BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS
CENTRO DE AGROECOLOGÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

"EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES TRADICIONALES CON MANEJO AGROECOLÓGICO: DOS ESTUDIOS DE CASO EN LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y OAXACA"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO
EN MANEJO SOSTRNIBLE DE AGROECOSISTEMAS

PRESENTA
ING. ESTEBAN ROMERO HERNÁNDEZ

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR DE TESIS
DR. JOSÉ MARIA RAMOS PRADO

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. PRIMO SÁNCHEZ MORALES

ASESORES
DR. ENRIQUE HIPÓLITO ROMERO
DR. DANIEL JIMÉNEZ GARCÍA

San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Enero 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6
2. ANTECEDENTES 8
3. MARCO TEÓRICO 10
3.1. DESARROLLO SUSTENTABLE Y SUSTENTABILIDAD 10
3.2. AGROECOLOGÍA Y AGRICULTURA SUSTENTABLE 15
3.2.1. AGROECOSISTEMAS 16
4. JUSTIFICACIÓN 20
5. OBJETIVOS 22
6, HIPÓTESIS 22
7. MATERIALES Y MÉTODOS 23
7.1. SITIOS DE ESTUDIO 23
7.2. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD 26
7.2.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE EVALUACIÓN 27
7.2.2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS 28
7.2.3. SELECCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD 28
7.2.3.1. INDICADORES ECOLÓGICOS/AMBIENTALES (A) 29
7.2.3.2. INDICADORES ECONÓMICOS (E) 30
7.2.3.3. INDICADORES SOCIOCULTURALES (S) 30
7.3. METODOLOGÍA DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD 31
7.3.1. PRODUCCIÓN DE CULTIVOS PRINCIPALES 31
7.3.2. PRECIOS DE VENTA DE LA PRODUCCIÓN POR AÑO 31
7.3.3. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (B/C) 32
7.3.4 RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES 32
7.3.5. NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES EN EL SISTEMA 32
7.3.6. NÚMERO DE FUENTES DE INGRESOS 33
7.3.7. NÚMERO DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR GÉNERO 33
7.3.8. NÚMERO DE JÓVENES CON INTERÉS POR EL CAMPO 33
7.3.9. CANTIDAD DE INSUMOS EXTERNOS 33
7.3.10. NÚMERO DE JORNALES EXTERNOS 34

8. RESULTADOS 35

8.1 CERRO CAMARÓN, SAN PEDRO IXCATLÁN, OAXACA 35
8.1.1 CARACERIZACIÓN DE INDICADORES Y OBTENCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS 35
8.1.1.1. Contexto biofísico 35
8.1.1.2. Contexto agroecológico 36
8.1.1.3. Componentes generales del sistema 36
8.1.1.4. Identificación de puntos críticos (riesgos y fortalezas) en los atributos de sustentabilidad 42
8.1.1.5. Selección de indicadores de sustentabilidad 43

8.1.2 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD 44
8.1.2.1. Producción y precios de cultivos principales 44
8.1.2.2. Relación beneficio-costo (b/c) 45
8.1.2.3. Riqueza, diversidad y dominancia 45
8.1.2.4. Fuentes de ingreso 46
8.1.2.5. Actividades realizadas por género 46
8.1.2.6. Número de jóvenes con interés por el campo 47

8.1.3. Discusión: Cerro Camarón *47*

8.2 NUEVO OJITAL 49
8.2.1 CARACERIZACIÓN DE INDICADORES Y OBTENCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS. 49
8.2.1.1. Contexto biofísico *49*
8.2.1.2. Contexto Agroecológico *49*
8.2.1.3. Componentes generales del sistema *50*
8.2.1.4. Identificación de puntos críticos (riesgos y fortalezas) en los atributos de sustentabilidad *56*
8.2.1.5. Selección de indicadores de sustentabilidad *57*

8.2.2 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD *59*
8.2.2.1.Producción y precios de cultivos principales *59*
8.2.2.2. Relación beneficio-costo (b/c) *59*
8.2.2.3. Riqueza, diversidad y dominancia *60*
8.2.2.4. Fuentes de ingreso *61*
8.2.2.5. Número de actividades realizadas por género *61*
8.2.2.6. Actividades realizadas por género *61*
8.2.2.7. Número de jóvenes con interés por el campo *62*

8.2.3. Discusión: Nuevo Ojital *62*
DISCUSIÓN GENERAL 64
CONCLUSIONES 75

LITERATURA CITADA 76

ANEXOS 80
ANEXO 1: PREGUNTAS GUÍA PARA PUNTOS CRÍTICOS 80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características ambientales de los dos SAFT, Papantla (Veracruz) y San Pedro (Oaxaca)..... 24
Cuadro 2. Estructura arbórea del dosel de los dos SAFT..... 25
Cuadro 3. Áreas de evaluación del agroecosistema 29
Cuadro 4. Componentes y subcomponentes del SAFT de Cerro Camarón 38
Cuadro 5. Subsistema biocultural del sistema agroforestal, San Pedro Ixcatlán.. 39
Cuadro 6. Subsistemas socioeconómicos, San Pedro Ixcatlán..... 41
Cuadro 7. Puntos críticos encontrados en función de los atributos de sustentabilidad, de Cerro Camarón..... 42
Cuadro 8. Indicadores y métodos de evaluación, para el SAFT-cacao de Cerro Camarón..... 43
Cuadro 9. Producción anual y precios de los principales cultivos del SAFT_cacao en Cerro Camarón, Oaxaca. 44
Cuadro 10. Componentes y subcomponentes del SAFT-cacao-vainilla, Nuevo Ojital. 52
Cuadro 11. Subsistema biocultural del sistema agroforestal, Nuevo Ojital, Veracruz. 54
Cuadro 12. Subsistemas socioeconómicos, Nuevo Ojital, Veracruz. 55
Cuadro 13, Puntos críticos encontrados para el SAFT de Nuevo Ojital. 57
Cuadro 14. Indicadores y métodos de evaluación para el SAFT, Nuevo Ojital, Veracruz. 58
Cuadro 15. Producción anual y precios de los principales cultivos del SAFT en Nuevo Ojital. Veracruz..... 59
Cuadro 16. Saberes campesinos en el Sistema 1: Cerro Camarón 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de San Pedro Ixcatlán. 26
Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Papantla 26
Figura 3. Precipitación media anual del municipio de San Pedro Ixcatlán..... 35
Figura 4. Diagrama del sistema agroforestal, San Pedro Ixcatlán, Oaxaca..... 37
Figura 5. Familia: Infraestructura del hogar y la comunidad. 37
Figura 6. Vista general de la parcela experimental, Cerro Camarón 37
Figura 7. Vista particular de la parcela experimental, Cerro Camarón. 40
Figura 8. Vista particular de la parcela experimental, leña, cacao y vainilla. 40
Figura 9. Estratos de vegetación apreciables, Cerro Camarón, Oaxaca. 46
Figura 10. Precipitación normal anual en el municipio de Papantla. 49
Figura 11 Diagrama del SAFT, ubicado en Nuevo Ojital, Papantla, Veracruz. 51
Figura 12 . Especies encontradas en la parcela experimental de Nuevo Ojital. ... 51
Figura 13. Vainilla cultivada en tutores de árboles nativos. 52
Figura 14. Diferentes aspectos del cultivo, Nuevo Ojital, Veracruz. 55
Figura 15 . Estratos de vegetación apreciables en la parcela de Nuevo Ojital. 61

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente no existe un consenso universal sobre la definición del concepto "sustentabilidad", una de las primeras fue dada en 1987 por las Naciones Unidas, definiendo al desarrollo sustentable como: "aquel que permite cubrir las necesidades presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras". Hasta la fecha continúa la discusión en el ámbito académico sobre que término era mejor utilizar, si "sostenible" o "sustentable", pero en el sentido semántico y la práctica pueden ser considerados sinónimos actualmente, ya que cumplen con el mismo objetivo principal (Masera *et al.,* 2000; Cortes y Peña, 2015).

