruzadas y sanidad), deschuponado sistemático en los árboles de cacao y corte de frutos maduros (cosecha).

Aprender técnicas de injertación en cacao con el propósito de aprovechar proceso de rehabilitación de plantas que puedan ser injertadas con material seleccionado provenientes de las mejores plantas elite de cacao.

Aprender el proceso de fermentación y secado siguiendo las normas que se exigen a nivel nacional, así como para el mercado de exportación

Realizar gestiones propias ante organizaciones como Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) y Asociación para el Fomento del Desarrollo Local Ecosostenible (ASODELCO), para que le faciliten procesos de capacitación dirigido a aprendizajes en manejo agronómico y transformación del grano que den mayor valor agregado.

Promover la organización de los productores de cacao en asociaciones o cooperativas para que faciliten los procesos productivos como en la adquisición de insumos, equipos, herramientas y comercio del grano de cacao.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcaldía Municipal de San Carlos, Río San Juan. (2004). Plan de Inversiones Municipal Multianual. Recuperado el 30 de septiembre de 2020, de Manfut.org: <http://www.manfut.org/juan/plandesarrollo.html>.
- Altieri y Nicholls., (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), pp 17-24. Recuperado de: [A2039e.pdf \(catie.ac.cr\)](#)
- Andrés, C., Blaser, W., Henry, K., George, A., Owusu, K., Moisés, A., Andrés, G., Scheider, M., Samuel, K., Six, J. (2018). Los sistemas agroforestales pueden mitigar la gravedad de la enfermedad del virus del brote inflamado del cacao. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.031>.
- Asociación Internacional de Fertilizantes [IFA] (2002). Los fertilizantes y el uso. Recuperado de: [Los fertilizantes y su uso \(fao.org\)](#).
- Astier, M., (2006). Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. En VII Congreso. SEAE. Saragoza, España. Recuperado de: [Microsoft Word - P3 Master- Medición de la sustentabilidad en sistemas.doc \(agroecologia.net\)](#).
- Astier, M., Hollands, J. (2005) Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Mundi-prensa México. Recuperado de: [SUSTENTABILIDAD Y CAMPESINADO - SEIS EXPERIENCIAS AGROECOLÓGICAS EN LATINOAMÉRICA | Librotea](#)
- Astier, M., Omar, R., Maser, Yankuic, M., Galván-Miyoshi. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España, pp 9-200. Recuperado de: [Astier2008LibroMESMISCI GA \(5\).pdf](#)
- Baligar, V., Puertas, F., Arévalo, E., Zúñiga, L., Alegre, J., Loli, O., Soplín, H. (2008). Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía Peruana. Recuperado de: [Redalyc.ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS DE COBERTURA Y EXTRACCIÓN TOTAL DE NUTRIENTES EN UN SUELO DE TRÓPICO HÚMEDO EN LA AMAZONÍA PERUANA.](#)
- Brown, George G.; Fragoso, C.; Barois, I.; Rojas, P.; Patrón, J.; Bueno, J.; Moreno, A. y Lavelle, P. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Recuperado de: [620DIVERSIDAD20Y20ROL20FUNCIONAL20DE20LA20MACROFAUNA20EDAFIC A.pdf](#)
- Burbano, O. (2005). La calidad y salud del suelo influyen sobre la naturaleza y la sociedad. recuperado de: [LA CALIDAD Y SALUD DEL SUELO INFLUYEN SOBRE LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD \(scielo.org.co\)](#)
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica [USDA]. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Recuperado de: [version.PDF \(wordpress.com\)](#).