Una de las definiciones más recientes, menciona que la sustentabilidad implica el manejo de los recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos para alcanzar una mejor calidad de vida en la población; a la vez que se procura que los patrones de consumo no afecten el bienestar de las generaciones futuras, buscando un equilibrio entre la dimensión social, económica y ambiental (Altieri *et al*., 2012). Al hablar de sustentabilidad nos referimos a un "metaconcepto" (al igual que la justicia o la libertad) que puede tener muchas perspectivas válidas para su definición y análisis (Astier *et al*., 2008; Cortes y Peña, 2015). Su definición depende del contexto en que se utilice y en ocasiones de los fines de quienes lo ocupan (científicos, empresarios, organizaciones, políticos, etc.) (Masera *et al.*, 2000). Muchas de estas definiciones concuerdan en que tiene una base ecológica fundamental, de donde se derivan la bases económica y social (Del Amo *et al.*, 2010).

Así pues, para la Agroecología, los sistemas agrícolas son considerados sustentables si cumplen criterios como: mantener una producción estable, mínimo impacto al medio ambiente, conservación de la biodiversidad, resiliencia y autogestión (Gliessman, 2002). Se tienen que establecer programas de manejo

agroecológico para optimizar las capacidades productivas del sistema y mantenerse a largo plazo (Masera *et al.*, 2000; Altieri *et al*., 2012).

El reto actual de las comunidades campesinas de nuestro país, en un contexto sustentable, es equilibrar los aspectos económicos de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras y forestales, con los aspectos sociales y ecológicos (Toledo y Barrera, 2008). No solo se trata de producir mejores alimentos y otros bienes de uso, consumo y comercialización, para satisfacer las necesidades y demandas locales regionales y globales, de una población en crecimiento; sino también, al mismo tiempo, incrementar el bienestar, la calidad de vida y condiciones de salud de las comunidades rurales, además de rescatar, restaurar y rehabilitar las bases sociales y ecológicas de la productividad, los recursos y la memoria biocultural (Del Amo *et al*., 2010).

El nivel de sustentabilidad de un agroecosistema dependerá de que tan eficiente sea el aprovechamiento de su energía y los recursos, de la conservación de su suelo y de la integración y preservación de su diversidad estructural y funcional (Masera *et al.*, 2000). Depende también de la participación y cooperación de la sociedad involucrada, de la autogestión, la equidad y la pluralidad cultural (Altieri *et al*., 2012). En este sentido, y dada la complejidad de factores que intervienen en el ámbito de la sustentabilidad, a nivel mundial se han desarrollado una serie de propuestas metodológicas para su análisis y evaluación; siendo el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), una de las herramientas más utilizadas por su versatilidad y pertinencia (Masera *et al.*, 2000; Altieri *et al*., 2012).

De esta forma en el presente trabajo, se evalúa la sustentabilidad en dos sitios de forma simultánea utilizando el marco MESMIS. En cada sitio se evalúan los efectos del establecimiento de parcelas experimentales de cacao, en sistemas agroforestales tradicionales (SAFT) enriquecidos con cuatro cultivares de cacao; comparando al subsistema cacao a lo largo del tiempo a partir de su establecimiento

y tomando como referencia al mismo SAFT. Los sitios de estudio se encuentran ubicados en parcelas experimentales en los estados de Veracruz y Oaxaca.

2. ANTECEDENTES

En los últimos años, uno de los grandes problemas al tratar de evaluar la sustentabilidad, ha sido intentar sacarla del plano conceptual y llevarla al plano operativo (entiéndase como práctico o funcional, que pueda medirse, analizarse, mejorarse, etc.); debido entre otras cosas, a la pluralidad de perspectivas, la falta de acuerdos y al uso indiscriminado del concepto con diversos fines (Masera *et al.,* 2000). Las estrategias para la evaluación de la sustentabilidad se pueden clasificar en tres grupos: Las listas de indicadores, las metodologías basadas en índices y los marcos de evaluación (Astier *et al.,* 2008).

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diferentes Marcos de Evaluación de la Sustentabilidad (MES); estos han planteado una estructura jerárquica en la que al principio proponen diversos atributos básicos y al final plantean indicadores (Astier *et al.,* 2008). Cada uno con sus propias aproximaciones teóricas, dimensiones, atributos y metodologías para generar indicadores, como lo son: del Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA; 1993), Marco para la Evaluación del Manejo Sustentable de Tierras (FESLM en inglés; 1994), Mapeo Analítico Reflexivo y Participativo de la Sustentabilidad (MARPS; 1997), del Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR;1999), entre otros. En este contexto, el MESMIS recopila las experiencias de los marcos anteriores, integrando las tres dimensiones de la sustentabilidad y motivando el desarrollo de indicadores, a partir de un diagnóstico particular (Astier *et al.,* 2008).

Este trabajo forma parte del proyecto denominado "*Rescate Biocultural de Sistemas Agroforestales con Especies de Alto Valor Ecológico, Económico y Social*", el cual surge de la colaboración entre el Cuerpo Académico de Manejo y Conservación

Recursos Bioculturales de la Universidad Veracruzana (UV-CA-263) y diferentes grupos de productores en los estados de Veracruz y Oaxaca; al que además se ha sumado el Plan Cacao Nestlé de México, y algunas otras instituciones públicas como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el Instituto Tecnológico de Tuxtepec (ITTUX) y el Instituto tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG). Dicho proyecto inició actividades en Noviembre de 2012, bajo el objetivo de promover opciones de desarrollo sustentable para los agricultores del trópico mexicano, enfocándose en la diversificación y el manejo agroecológico de SAFT, en particular con los cultivos de cacao y vainilla (Del Amo *et al.*, 2013).

Como parte de este, se establecieron dos parcelas experimentales dentro de SAFT, en los estados de Veracruz y Oaxaca; estas fueron enriquecidas con cuatro cultivares de cacao y se establecieron programas de manejo agroecológico en forma participativa con los agricultores dueños de las parcelas (Del Amo *et al*., 2012). Aunado a esto, se han realizado diversos trabajos de investigación relacionados con la caracterización agroecológica, climática, socioeconómica y sociocultural, en torno a los medios de vida sostenibles de los hogares (García-Arellano, 2016; Ochoa-Meza, 2016; Romero-Hernández, 2016; Vega-Bermúdez, 2016).

3. MARCO TEÓRICO

3.1. DESARROLLO SUSTENTABLE Y SUSTENTABILIDAD

La sustentabilidad y el desarrollo sustentable son conceptos ambiguos, han tenido varias interpretaciones en su concepto y varios usos a lo largo de los últimos años, dependiendo siempre del sector que la utiliza, pero se pueden distinguir sus características básicas, desde el punto de vista sistémico (Jiménez, 2002). El estado de un sistema depende de las variables que adoptan sus componentes durante un tiempo determinado, dependiendo en gran medida también de sus insumos y del ambiente (Gallopin, 2003).

De esta forma, "Sustentabilidad" implica un conjunto de valores, mientras que "Desarrollo Sustentable" implica la satisfacción de necesidades basándose en esos valores, adaptándose y cambiando en el tiempo (Gallopin, 2003). De esta forma, resulta indispensable diferenciar entre las necesidades reales y los objetivos de una sociedad, que pueden no ser siempre los mismos (Jiménez, 2002).