- Dostert N.; Roque, J., Cano, A., Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao - *Theobroma cacao* L. Lima – Perú, pp.2-19. Recuperado de: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/185/BIV01202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estrada, M.; Xiomara, G.; Josué, A. (2011) “Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Recuperado de: [Estrada et al Guia Tecnica Cacao.pdf](#).
- Figueroa, O. (2012). Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao. Guía técnica. Recuperado de: [Las \(agrobanco.com.pe\)](#).
- Fontana, M. (2013). Aportes para la evaluación de la sustentabilidad: a partir de la comparación de dos sistemas agrícolas de San Carlos, Mendoza (Tesis de grado). Mendoza, [Universidad Nacional de Cuyo]. Recuperado de: [fontana-agr.pdf \(uncu.edu.ar\)](#)
- Fragoso, C. y Rojas, P. (2014). Biodiversidad de lombrices de tierra. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 198-201. Recuperado de: [v85senea24.pdf \(scielo.org.mx\)](#).
- Fréguin-Gresh, S.; Feschet, P.; Gómez, M.; Orozco Aguilar, L. (2022) Análisis de la cadena de valor de cacao en Nicaragua. Recuperado de: <https://agritrop.cirad.fr/601857/1/37.%20VCA4D%20Nicaragua%20cocoa%20March%202022.pdf>.
- Gaitán Navarrete., T. (2005). Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial exportador. Recuperado de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01G144.pdf>
- Gisbert, J., Ibáñez, A., Moreno, R., (2010). Textura de un suelo. Universidad Politécnica de Valencia[artículo]. Recuperado de: [Portada del documento \(upv.es\)](#).
- Gobierno de Costa Rica y Gobierno de Nicaragua (1997). Estudio de diagnóstico de la cuenca del Rio san juan y lineamientos del plan de acción. Recuperado de: [Indice \(oas.org\)](#)
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN]. (2022). Plan Nacional de la Producción, Consumo y Comercio 2022-2023. Recuperado de: [PLAN-NACIONAL-DE-PRODUCCIÓN-CONSUMO-Y-COMERCIO-2022-2315Jun22.pdf \(nicaraguasandino.com\)](#)
- Gutiérrez, J., Aguilera, G., González, C. (2008). Evaluación de la sustentabilidad por medio de indicadores, de una intervención agroecológica en el Subtrópico del Altiplano Central de México. Caracterización, diagnóstico y evaluación inicial. Fase I. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* pp. 27-34. Recuperado de: [Redalyc. Evaluación de la sustentabilidad por medio de indicadores, de una intervención agroecológica en el Subtrópico del Altiplano Central de México. Caracterización, diagnóstico y evaluación inicial. Fase I](#)
- Guzmán, G., Levy, M. (2009). Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia. *ACTA NOVA* 4(2,3): 264-280. Recuperado de: [Formato - Guzmán Levy PI \(scielo.org.bo\)](#)
- Hernández Maqueda, R., Ballesteros, I., Manzano, S., Hernández, M., Domínguez, J., Cazorla González, M., Torres, F. (2018). El marco MESMIS aplicado a proyectos de cooperación internacional estudio de caso en la comunidad de San Ignacio, en los Andes Ecuatorianos. Recuperado de: [2018_ElMarcoMESMISenSostenibilidad-copia.pdf](#)

- Hernández, B., Castellanos, L. (2022). Caracterización agroquímica del suelo de 15 fincas con proyección hacia la transformación agroecológica, en el municipio Santa María, Boyacá. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15 – 32. Recuperado de: [Dialnet-CaracterizacionAgroquimicaDelSueloDe15FincasConPro-8202366.pdf](#).
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER] (2022). Estaciones meteorológicas de las Azucenas de Rio San Juan de Nicaragua. Recuperado de: [La Azucena Map | Nicaragua Google Satellite Maps \(maplandia.com\)](#)
- Instituto Nicaragüense de tecnología Agropecuaria. [INTA]. (2010). Guía tecnológica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*). Recuperado de: [INTA Guia-CACAO-2010.pdf](#).
- López, A. (2012). “Asistencia técnica dirigida en manejo de poda y fertilización en el cultivo de cacao. Guía técnica. Recuperado de: [Manejo poda en el cultivo cacao-guia tecnica.pdf \(cadenacacaoca.info\)](#)
- Lutheran World Relief (2023). Diseño del sistema agroforestal. Recuperado de: [Cacao Móvil \(cacaomovil.com\)](#).
- Masera, O., Astier, M, Galván, Y., (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. Recuperado de: [GIRA_CS3_final1 \(3\).pdf](#)
- Masera, O., Astier, M., López, S., (2000). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales, y marco de evaluación MESMIS. México. Recuperado de: [MESMISlibroVerde \(4\).pdf](#)
- Mejía Araya, P. (2022). Agroflor Lombricultura. Manual, pp 1-54. Recuperado de: [Agroflor Manual de Lombricultura \(1\).pdf](#)
- Mejía, L.; y Arguello, O. (2000). Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, Bucaramanga. Recuperado de: [59914_59106.pdf](#).
- Altieri, Miguel A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Capítulo 2. pp 27-34. Recuperado de: [027-034.qxd \(agroeco.org\)](#)
- Ministerio Agropecuario [MAG] (2023). Mapa Nacional de Cacao. Recuperado de: <https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas-interactivos/mapa-nacional-de-cacao>.
- Molina, E. (2013). Acidez del suelo y necesidad del encalado. Recuperado de: [Encalado.doc \(ucr.ac.cr\)](#).
- Mónica, D; y Macarena, H. (2014). Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. Recuperado de: [v24n3a08.pdf \(scielo.org.ar\)](#).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1993). Marco para la Evaluación del Manejo Sustentabilidad de la Tierra (FESLM). Recuperado de: [Capítulo 2: FESLM - el enfoque general \(fao.org\)](#)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [FAO] (2015). Clasificación del suelo. Recuperado de: [Propiedades Químicas Portal de Suelos de la FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura](#).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [FAO] (2022). *Agricultura de Conservación*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/cb8350es/cb8350es.pdf>.

- Orozco, A.; y López, S. (2016). Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao fichas técnicas. Nicaragua. Recuperado de: file:///C:/Users/vanessa%20laguna/Downloads/141216_esquinas_tecnicas_de_cacao.pdf.
- Valerezo Beltrón, C.O., Julca-Otiniano, A., & Rodríguez Berrío, A. (2020). Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador pp 114-119. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rivar/v7n20/0719-4994-rivar-7-20-108.pdf>.
- Peñaherrera González y Nancy Diana (2021). Estudio de métodos de fermentación y secado del cacao. Universidad Central del Ecuador, [tesis]. recuperado de: <UCE-FCQ-CQA-PEÑAHERRERA NANCY.pdf>
- Pérez Porto, J., Gardey, A. (2015). Agroecosistema - Qué es, definición y concepto. Recuperado de <https://definicion.de/agroecosistema/>
- Quintana, J. O., Blandón Moreno, A., Vilches, A. (1992). Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, New York. Residencial Las Mercedes N° 19 – A. Managua Nicaragua. Recuperado de: [Manual de fertilización para suelos de Nicaragua | Semantic Scholar](#)
- Rojas, M; Ortiz, C; Escobar, P; Rojas, B; Suárez, J. (2001). Descomposición y liberación de nutrientes en biomasa por poda de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Rionegro, Santander, Colombia. Recuperado de: [Descomposición y liberación de nutrientes en biomasa por poda de cacao \(*Theobroma cacao* L.\) en Rionegro, Santander, Colombia 1 \(redalyc.org\)](#).
- Sarandón, Santiago J. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. Curso de Agroecología y Agricultura Sustentable 4. Recuperado de: [Microsoft Word - Cap4-Agroecosistemas \(unlp.edu.ar\)](#)
- Sarandón, S. (2002). “El desarrollo y usos de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas”. [artículo], Ecuador. Recuperado de: [Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador* \(redalyc.org\)](#).
- Sarandón, S. J.; Zuluaga, M. S.; Cieza, R.; Janjetic, L.; y Negrete, E. (2008). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, argentina, mediante el uso de indicadores. Agroecología 1: 21 – 28. Recuperado de: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/23804/1/14-36-1-PB.pdf>.
- InfoAgro. (2017). Nutrientes presentes en el suelo. Recuperado de: <https://mexico.infoagro.com/nutrientes-presentes-en-el-suelo>.
- Siles, P. (2019). Fertilidad de los suelos en sistemas de pastos, café y cacao en el TeSAC Nicaragua. Managua, Nicaragua. Recuperado de: [Reporte Final Análisis de la fertilidad de suelos en Tesac.pdf \(cgiar.org\)](#).
- Somarriba, E. (2003). Como evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales. *Agroforesteria en las Américas*, 41-42: 122-130. Recuperado de: [Cmoevaluarymejorareldoseldesombraencacaotales \(1\).pdf](#)
- Tonolli, J., Ferrer., S. (2003). comparación de marcos de evaluación de agroecosistemas. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Recuperado de: <https://>
- Valenzuela, F., Benjamín, A., Álvaro, J., Vega, F., Urrego, J., Bautista, J., Puerta, J., Yepes, J., Herrán, L., López, M. (2017). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*

L.) origen, botánica y generalidades. Compañía Nacional de Chocolate, Colombia. Recuperado de: [AF-FOLLETO-ORIGEN-BOTANICA-Y-GENERALIDADES-1.pdf](#)

Wiegel, J.; del Rio., M.; Gutiérrez., J F.; Claros., L.; Sánchez., D.; Gómez., L.; González., C.; Reyes., B. (2020). El sistema de mercado de cacao en Nicaragua. Oportunidades para apoyar la renovación y rehabilitación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Recuperado de: [Nicaragua cacao Español Final.pdf \(cgiar.org\)](#)

IX. ANEXOS

Anexo 1. Componentes de las siete fincas de cacao en Melchorita y Las Azucenas, aspectos técnicos