A este respecto, son diversos los puntos de vista que existen que se han manifestado (Gallopin, 2003). En los extremos se ubican quienes solo les interesan el sistema socioeconómico; o bien, los que solo dan importancia al sistema ecológico (Foladori y Tomasino, 2005). Los primeros pueden llegar a creer que solo el sistema social u económico es importante y ven a la naturaleza como mera proveedora de recursos, la cual se puede sustituir; lo cual resulta en una posición muy antropocéntrica, misma que se ha denominado "sustentabilidad débil" (Gallopin, 2003).

En contraparte, quienes anteponen el componente natural desplazando de importancia al componente humano, plantean un punto de vista meramente bio-céntrico, o de "sustentabilidad muy fuerte". También hay puntos medios que consideran ambas partes como un todo, llamado sistema socio-ecológico; ya que

ambas partes se encuentran fuertemente unidas a varias escalas, a esto se le considera como “sustentabilidad fuerte” (Gallopin, 2003).

Otras concepciones extremas, como el caso de los “cornucopianos”, restan importancia a los problemas ambientales, defendiendo la idea de que todo se resuelve por la vía del mercado (Foladori y Tomasino, 2005). Algunos grupos simpatizantes de estas ideologías, intentan adaptar el capitalismo a los problemas ambientales. Estos conceptos no contemplan al humano como parte del ambiente, si no como algo externo (Foladori y Tomasino, 2005).

Para Foladori y Tomasino (2005), consideran que hay varias “sustentabilidades parciales” y normalmente se decantan por alguna corriente, priorizando lo ecológico o lo social. En cuanto a la “sustentabilidad ecológica”, esta aborda problemas de contaminación, pérdida de biodiversidad, consumo de recursos, etc., de manera puramente técnica; mientras que para la “sustentabilidad social”, aborda problemas como la pobreza y el incremento poblacional, contemplando que los problemas ecológicos pueden tener causas sociales, y viceversa (Gallopin, 2003).

En ambas corrientes no hay un enfoque puramente social, sino que toman como vínculo a la sociedad para abordar los temas ecológicos; ambos observan las relaciones de forma técnica (a su manera), además de que no toman en cuenta los problemas intrínsecos de la misma sociedad cuando no repercuten directamente sobre el ambiente (Foladori y Tomasino, 2005).

Sin embargo, el concepto de sustentabilidad posee intrínsecamente a las tres dimensiones principales (ecológica, económica y social); así como las interacciones derivadas de las mismas. Por lo tanto, resulta incorrecto tratar de separarla en sustentabilidades que sean solo “ecológica” o “social”, si bien está muy extendido el uso de estos términos “parciales” en la literatura, al extraer de la ecuación cualquiera de las tres dimensiones, deja de ser algo sustentable (Astier *et al.,* 2008; Cortes y Peña, 2015).

Se considera entonces que un sistema es “sustentable”, cuando su productividad no se ve disminuida con el paso del tiempo; esto dependerá en cada sitio, de quien lo interprete y de los fines que se persigan (Masera *et al.,* 2000). Hay algunos atributos básicos que deben cumplir los sistemas socio-ecológicos para considerarse sustentables, según Gallopin (2003) son: disponibilidad de recursos, adaptabilidad y flexibilidad, homeostasis general, capacidad de respuesta, autodependencia y empoderamiento (humano). Según Masera *et al.* (2000), en el caso del agroecosistema son: productividad, estabilidad, confiabilidad y resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión. El concepto resulta complejo, ya que se debe cumplir con varios objetivos a la vez: productivos, ecológicos, socioculturales económicos y temporales (Sarandón y Flores, 2009).

De esta forma, la “Sustentabilidad” no puede ser considerada un sinónimo del “desarrollo sustentable”, siendo que este último implica cambios graduales con cierta dirección, anteponiendo como requisitos: eliminar la rigidez y los obstáculos, identificar y proteger el conocimiento acumulado, sostener las bases sociales y naturales de renovación y aumentar su capacidad de renovación perdida, estimular la experimentación y la creatividad social (Gallopin, 2003; Cortés y Peña, 2015).

Si una de las acepciones al término “sustentabilidad” implica: “mantener a lo largo del tiempo”; al hablar de “desarrollo sustentable”, nos referimos entonces al estado que se desea mantener. Para ello el desarrollo sustentable cuenta con algunos elementos básicos (Jiménez, 2002; Gallopin, 2003; Cortes y Peña, 2015):

A. Bases éticas: justicia inter e intra-generacional y la preservación de la biodiversidad.
B. Dinamismo: contar con un equilibrio dinámico y no uno estático, conociendo los cambios sociales, económicos y ecológicos.
C. Concepto: este depende mayormente del enfoque e interés que se tenga: social, económico o ecológico.

D. Implementación: su aplicación debe ser con un enfoque sistémico y multidisciplinario, evaluado mediante indicadores, y vincular esos indicadores con metas alcanzables, que idealmente deberían ser específicas para cada región.

Además de esto, es importante considerar que existen diferentes rutas para avanzar hacia el desarrollo, pero no todas son resilientes ni duraderas a largo plazo (Cortes y Peña, 2015). El desarrollo no es sinónimo de crecimiento, si no sobre mejorar la calidad de vida de las personas satisfaciendo sus necesidades (materiales e inmateriales), cuando no mejora la calidad de vida y no crece la economía, se trata de un "no desarrollo", cuando crece pero la calidad no mejora, es un "desarrollo viciado", el crecimiento no es ilimitado (Gallopin, 2003). Se entiende entonces al desarrollo sustentable, como aquel que va del "no-desarrollo" al desarrollo con crecimiento económico material, para pasar a desarrollarse sin necesidad de tener crecimiento económico y demográfico, implica el uso de los recursos (naturales, humanos, tecnológicos, etc.), para mejorar la calidad de vida de la población actual, que los patrones de consumo no afecten a las generaciones futuras, manteniendo el equilibrio de las tres dimensiones a lo largo del tiempo (Gallopin, 2003; Cortes y Peña, 2015).

Un punto importante que se encuentra ligado al concepto de desarrollo sustentable es el de "equilibrio dinámico" entre las dimensiones ambiental y social, tanto a nivel local como global. Entiéndase este tipo de equilibrio, no como mantenerse en un estado fijo/permanente, sino como a la adaptación ante las fluctuaciones/cambios que ocurren entre los sistemas sociales, económicos y ambientales, sin agotar sus recursos (Jiménez, 2002).

La sustentabilidad debe ser integradora e incluir las interacciones entre los sistemas naturales y socioeconómicos, sus dinámicas, jerarquías y valores, tomando en cuenta que funcionan de forma distinta. Muchos aspectos de estas dimensiones, así como sus interacciones pueden no ser cuantificables, por lo que suelen

estudiarse de manera separada, perdiendo precisión. Antes de abordar sus interacciones se debe definir el contexto espacial y temporal en el que se desenvuelven y se piensan analizar, variando así el mismo grado de sustentabilidad (Masera *et al.,* 2000; Jiménez, 2002).

La in-sustentabilidad de sistemas pequeños puede llegar a afectar la sustentabilidad de los más grandes, así mismo, no se puede alcanzar un estado infinito de sustentabilidad, pero los sistemas pueden extender su tiempo de vida, los sistemas grandes pueden durar más tiempo, pero dependen de la duración y adaptación de sus componentes (Jiménez, 2002).

La resiliencia es fundamental para la existencia de la sustentabilidad, esta implica la capacidad de los sistemas de resistir perturbaciones y reponerse de ellas para mantenerse, aplicando originalmente para los sistemas ambientales y ahora también para los socioeconómicos (Jiménez, 2002; Altieri y Nicholls, 2013). Resulta práctico entender los equilibrios dinámicos como vectores, con una dirección, fuerza y velocidad, mostrando también los equilibrios y "reequilibrios" del sistema (nada es permanente), así como las condiciones mínimas para considerarse sustentable (Jiménez, 2002).

Además de conceptualizarlo, más difícil aun es llevar la sustentabilidad al plano operativo y a su aplicación en la toma de decisiones, debido a todas las diferencias ideológicas y conceptuales que existen (Jiménez, 2002). En conclusión, para hablar de sustentabilidad es obligatorio especificar el sistema en cuestión y los criterios usados; no es un estado fijo, sino la dinámica de un sistema entre cambios permanentes, el desarrollo sustentable no es una propiedad, es un proceso cualitativo de mejora y no necesariamente requiere crecimiento (Gallopin, 2003; Cortes y Peña, 2015).

3.2. AGROECOLOGÍA Y AGRICULTURA SUSTENTABLE

La agricultura sustentable es uno de los medios que existen para avanzar hacia el desarrollo sustentable, ya que se mantiene el flujo de bienes y servicios para cubrir necesidades de la población (alimenticias, sociales, económicas, culturales), haciendo un uso correcto y eficiente de los agroecosistemas de manera integral, es decir, mostrando la multifuncionalidad de la agricultura. Para poder considerarse sustentable debe ser: suficientemente productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada y aceptable socioculturalmente (Sarandón y Flores, 2014).

A su vez, la Agroecología es una ciencia híbrida y multidisciplinaria que se encarga del estudio de los procesos y la aplicación de principios y conceptos ecológicos en los agroecosistemas, además de fungir como agente de cambio socioecológico para la planeación, transformación, desarrollo y manejo de agroecosistemas sustentables. Esta considera como sustentables a los agroecosistemas cuando se cumplen los siguientes aspectos (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2002; Altieri *et al*., 2012):

- Mantener una producción estable a lo largo del tiempo.
- Ocasionar el mínimo impacto al medio ambiente.
- Procurar la conservación de la biodiversidad.
- Tener resiliencia a perturbaciones naturales y humanas.
- Estar adaptados a las diversidades ecológicas, culturales y económicas.
- Aportar suficientes ingresos para para cubrir sus necesidades económicas.
- Tener la mayor autogestión/auto organización posible.

La agricultura sustentable converge con la Agroecología ya que esta plantea la transformación de la agricultura moderna en un contexto de sistemas socioambientales complejos, donde la interdisciplina y la investigación-acción participativa plantean sustituir el paradigma de maximizar productividad,

rendimientos y beneficios económicos, por el de equilibrar la productividad con la equidad social la restauración de los recursos bioculturales (Altieri, 1999; Del Amo *et al*., 2010). Así se promueve, a mediano y largo plazo, la permanencia de los recursos base de los que depende, la satisfacción de las necesidades sociales y culturales presentes y futuras de forma económicamente viable, mejorando la calidad de vida de toda la sociedad (American Society of Agronomy, 1989).

3.2.1. AGROECOSISTEMAS

Los agroecosistemas son sistemas agrícolas en pequeñas unidades geográficas, incluyendo la interacción con las personas que lo manejan, estos son sistemas abiertos que reciben insumos del exterior. El estudio de los agroecosistemas es complejo pero necesario para el manejo sustentable, este debe hacerse desde el punto de vista sistémico, es decir, debe ser integral y holístico, tomando en cuenta que está conformado por componentes de tipo ecológico y socioeconómico, más a la suma de las interacciones entre sí (Altieri, 1999; Sarandón y Flores, 2014).

Partiendo de la Teoría General de Sistemas, el agroecosistema tiene diversos componentes (materia o energía) que interactúan y forman una unidad, que tiene entradas, salidas y límites. Los componentes biológicos del agroecosistema pueden ser: productores (plantas principalmente), consumidores (animales domésticos o silvestres), y descomponedores (microrganismo y artrópodos) (Sarandón y Flores, 2014).

En cuanto a los límites, eso depende del sistema de interés y los objetivos que se tengan, estos límites deben ser tridimensionales, incluyendo el suelo y la atmósfera. Una vez fijados los límites, se pueden identificar entradas y salidas del sistema. El agroecosistema debe producir un flujo constante de bienes y servicios y reducir las salidas no deseadas, estos sistemas pueden ser parte de otros mayores y a su vez albergar subsistemas, para estudiar agroecosistemas debe hacerse en varios niveles (componentes, parcela, región), la estructura del sistema depende del

número y tipo de componentes, no será igual un agroecosistema tropical diversificado que un monocultivo (Sarandón y Flores, 2014).

Comprender el funcionamiento del agroecosistema es el primer paso para acercarse a la sustentabilidad, si bien es solo un modelo aproximado del mismo, resulta muy útil y práctico. Al desconocer un sistema, uno puede aproximarse a conocerlo partir de las entradas y salidas (deseadas o no deseadas) del mismo y de ahí empezar a inferir el resto (Sarandón y Flores, 2014).

Existen algunos procesos básicos que comparten los ecosistemas naturales y los agroecosistemas (Sarandón y Flores, 2014):

1) *Fotosíntesis:* conversión de energía luminosa en química mediante la clorofila (Producción Primaria Bruta).
2) *Respiración:* se usa la energía fotosintética para procesos vitales (Producción Primaria Neta y Productividad Neta de la comunidad cuando se cuentan los heterótrofos), esta última determina si el sistema acumula o no energía.
3) *Ciclos biogeoquímicos:* el flujo de nutrientes a través de los componentes del sistema (agua, aire, suelo y organismos).
4) *Sucesión:* el desarrollo del agroecosistema y su tendencia hacia el cambio, tanto estructurales como en sus funciones, el agroecosistema se mantiene artificialmente en etapas juveniles muy productivas y subsidiadas.
5) *Procesos internos de regulación:* ciclos reproductivos, fases fenológicas, asignación de recursos.

Según Sarandón y Flores (2014), los agroecosistemas tienen varios atributos básicos como: 1) Productividad: generalmente de biomasa, 2) Eficiencia: relación entre las entradas y las salidas (agua, energía y nutrientes), 3) Estabilidad y Resiliencia: Capacidad de resistir los cambios y recuperarse de los mismos.

En este sentido, Altieri (1999) plantea algunos atributos básicos en cuanto a estructura y función de los agroecosistemas:

1) Son la unidad ecológica principal (para su estudio y manejo).
2) Se relaciona a través de flujos de energía y ciclaje de nutrientes entre sus componentes (bióticos y abióticos).
3) El flujo de energía depende de la cantidad de sus componentes.
4) El volumen de materia viva (total) se expresa como biomasa.
5) Tienden hacia la maduración, pero son modificados por el humano, manteniéndolos en estados juveniles muy productivos
6) La principal unidad funcional es el cultivo.
7) Los nichos en el agroecosistema solo pueden ser usados por una especie autosuficiente.
8) Cuando una población (plantas o animales) llega a sus límites debe estabilizarse para mantener el equilibrio del sistema.
9) Los cambios del ambiente generan presiones sobre una población.
10) La diversidad de especies está relacionada con el ambiente físico.
11) Cuando los cultivos están aislados, la inmigración de especies se equilibra con la extinción.

Según Altieri (1999) los agroecosistemas se clasifican, dependiendo de su clima, suelo, relaciones económicas y estructura social, en seis tipos de sistemas agrícolas: 1) sistemas de cultivo itinerante, 2) semipermanente de secano, 3) permanente de secano, 4) arables bajo riego, 5) cultivos, 6) ganado y cultivos. Pero pueden clasificarse de distintas formas y no están limitados a estas seis clases. Hay conceptos de la ecología de paisajes que pueden aplicarse a los agroecosistemas (Altieri, 1999) como:

A. Jerarquía de paisajes: significa que el paisaje funciona a distintos niveles como complejos.
B. Gradientes: es decir, áreas de transición y efectos de borde.