Componente	Descripción
Agrícola	El análisis de las 7 fincas en la comarca de Melchorita y Las Azucenas del municipio de San Carlos, nos indicó que el rubro principal es cacao de igual manera los productores tienen especies forestales, generándole ingreso al momento de las ventas, del cacao ya que tiene buena demanda a nivel local y municipal de una forma directa al intermediario, otros productores que además de cacao cuenta con: Mamon chino.
Pecuario	Los productores cuentan con ganado bovino, equinos, caprino, porcinos y aves de patio, que son de uso para el hogar, en cuanto al ganado hay productores que lo venden en pie y esto le ayuda a cubrir ciertos costos de las fincas. Los productores de la comarca de Melchorita y Las Azucenas también venden lo que es leche y algunas cuajadas.
Forestales en cacao	Las especies forestales que se encontraron dentro del cacaotal de las 7 fincas las consideramos entre maderables frutales y ornamentales, dentro los maderables tenemos: Roble, Jobo, Madroño, Guarumo Laurel, Madero Negro, Cenicero, Guanacaste, dentro los frutales se encuentran, Musáceas, Naranja, Limón, Aguacate.
Poda en cacao	Los productores de la azucena realizan podas en el cacao de 2 a 4 veces por años, estos van entre los meses de mayo y noviembre, para la realización de la poda en cacao utilizan herramientas como: tijeras, cola de zorro y media luna luego de haber realizado el manejo de la poda se cicatriza utilizando pasta de cal, caldo sulfocalcico, estos le permiten que no les causen daños propagados por algún virus o bacterias
Deschuponado en cacao	Todas las fincas realizan deschuponado, ya que realiza 6 podas en los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre, en cuanto los demás productores no hacen esta práctica de manejo en los cacaotales.,.
Poda de árboles de sombra	El 80% de los productores de las azucenas realizan el manejo de poda de regulación de sombra para el sistema cacaotal y el 20% de los productores no realizan la práctica de poda de sombra.
Fertilización	El 85% de los productores aplican fertilización ya sea orgánica como química, y el compost más lombriz humus, pero no todos los productores cuentan con los recursos económicos para estar aplicando fertilizante a las parcelas de cacao. La mayoría de los productores de Melchorita y Las Azucenas no tienen una idea del precio o el rendimiento del cacao antes de su primera siembra. Estos agricultores parecen dedicarse al cultivo de cacao
Control de malezas	Las 7 fincas cacaoteras realizan el manejo de chapia para el control de maleza, estas actividades las realizan casi todo el año los productores, el único mes que no realizan esta actividad es en marzo.
Control de plagas	Los productores de las diferentes fincas encuestadas realizan un control de plagas y enfermedades en sus parcelas de cacao cuando hay presencia de hormigas, zomposos, ardillas, pájaros, carpinteros. Ellos lo que realizan es una aplicación química en los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre de midacoprix 120 cc, avermectina 46 cc, y cipermetrina 80 cc En cuanto al control de mazorca negra y monilia el manejo es solo corta y la sacan de la parcela.
Cosecha	Los productores de la comarca de Melchorita y Las Azucenas realizan la cosecha 24 veces al año, es decir 2 veces al mes y las herramientas para realizar la corta de la mazorca de cacao son tijera, machete y media luna, una vez ya terminado el proceso de corta lo trasladan a la casa.
Fermentación	En las 7 fincas visitadas de Melchorita y Las Azucenas no se encontraron productores que estén haciendo el proceso de fermentación, por falta de conocimiento para la transformación del cacao.
Secado	Ninguno de los 7 productores de cacao posee estructura de secado, ellos lo secan sobre plástico expuesto al sol, al aire libre, debido a que no cuentan con una economía estable para establecer una estructura de secado.
Ventas	Todos los productores, de las 7 fincas visitadas venden a intermediario directo en el mercado local, 10 productores venden el cacao seco, y un productor lo vende en baba, tomando en cuenta que ninguno de los productores le vende a la cooperativa.
Transformación	Ninguno de los productores visitado en la comarca de Melchorita y Las Azucenas, no realiza transformación de producto de cacao por falta de herramientas, y conocimientos.

Componente	Descripción
Toma de decisión	Este es un punto importante en cuanto la toma de decisiones ya que todas las actividades que realizan dentro de la parcela consultan con sus esposas e hijos e hijas para llevar acabado todo el plan de las actividades. Una de la valoración más importante de esta encuesta era ver que tanto estaban coordinado con sus esposos o hijos que apoyaban a la toma de decisiones en salud, educación, planeaciones de trabajo, ahorro esto lo deciden en conjunto o ambos.
Capacitación	Las capacitaciones que han recibido en la comarca de Melchorita y Las Azucenas, son control de monilia, manejo del cultivo, fermentación y en temas sobre manejo de viveros y hortaliza y las organizaciones que realizan este tipo de capacitaciones esta ASODELCO, INTA Y ADTE que trabajan en conjunto todos en estos temas de aprendizajes que le ayuden de a resolver los problemas que presentan las parcelas de cacao de cada uno de los productores. Los meses que realizan que realizan las capacitaciones son noviembre, marzo, y mayo todos esto temas fuero en el año 2021 y parte de este año 2022.