C. Biodiversidad: ya que las actividades humanas pueden incidir en su conservación o perturbación.
D. Meta-población: es decir, interrelaciones entre poblaciones más pequeñas.

Los agroecosistemas tienen distintos recursos: A) Recursos naturales: provienen del suelo, agua, ambiente y vegetación; B) Recursos Humanos: la gente que vive y trabaja en el sistema; C) Recursos de capital: bienes y servicios comprados, creados o prestados; D) recursos de producción: refiriéndose producción agrícola, como cultivos y ganado (Altieri, 1999).

4. JUSTIFICACIÓN

Han transcurrido varios años desde el establecimiento de las parcelas experimentales de cacao, durante ese tiempo se han realizado diversas evaluaciones preliminares y trabajos de investigación sobre algunas dimensiones del desarrollo temprano de los SAF: la relación entre el la sobrevivencia y crecimiento del cultivo de cacao con las variables ambientales del agroecosistema (García-Arellano, 2016; Romero-Hernández, 2016), sobre los medios de vida de los agricultores, su vulnerabilidad social y financiera (Vega-Bermúdez, 2016), así también un estudio del estado transgeneracional de la memoria biocultural de las familias asociadas a los SAF (Ochoa-Meza, 2016).

A la fecha, las parcelas experimentales ya están en su etapa productiva intermedia en cuanto al cultivo de cacao, por ello es importante corroborar la hipótesis del aumento del nivel de sustentabilidad del agroecosistema y de la mejora en los medios de vida familiar. Asimismo, para identificar los puntos crítios tendientes a la mejora en el manejo de los diferentes aspectos del cultivo (Jimenez y Comet, 2016). Esto justifica la realización de un estudio integrador que recopile y analice toda la información generada hasta la fecha y dar elementos para el diseño de protocolos de monitoreo y manejo adaptativo que permitan establecer lineamientos y estrategias con fines de aumentar la sosteniblidad en forma continua.

Por lo cual se decidió llevar a cabo este estudio de la sustentabilidad en sistemas agroforestales tradicionales con manejo agroecológico, la evaluación de los dos sitios se realizó simultáneamente, adaptando el marco de evaluación MESMIS para cada caso en particular, lo que permitirá establecer las bases para generar un programa de manejo general para SAFcacao con el que se puedan mejorar los indicadores que requieran aumentar su nivel de sustentabilidad.

Hay que tomar en consideración que cada uno de los índices generados con el MESMIS bajo el contexto particular del espacio geográfico, ecológico,

socioeconómico y económico del SAF (Astier *et al.,* 2008; Sarandón y Flores, 2009). Así, se requiere para cada sitio evaluar el estado actual, en función de su estado inicial, para conocer los avances y determinar los puntos críticos de la sustentabilidad, a partir de los cuales se pueda determinar la tendencia del nivel de sustentabilidad que presentan para poder establecer lineamientos y estrategias de mejora.

Por lo anterior, se decidió llevar a cabo la evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas agroforestales tradicionales (SAFT), en los estados de Veracruz y Oaxaca, México de los dos sitios por separado, pero simultáneamente, adaptando al contexto el mismo marco de evaluación MESMIS, evaluando al sistema cacao a lo largo del tiempo, esto servirá para generar un programa de manejo con el que se puedan mejorar los puntos/indicadores que resulten bajos y aumentar su nivel de sustentabilidad.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sustentabilidad de dos sistemas agroforestales tradicionales, diversificados con cacao (*Theobroma cacao* L.), en los estados de Veracruz y Oaxaca, México.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar mediante indicadores de sustentabilidad las dimensiones ecológica, económica y social, en dos SAFT diversificados con cacao.
2. Evaluar los cambios que produce la diversificación de SAFT con cacao, en las dimensiones de sustentabilidad a través de indicadores estratégicos y puntos críticos.
3. Comparar los niveles de sustentabilidad, de las dimensiones ecológica, económica y social, en los dos SAFT diversificados con cacao.

6. HIPÓTESIS

El nivel de sustentabilidad de las dimensiones ecológica, económica y social, se incrementa al diversificar los dos SAFT con cacao en los estados de Veracruz y Oaxaca**.**

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. SITIOS DE ESTUDIO

El estudio se realizó en los dos sistemas agroforestales tradicionales, SAFT, diversificados con cuatro variedades-clones de cacao. La introducción de las cuatro variedades de cacao (*Theobroma cacao* L. / Inifap_1, Inifap_8, Inifap_9 y Neocriollo), se estableció a finales del año 2012, dentro de sistemas agroforestales ya existentes. Para ello se ajustó paulatinamente y en forma particular, la sombra del dosel superior de cada SAFT, para lograr establecer una sombra del 40-60 % de cobertura (Pabello, 2019). Se estableció, mediante talleres-seminarios participativos, un plan de manejo agroecológico y cronograma de actividades particulares para cada parcela. Desde entonces han sido manejadas para cada parcela principalmente por los agricultores, siendo asesorados y monitoreados, hasta la fecha, por académicos de la Universidad Veracruzana y técnicos de Nestlé en un contexto de ´Escuelas de campo´ (Del Amo *et al*., 2012).

Estos SAFT comparten muchas características en común, como encontrarse en zonas tropicales-subtropicales debajo de los 800 msnm, tienen un clima cálido-húmedo con lluvias en verano, la vegetación natural de referencia son selvas medianas y altas perennifolias y subperennifolias. Para fines de este estudio, todas estas características deben ser consideradas, más allá de los límites físicos de cada parcela. Sus suelos tienen diferencias, pero en general tienen buen potencial para el desarrollo del cacao, profundos, con suficiente materia orgánica y con buen drenaje (Pabello, 2019; Del Amo et al., 2012; Romero-Hernández, 2016; Ochoa-Meza, 2016).

Se establecieron dos parcelas experimentales de cacao (0.5 ha) en la temporada de lluvias de 2012 dentro de cada una de las AF mencionadas anteriormente. Cuatro variedades clonales de cacao desarrolladas regionalmente: Inifap_1, Inifap_8, Inifap_9 y Neocriollo (INIFAP 2011) se sembraron aleatoriamente en líneas a 3x3 m y se aplicaron inoculantes bacterianos edáficos como biofertilizantes al momento de

la siembra (Hipólito-Romero *et al*., 2017). El manejo del cultivo consistió en desmalezado anual, poda (formación y mantenimiento), control de plagas y no se aplicó fertilizante adicional.

Estructura de dosel del sistema agroforestal.

El cuadro 1 muestra las características ambientales de los dos SAFT-cacao: Papantla (Veracruz) y San Pedro (Oaxaca). La estructura del dosel de los árboles de sombra para cada parcela experimental de AF se evaluó por composición de especies, riqueza, densidad de árboles, cobertura del dosel y estratificación vertical, siguiendo a Somarriba *et al*. (2018).

Cuadro 1. Características ambientales de los dos SAFT-cacao, Papantla (Veracruz) y San Pedro (Oaxaca).

	Sistema Agroforestal Tradicional	
Municipio	**Papantla**	**San Pedro**
Estado	Veracruz	Oaxaca
Coordenadas	20° 28' 17" N 97° 23' 32" W	18° 09' 13" N 96° 34' 55" W
Msnm	185	342
Precipitación promedio anual (mm)	1200	1274
Radiación solar promedio ($W/m^2/day$)	392	365
Temperatura promedio anual (°C)	24.2	23.7
Temperatura promedio máxima (°C)	30.9	29.7
Temperatura promedio mínima(°C)	19.9	17.9
Suelos	Cambisol, Regosol	Leptosol, luvisol

Fuente: (Thornton *et al*. 2016, Climate-data.org, 2018, Pabello, 2016).

Las especies de árboles individuales de sombra se identificaron taxonómicamente, se marcaron y se midieron la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la densidad de cobertura del dosel al comienzo de los experimentos (cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura arbórea del dosel superior y el inferior de los SAFT-cacao, especies dominantes, riqueza, alturas promedio, coberturas promedio diámetro del tronco y densidad.

	Agroforestry systems experimental plots	
Municipio	**Papantla**	**San Pedro**
Especies dominantes del dosel superior	*Swietenia macrophylla, Cedrela odorata, Mangifera indica, Acronomia mexicana, Pimienta dioica, Zuelonia guidonia.*	*Cedrela odorata, Acronomia mexicana, Trema micrantha*
Riqueza de especies del dosel superior	10	6
Altura promedio del dosel superior (m)	8.4 ± 0.4	9.4 ± 0.4
Cobertura promedio de las copas del dosel superior (m^2)	31.7 ± 2.8	31.1 ± 2.7
Diámetro promedio de los troncos del dosel superior (cm)	13.1 ± 0.4	13.3 ± 0.5
Densidad de árboles del dosel superior (árboles/ha)	257	217
Especies dominantes del dosel inferior	*Citrus sinensis, Pimienta dioica, Erythrina americana*	*Musa paradisiaca, Coffea arabica, Thebroma Cacao*
Altura promedio de especies del dosel inferior (m)	5.2	4.6

Localización de áreas de estudio

Cerro Camarón, San Pedro, Oaxaca

El primer sitio se ubica en la comunidad de Cerro Camarón, Municipio de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, con una superficie de 10 ha, coordenadas: 18° 09’ 10” N y 096° 34’ 47” O (Figura 1).

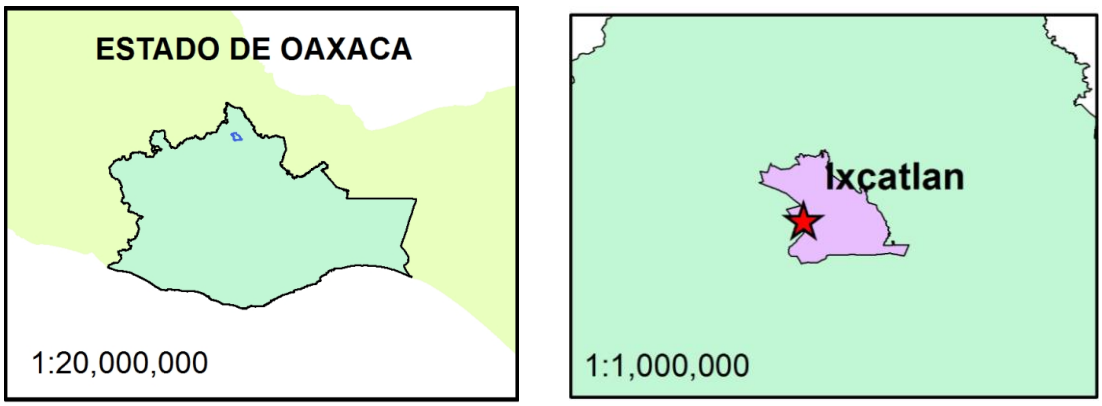


Figura 1. Ubicación geográfica de Oaxaca y el municipio de San Pedro Ixcatlán.

Nuevo Ojital, Papantla, Veracruz

El segundo sitio se ubica en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla, Veracruz, con una superficie de 3 ha, coordenadas: 20° 28’ 17” N y 097° 23´ 32” O. (Figuras 2 y 3).

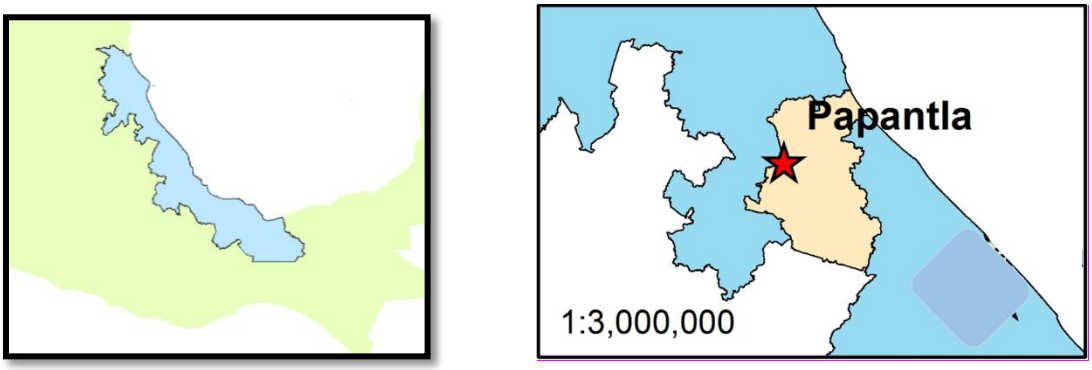


Figura 2. Ubicación geográfica del estado de Veracruz y del municipio de Papantla

7.2. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

En este contexto, el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) plantea una opción útil y completa para la evaluación del nivel de sustentabilidad de los sistemas agrícolas tradicionales y modernos, este toma como referencia las experiencias

derivadas de modelos previos que intentaban evaluar la sustentabilidad de manera práctica (Masera *et al*., 2000; Speelman, 2007).

El MESMIS plantea cinco atributos básicos para la evaluación de la sustentabilidad: 1) productividad, 2) estabilidad, resiliencia y confiabilidad, 3) adaptabilidad 4) equidad, y 5) autogestión (autodependencia). Tomando en cuenta estos atributos se debe considerar que: a) La sustentabilidad del sistema depende tanto de sus propiedades endógenas/intrínsecas como de las relaciones/vínculos con otros sistemas, b) los sistemas de manejo deben considerarse como un todo, integrando los aspectos ambientales, económicos y sociales, c) evaluando todos los atributos mencionados se puede hacer operativo el análisis de la sustentabilidad, pero no está limitado a ellos (Masera *et al.*, 2000; Astier, 2008).

Se utilizó como base para la evaluación de la sustentabilidad de estos agroecosistemas el marco metodológico MESMIS, el cual describe que, para evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas de manejo, se deben seguir los seis pasos principales:

1. Definición del objeto de evaluación.
2. Identificación de los puntos críticos.
3. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores.
4. Evaluación y monitoreo de los indicadores.
5. Integración de resultados.
6. Conclusiones y recomendaciones.

7.2.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE EVALUACIÓN

En este paso se describen los componentes que integran a los agroecosistemas evaluados: Se identificaron los principales subsistemas que lo conforman, así como del componente biofísico (factores climáticos, componentes bióticos y abióticos), así como aspectos socioculturales y económicos. Igualmente, las entradas y salidas de energía y recursos, e interacciones simples entre componentes.

Como ya se mencionó antes, el objeto de este trabajo es: Evaluar la sustentabilidad de dos sistemas agroforestales tradicionales, diversificados con cacao (*Theobroma cacao* L.), en los estados de Veracruz y Oaxaca, México. Para lograr este propósito se recurrió a tres fuentes principales:

- Revisión bibliográfica de trabajos realizados en el mismo sitio.
- Observación y medición directa del sistema.
- Entrevista a los miembros de las familias en cada sitio.