Anexo 2. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) por cada productor cacaotero del municipio de San Carlos.

Finca: La Florcita	Productor: Marco Herberto Cortez Peña
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Podas de mantenimiento y control de plagas y enfermedades • Produce Calidad de mazorcas • Tiene mayor ganancia que otros productores • Mantiene cobertura del suelo 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa estaría ofertando un precio estable. • ADTE ofrece comprar cacao a precio estable • vías de comunicación terrestre. • Mantiene quebrada y agua potable
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Falta de nutrición por altos costos en los agroquímicos • Poco conocimiento en financiamiento y capacitaciones sobre el cacao • Las plagas le reducen el rendimiento de la plantación de cacao. • Poco conocimiento en la transformación del cacao 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Mayor inversión y poca ganancia. • El precio del cacao no es estable en el mercados y ventas locales • Variaciones en el clima • Porque tiene bastante demanda nacional o internacional • Alta incidencia de plagas en la parcela de cacao
Finca: La Florcita	Productor: José Abraham Cortez Peña
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con fuente de agua • Acceso de caminos y carreteras publicas • El cacao está certificado por IPSA (parcelas para la venta de semillas) • seco por libra en mercado local • Cuenta con abundancia de árboles forestales 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Comercio de grano seco en la comunidad • Instituciones del estado y ONG brindan capacitación y asistencia técnica. • Llegan compradores externos a comprar cacao.
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos de mantenimiento la producción de cacao • Falta de conocimiento en el manejo de la deschuponado • Deficiente manejo de malezas • No transforma el producto para agregar valor. • Desconocimiento del proceso de transformación. • Su organización no tiene capacidad de beneficiado y comercialización de cacao. 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Migración de las personas y desacuerdo político • Alto costo de insumos agroquímicos • El cambio de clima (sequia) • No cuenta con un sistema de riego
Finca: El Porvenir	Productor: José Siriaco León Sequeira
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Realiza prácticas de poda, control de malezas, deschuponado en cacao • Cobertura permanente del suelo • Suelo considerado apto para el cacao • Responsabilidad en los jornaleros a la hora de trabajar • Obtiene mejores ganancias 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Instituciones del estado y ONG brindan capacitación y asistencia técnica. • El turismo interesado en adquirir cacao transformado
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de control de plagas y enfermedades • Deficiencia en variedades resistente a enfermedades • Falta de conocimiento en reproducción por injerto • No transforma el producto para agregar valor. • Desconocimiento del proceso de transformación. • Aplicación de podas en árboles de sombra • Baja población de árboles de cacao • Escasa distribución de árboles de sombra. 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Mercado de cacao lento • Alto costo de insumos agroquímicos • El cambio de clima
Finca: La Rejolla	Productor: Francisco Javier Duarte Rivera
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo disponible para el cuidado del cultivo • Buen manejo de poda de cacao • Brinda buen manejo al cacao • Calidad del pergamino de cacao • Buenas ganancias de su producción • Suelos fértiles para la producción del cacao • Clima favorable para el cultivo • Excelente ubicación geográfica de la finca 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Compradores externos de cacao • Mantenimiento de las vías de comunicación terrestre.
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento para abonar • Falta de conocimiento para poda de rejuvenecimiento • Falta de conocimiento para la transformación de producto de cacao • Control de manejo de enfermedad 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Incrementos de precios en los insumos • El precio del cacao no es estable • Variaciones en el clima • La presencia de huracanes