7.2.2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

Estos son los aspectos del sistema en que es más robusto (fuerte) o limitado (débil), con estos puntos se puede analizar al agroecosistema en sus tres áreas de evaluación: ecológica, económica y social. Consiste en una serie de preguntas dirigidas a identificar procesos o factores donde el sistema sea o no vulnerable. Para obtenerlos se puede utilizar de distintas herramientas metodológicas, aquí se utilizaron entrevistas (Ver Anexo 1).

Se aplicó la misma entrevista a cada uno de los jefes de familia en las parcelas en cuestión, esta consistía de un total de 30 preguntas derivadas de los cinco atributos básicos de la sustentabilidad (Masera *et al.*, 2000).

7.2.3. SELECCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Una vez establecido lo anterior, se pudo partir de los atributos básicos de sustentabilidad para guiar el análisis (Cuadro 3), después se identificaron criterios de diagnóstico para dichos atributos (Astier *et al*., 2008; Silva y Ramírez, 2017).

Cuadro 3.

Cuadro 3. Áreas de evaluación (Dimensiones) del agroecosistema y atributos básicos de sustentabilidad.

ÁREA DE EVALUACIÓN	ATRIBUTO
Ecológica (A) *Económica (E)* *Sociocultural (S)*	*Productividad*
	Estabilidad, Confiabilidad y Resiliencia
	Adaptabilidad
	Equidad
	Autogestión

Fuente: *Tomado y modificado de Masera et al. (2000); Astier et al. (2008) y Silva y Ramírez (2017).*

Por último, se definieron los indicadores de sustentabilidad que se usaron, estos están ligados a los atributos mencionados. Los indicadores son variables o herramientas que sirven para describir y monitorear un proceso en específico y dependen del problema en cuestión, revelan la variabilidad de los atributos del ecosistema, su estado actual e incluso su dinámica, pueden ser cuantitativos, cualitativos o índices (Masera *et al.*, 2000; Astier *et al*., 2008).

7.2.3.1. INDICADORES ECOLÓGICOS/AMBIENTALES (A)

Estos describen la funcionalidad del ecosistema, incluyendo su capacidad para ser productivos (biomasa), las prácticas para la conservación y manejo de los recursos (agua, suelo, biodiversidad), la reducción de la degradación, así como aspectos climáticos (Masera *et al.,* 2000). En este caso, pueden resaltarse algunos indicadores que pueden ser importantes: al tratarse de sistemas agroforestales tropicales, se espera que la biodiversidad (flora y fauna) que mantienen sea más alta que en otros, pero esta fluctúa con las perturbaciones (climáticas, humanas, etc.), estimando que el sistema, al ser más diverso, debe ser más resiliente. Además, el cultivo de cacao establecido es umbrófilo, lo que significa que requiere de un sombreado adecuado para desarrollarse, esto depende del tipo de manejo que se tenga (Somarriba, 2004; Altieri y Nicholls, 2013).

7.2.3.2. INDICADORES ECONÓMICOS (E)

Estos normalmente se centran en cálculos de la rentabilidad del agroecosistema, utilizando unidades principalmente monetarias, entre los análisis más utilizados están los de costo-beneficio, valor presente, tasas de retorno, etc. Hay algunas metodologías que solo plantean estos indicadores para tratar de determinar la sustentabilidad de un sistema, traduciendo otros aspectos a cuestiones monetarias, pero estos por si solos son insuficientes, necesitan complementarse con el ámbito socioambiental (Masera *et al*., 2000).

El MESMIS Permite generar algunos indicadores a partir de la búsqueda bibliográfica, así como determinar las tendencias en su comportamiento (Astier *et al*., 2012), Para este punto, se planea rescatar la información posible del trabajo realizado por Vega-Bermúdez (2016), quien realizó una investigación sobre “medios de vida sustentable”, que en gran parte es de carácter económico (capitales, factores de vulnerabilidad, índices de rentabilidad, etc.), realizada en Oaxaca. A partir de ahí, guiarse para plantear posibles indicadores en las otras dos parcelas, dependiendo de las condiciones en cada sitio, para finalmente complementarse.

7.2.3.3. INDICADORES SOCIOCULTURALES (S)

Estos son los que más incorporan el factor humano y sus interacciones, pero son complejos de definir, precisar e incorporar a marcos de evaluación numéricos, aunque normalmente son menos usados por esta razón, es fundamental darles la misma importancia que a los otros indicadores. Estos se pueden obtener mediante técnicas participativas (al igual que con los indicadores económicos), aplicándolas con los miembros de cada familia de agricultores, indagando sobre sus condiciones de vida, percepción del agroecosistema, labores realizadas (hogar, campo y fuera de este), educación, etnia, nivel de organización, equidad, política, etc. (Masera *et al.,* 2000). En este caso, también se intenta rescatar algo de información del trabajo

de Ochoa-Meza (2016), quien se enfocó en una investigación de carácter socio cultural en la parcela de Oaxaca, indagando sobre la conexión de las familias campesinas con la tierra, apoyándose de diferentes métodos, como la investigación-acción participativa, propuestas de etnoecólogos e incluso algunos indicadores sociales del MESMIS.

7.3. METODOLOGÍA DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Para la obtención de datos para los siguientes indicadores, se recurrió a diversas fuentes dependiendo del tipo de comparación, para el estudio longitudinal (entre el sistema actual y el pasado), se buscó a fuentes bibliográficas de trabajos en el mismo sitio de estudio.

7.3.1. PRODUCCIÓN DE CULTIVOS PRINCIPALES

En este caso, se obtuvo la información mediante la entrevista, ya que cada uno de los cultivos se cosecha en una temporada distinta y al momento de aplicarla solo se disponía del registro que lleva cada productor. Con los datos obtenidos se realizaron estimaciones de la cosecha a: Kg ha año^{-1}.

Con este indicador se obtiene también el número productos disponibles para la venta, el cual no es necesariamente igual al número de cultivos que poseen, algunos pueden destinarse para el autoconsumo, mantenerse en el sistema con otros usos (tutores por ejemplo), o estar sin aprovecharse.

7.3.2. PRECIOS DE VENTA DE LA PRODUCCIÓN POR AÑO

La fuente principal para este indicador son las fuentes oficiales que contengan los historiales del precio de venta que tuvo cada producto (de los disponibles en el agroecosistema) en la región a lo largo del periodo evaluado.

7.3.3. RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (B/C)

Esto consiste en asignarle un valor monetario a todos los costos individuales (decisiones) y a los beneficios obtenidos de dichas decisiones, se suman todos de forma individual a lo largo de un año.

$$Relación = \frac{Beneficios}{Costos}$$

El resultado obtenido es una relación monetaria que nos indica que tanto es lo que se gana por cada peso invertido, si el resultado es $1.0, significa que no hay ganancias ni pérdidas, idealmente esta relación debe superar el $1.0

7.3.4 RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Las especies arbóreas son un componente clave en los sistemas agroforestales y su presencia y diversidad añade complejidad a los procesos ecológicos. Por tanto, la diversidad de especies perennes (riqueza e igualdad) son indicadores del grado de interacciones que se dan en el sistema agroforestal.

Para determinar la abundancia relativa de la riqueza de especies, diversidad, se calculó el índice de dominancia de Simpson, D, y su inverso 1/D que evalúa la equitabilidad-diversidad (Moura, 2002; Camino y Müller, 1993; CIFOR, 1999).

$$\mathbf{D = \sum\ (n_1 / N)^2}$$

Donde:

n_1= el número de individuos por especie.

N= número total de especies.

7.3.5. NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES EN EL SISTEMA

A partir de la entrevista, se registró a los animales silvestres, mamíferos en particular, que son avistados comúnmente por los agricultores en cada uno de los agroecosistemas evaluados.

7.3.6. NÚMERO DE FUENTES DE INGRESOS

Para este indicador se registró a través de la entrevista, la cantidad de fuentes de ingreso de las cuales depende la familia campesina en cada uno de los sistemas aquí evaluados.