Finca: Jardín del Edén	Productor: Patricio Maradiaga Martínez
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Suelo fértil para el cultivo de cacao • Acceso a vías de comunicación local del mercado • Buen manejo de poda en el cacao • Conocimiento en el cultivo de cacao • Limitaciones por disponibilidad económica • Jornaleros honrados y con experiencias en manejo de cacao 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • ADTE ofrece comprar cacao a precio estable • INTA, ADTE ofrecen capacitación técnica del cultivo de cacao • MEFCCA facilita vínculos de mercados en ferias • Mantenimiento de las vías de comunicación terrestre.
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • No le genera demasiado ingreso por los ataques de las ardilla y pájaro • Falta de nutrición en el cultivo • Falta de conocimiento para injertar • No poder caracterizar arboles elites para reproducción 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Incrementos de precios en los insumos • El precio del cacao no es estable • Variaciones en el clima • La presencia de huracanes
Finca: El Porvenir	Productor: Juan Pablo Herradora Solorzano
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • La parcela tiene seguimiento técnico. • Cuanta con trabajadores responsable. 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Proyectos en gestión a futuro para la producción de cacao. • Apoyo de las instituciones en el equipamiento de herramientas y capacitaciones para el manejo adecuado del cacao. • Capacitaciones para la transformación de producto de cacao.
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Bajos ingresos del cacao. • Poco conocimiento en el manejo en la elaboración de productos orgánicos • Poco conocimiento para reconocer el genotipo de los arboles • Afectación de las enfermedades en cacao poco controladas. 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • El incremento de los pecios para la compra de insumos.
Finca: Los Laureles	Productor: Alejandro Duarte Pérez
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Podas de cacao, control de malezas y plagas. • Produce Calidad de mazorcas • Obtiene ingresos de manera regular • Mantiene cobertura del suelo • Buena fertilidad del suelo y no demanda de fertilizantes. • Las decisiones importantes del hogar son compartidas. 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa estaría ofertando un precio estable. • ADTE ofrece comprar cacao a precio estable • MEFCCA, ADTE ofrecen proceso de capacitación en transformación de producto e INTA entrega material vegetal. • Mantenimiento de las vías de comunicación terrestre.
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Carece de formación en manejo de plagas, injertación y evaluación de árboles elite. • Las plagas le reducen el rendimiento de la plantación de cacao. • No le da valor agregado al producto • Baja densidad de árboles de sombra. 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Cambios en las prácticas de exportación. • El precio del cacao no es estable. • Variaciones en el clima • La presencia de huracanes

Anexo 3. Resultados de campos a nivel de indicador de las fincas de San Carlos 2022.

Fincas	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Rendimiento de grano Seco kg ha ⁻¹	902.00	343.4	572.7	406.97	322.14	200.37	824.68
Precio por quintal de cacao seco (C\$)	3,500.00	3,000.00	2,800.00	3,700.00	3,000.00	900.00	1,100.00
Relación longitud: diámetro	2.11 (0.27)	1.97 (0.42)	1.99 (0.57)	2.14 (0.16)	1.87 (0.16)	1.91 (0.27)	1.91 (0.22)
Longitud de fruto (cm)	17.90 (2.34)	16.95 (3.43)	17.35 (3.04)	20.3 (2.06)	16.6 (2.07)	16.36 (2.36)	16.17 (2.58)
Diámetro de fruto (cm)	8.55 (1.01)	8.73 (1.36)	8.93 (1.29)	9.5 (0.82)	8.86 (0.64)	8.63 (0.96)	8.47 (0.96)
Peso fresco de fruto (g)	525.97 (158.61)	607.26 (201.98)	681.21 (219.6)	772.79 (184.7)	532.9 (165.15)	543 (160.38)	496.77 (155.94)
Peso de grano en baba (g)	164.17 (141.46)	157.3 (42.43)	215.58 (70.23)	165.01 (50.19)	146.66 (36.72)	154.94 (58.46)	128.05 (40.92)
Número de semillas por fruto	42.00 (6.78)	43.57 (9.32)	45.60 (7.89)	52.29 (8.28)	43.22 (7.45)	40.67 (13.58)	40.7 (10.3)

Anexo 4. Evaluación de los indicadores de Estabilidad, Resiliencia y Confiabilidad en las comarcas de Las Azucenas y Melchorita

Fincas	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Edad de la plantación (años)	6	15	20	22	5,6	5,2	10
Riesgo de abandono de la plantación	48	49	78	45	70	65	76
Distancia entre hilera	3.20 (0.18)	3.1 (0.23)	3.56 (0.34)	3.62 (0.47)	3.72 (0.19)	3.39 (0.18)	3.79 (0.79)
Distancia entre planta (m)	2.99 (0.17)	3.02 (0.11)	3.41 (0.69)	4.09 (0.41)	3.42 (0.21)	3.42 (0.13)	3.39 (0.84)
Densidad poblacional de cacao por ha	832	848	736	576	656	784	624
Orientación de las hileras (ha-1)	perpendiculares y paralelas a la pendiente	perpendiculares y paralelas a la pendiente	Paralela a la pendiente	Hileras perpendiculares a pendiente	perpendiculares a pendiente	hileras perpendiculares a la pendiente	Paralelas a la pendiente
Número de veces en el año que realiza el deshije	6	6	2	4	1	12	12
Altura de la horqueta (cm)	108.5 (31.51)	138.6 (34.63)	133.8 (31.57)	78.1 (44.06)	115.7 (23.44)	82.4 (25.12)	87.3 (37.57)
Numero de rama	2 (0.88)	2 (0.79)	2 (0.57)	3 (0.97)	3 (0.79)	3.1 (0.74)	2.2 (0.92)
1 Vigoroso y sano	0	0	0	0	10	50	10
2 vigoroso y con síntoma de enfermedades	0	0	0	30	20	40	10
3 medianamente vigoroso y sano	30	0	10	20	10	0	30
4 medianamente vigoroso y síntoma de enfermedades	50	60	60	10	40	10	20
5 Débil y afectado por enfermedades	10	10	20	10	0	0	10
6 débil y con daños físicos	10	30	10	30	20	0	20
Monilia	24.43	62.61	31.62	31.94	8.63	0.83	8.69
Mazorca Negra	4.94	0	7.77	0	3.51	0.5	7.19
Pájaros	0.69	0	0	6.25	0	0	0
Ardilla	10.37	0	26.44	11.44	7.5	3.33	17.59
Frutos sanos	59.56	37.39	34.17	50.37	80.36	95.33	66.52
Capacidad de restauración del sistema cacao (%)	-	-	-	90	90	-	95
Evento climático	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Huracán	Huracán	Ninguno	Lluvias intensas
Sombra al cacao	23.33 (27.54)	45 (23.45)	40 (35)	56.67 (5.77)	16.67 (15.28)	45 (13.23)	43.33 (25.17)
Autosombra del cacao (%)	56.67 (20.21)	53.25 (7.68)	61.67 (25.66)	80 (0)	47 (26.21)	51.67 (2.89)	45 (42.72)
Población de árboles de sombra	0	128	176	144	448	224	32
Plantas de Musáceas	0	0	0	0	9	1	0
Diversidad de especies arbóreas	0	6	1	7	5	5	2
Especies de sombra	-	cedro real, guácimo, corroncha de lagarto, capirote, roble, palmera	Manglar	almendra, cedro real, frijolillo, Guanacaste, jobo, madero negro, mamón chino	Frijolillo, guaba, laurel, mamón chino, coyolillo	cedro real, laurel, madero negro, roble	Cedro real, madero negro
Tipos de dosel de sombra	1	4	2	3	3	3	2

Anexo 5. Resultados de laboratorio de la muestra de campo de suelo de las comarcas de Melchorita y Las Azucenas

Indicador	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Arena (%)	20.16	24.16	12.16	26.4	14.4	20.4	8.16
Arcilla (%)	46.98	46.98	50.98	33.6	41.6	49.6	58.98
Limo (%)	32.86	28.86	36.86	40	42	30	32.86
Pendiente del área (%)	13.93 (5.47)	12.4 (3.28)	3.08 (4.46)	17.45 (6.46)	35.22 (10)	6.12 (3.07)	17.85 (6.19)
Profundidad efectiva de suelo (cm)	42.33 (2.8)	43.33 (2.31)	45.33 (4.51)	52 (6.08)	45 (13.23)	48.33 (7.09)	81 (16.46)
pH	6.45	6.11	6.4	6.61	6.37	6.08	5.67
CE (uS/m)	94.77	120.33	60.53	36.47	40.4	22.06	54.93
M.O (%)	5.05	5.28	5.5	4.72	5.23	3.74	4.57
N %	0.39	0.44	0.45	0.38	0.48	0.44	0.37
P (ppm)	3.38	1.15	5.63	0.41	0.06	0.24	1.08
K (meq en 100g suelo)	0.07	0.02	0.03	0.7	0.14	0.08	0.02
Ca (meq en 100 g suelo)	6.39	7.84	11.7	9.76	4.49	7.8	6.23
Mg (meq en 100 g suelo)	1.17	1.46	3.04	2.43	0.86	2.34	1.83
CIC (meq en 100 g suelo)	21.76	19.43	38.75	29.78	26.94	23.82	16.67
N° de Lombrices por m ²	83	131.25	75	117	250	150	267
Diversidad de artrópodos	7	9	11	11	15	13	14

Anexo 6. Resultados de indicadores cobertura de suelo, maleza, hojarasca y reciclaje de biomasa.

Indicador	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Cobertura total del suelo (%)	99.33 (1.15)	91.25 (17.5)	97.67 (2.52)	98.67 (2.31)	90.67 (16.17)	96.67 (5.77)	96.67 (2.89)
Intensidad de manejo de malezas (%)	1.67 (2.89)	20.75 (23.68)	56.67 (35.47)	5.67 (1.53)	58.33 (29.3)	31.67 (16.07)	33.33 (28.87)
Cobertura de hojarasca (%)	99.33 (1.15)	78.25 (14.57)	65 (27.84)	94.33 (8.14)	65 (13.23)	80 (21.79)	76.67 (20.82)
Tipos de control de malezas	mecánico (machete), herbicida, machete (caseo)	Control con herbicida y machete (caseo)	Control con herbicida y machete (caseo)	Control mecánico (machete)	Control mecánico (machete)	control mecánico (machete)	control mecánico (machete)
Prácticas de reciclaje de biomasa	Incorpora restos de poda de cacao, arboles, malezas, hojarasca	incorpora resto de poda de cacao, resto de maleza y hojarasca	incorpora resto de poda de cacao, arboles, maleza y hojarasca	Incorpora restos de poda de cacao, maleza, hojarasca	Incorpora restos de poda de cacao, arboles, maleza, hojarasca en el suelo	Incorpora restos de poda de cacao, arboles, maleza, hojarasca	incorporación de resto de poda de cacao, maleza

Anexo 7. Resultados de los indicadores estado del cacao, fermentación y secado de las fincas cacaoteras.

Indicador	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Estado del cacao entregado o vendido	Cacao seco fermentado	cacao seco fermentado	cacao seco fermentado	Cacao en baba	Cacao seco sin fermentar	cacao en baba	cacao en baba y seco sin fermentar
Fermentar	Cajas o gavetas Rohan	Cajas o gavetas Rohan	Bidón	Cajas o gavetas Rohan		-	caja o gaveta Rohan
Secado	Tendal, plástico	Tendal, plástico	Tendal, plástico	Tendal, plástico	Tendal, plástico	-	tendal, plástico
Participación en actividades de capacitación	1 (2021)	1(2021)	-	1(2021)	3(2021,2020 2019)	3(2021, 2020, 2019)	2(2020, 2019)
Tema	Manejo cultivo cacao (poda, fermentado)	manejo de cacao (poda, fermentado)	-	manejo del cacao poda, fermentación y secado	Manejo de cacao (tres veces)	manejo de cacao (3 veces)	manejo de semilla certificada
Facilitador	ASODELCO	ASODELCO	-	INTA, IPSA, MEFCCA	MEFCCA	MEFCCA, UNA, IPSA, INTA	MEFCCA y INTA
Asistencia técnica recibida	-	-	1 (2021)	2019,2020,2021,	3 (2019,2020 ,2021)	3 (2019, 2020, 2021)	3(2019, 2020, 2022)
Tema	-	-	Manejo del Cacao	manejo de plagas y enfermedades, podas de cacao	Manejo del cultivo de cacao	Manejo del cultivo de cacao	manejo de cacao, plagas y enfermedades, Poda y deschuponado
Facilitador	-	-	ASODELCO, INTA, IPSA	INTA, IPSA, MEFCCA	INTA, IPSA, MEFCCA	INTA, MEFCCA	ASODELCO

Anexo 8. Resultado del indicador de Equidad de las fincas de la comarca de Melchorita y Las Azucenas

Indicador	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Autoabastecimiento de alimentos	80	20	60	50	50	40	45
Integración familiar en la actividad de la parcela	100	39	71	100	60	0	33
Contratación	0	61	29	0	40	100	67

Anexo 9. Resultados del indicador de Autogestión de los datos de campo en Melchorita y Las Azucenas.

Indicador	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5	Finca 6	Finca 7
Cantidad porcentual de cacao que transforma y vende	-	0	3	0	2	0	0
Tipos de apoyos recibidos por la cooperativa	-	1	1	1	-	1	-
Capacitación	-	1	1	1	-	1	-
Asistencia técnica	-	-	-	1	-	1	1
Entrega de herramientas agrícolas	-	-	1	-	-	1	-
fermentado, secado y venta de cacao	-	-	-	1	-	1	-
Entrega de insumo entrega de equipos agrícola	-	-	-	-	-	-	1
Aceptabilidad del sistema de producción de cacao	medianamente satisfecho	satisfecho	satisfecho	Satisfecho	Satisfecho	medianamente satisfecho	satisfecho
Diversificación de mercado Quien decide el precio	Productor más comprador	Por acuerdo mutuo	Productor más comprador	Comprador	comprador	por acuerdo mutuo	por acuerdo mutuo