7.3.7. NÚMERO DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR GÉNERO

En este caso se enlistó el total de actividades realizadas para el mantenimiento del agroecosistema, después se registró si dicha actividad es realizada por un hombre, una mujer o por ambas partes. Igualmente se obtuvo a través de la entrevista. Este indicador puede complementarse obteniendo el “porcentaje de carga de trabajo” y el análisis de los roles de género.

7.3.8. NÚMERO DE JÓVENES CON INTERÉS POR EL CAMPO

Con este indicador se intenta conocer la sustentabilidad a futuro del sistema, obteniendo la cantidad de jóvenes de cada familia que tienen la intención de continuar con las actividades de mantenimiento del agroecosistema y/o que lo ven como medio de vida a futuro. Es posible calcular un porcentaje entre los que están interesados y los que no.

7.3.9. CANTIDAD DE INSUMOS EXTERNOS

Con este indicador se registraron los insumos utilizados, el tipo de insumo, la cantidad, el costo y la frecuencia de cada uno de ellos.

7.3.10. NÚMERO DE JORNALES EXTERNOS

Se registró el número de trabajadores que se contratan para realizar diversas labores en el agroecosistema, así como la frecuencia y época del año con la que se contratan y el costo de estos.

8. RESULTADOS

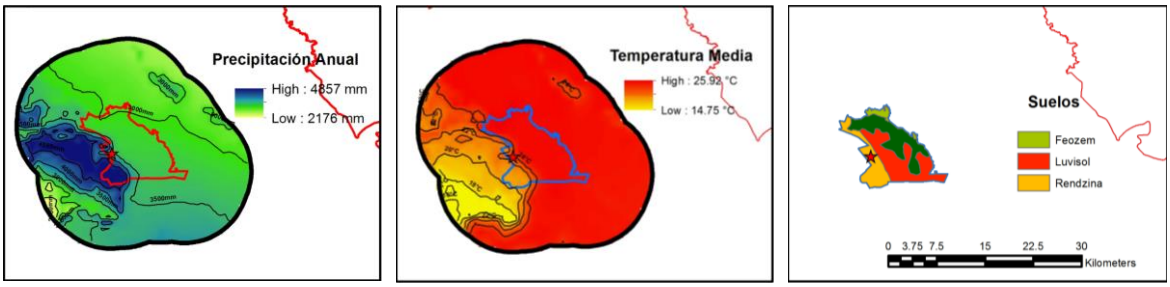
8.1 CERRO CAMARÓN, SAN PEDRO IXCATLÁN, OAXACA

8.1.1 CARACERIZACIÓN DE INDICADORES Y OBTENCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

A partir de la caracterización del SAFT-cacao, se describieron los componentes de las diferentes dimensiones y atributos de sustentabilidad, mediante el diagnóstico de fortalezas y debilidades se identificación los puntos críticos y los indicadores que permitieron evaluar el grado de sustentabilidad de los diferentes criterios y ámbitos de los sistemas y subsistemas.

Contexto biofísico

La altura sobre el nivel del mar en la parcela promedia 342 m, la precipitación anual promedio es de 1,274 mm. Con respecto a la temperatura media anual en el municipio es de 23.7 °C, esta oscila entre 18 y 30 °C, con una amplitud térmica de 12 °C. Sin embargo, al interior de la parcela experimental la variación promedio anual es menor, entre 25 y 27 °C (figura 4). Los tipos de suelo presentes en el municipio son: leptosol, luvisol y rendzinas, dependiendo de su topografía y la vegetación (SMN, 2018).



A **B** **C**

Figura 3. A) Precipitación media anual del municipio de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca. Áreas más obscuras significan mayor precipitación. B) Temperatura media anual del municipio C) Tipos de suelo en el municipio.

Contexto agroecológico

El municipio de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, cuenta con una vegetación nativa de selvas medianas subperennifolias con diferencias en su estructura y composición florística, dependiendo de la topografía de suelos y cercanía a arroyos. En las partes bajas y planas, hay mosaicos de agroecosistemas compuestos de pastizales mezclados con elementos arbóreos (palmas, cedros, robles), milpas. En las partes medias, con topografía inclinada y más pedregosos, también hay mosaicos de pastizales arborizados, milpas, acahuales y cultivos de plátano, con elementos dispersos de cacao y vainilla. Mientras que en las partes altas se encuentran los remanentes de selva mediana, con algunos cafetales con sombra de árboles útiles como cedros, zapotes y xochicuahuas.

En cuanto a fauna silvestre cuentan con por lo menos siete especies de aves, ocho de mamíferos, seis de reptiles, dos de anfibios y ocho de peces. Algunos de ellos como los mazates, tepezcuintles, armadillos y hocofaisanes son usados como alimento en forma ocasional, complementando así la dieta alimenticia. También hay animales de traspatio como gallinas, guajolotes, patos y cerdos que forman parte del patrón alimentario familiar.

Componentes generales del sistema

Los subsistemas principales que se identificaron fueron: la familia (incluyendo el solar-huerto), el SAFT (en su interior la parcela experimental con cacao), hacia el exterior se identificó el sistema de entradas (tecnología y conocimiento) y de salida los productos para la venta (figura 5, 6 y 7).

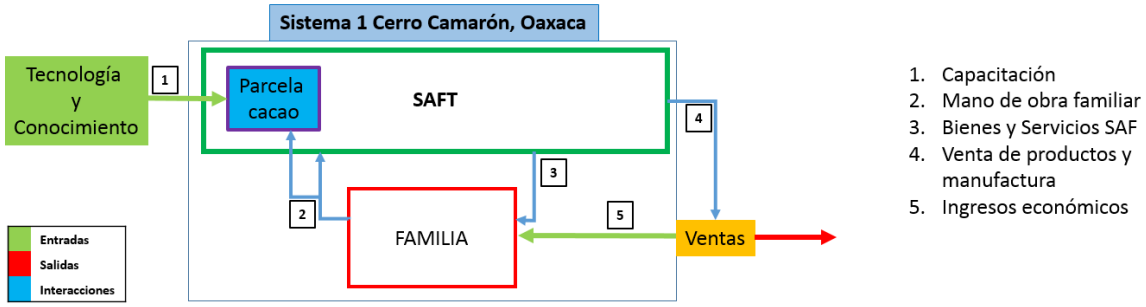


Figura 4. Diagrama de flujo del sistema agroforestal tradicional diversificado con cacao, San Pedro Ixcatlán, Oaxaca.

Figura 5. Familia: Infraestructura del hogar y la comunidad (Ramos, 2016).

Figura 6 . SAFT_cacao: Vista general de la parcela experimental, Cerro Camarón, Oaxaca (Hipólito, 2013).

Componentes específicos del sistema

Cuadro 4. Componentes y subcomponentes del SAFT-cacao de Cerro Camarón

COMPONENTES	CARACTERÍSTICA	CERRO CAMARÓN
Biofísico	Altura	312 msnm
	Clima	Tropical
	Temperatura media	22-24 °C
	Precipitación	3,500-4,000 mm
	Pendiente	Aprox. 30°
	Suelos	Redzinas, luvisoles, leptosoles
Bióticos	Especies vegetales: Árboles	Total: 13 Frutales (8*), Maderables-leña (5) *Cacao: (5 variedades)
	Especies animales: Mamíferos y aves	Total: Silvestres (mamíferos: 4) Domésticos (aves, mamíferos: 4)
Tecnología y manejo	Preparación y limpieza del suelo	Manual: Construcción de cepas y deshierbe.
	Manejo de 'madres' de cacao, Variedades de cacao (5), y vainilla	Especies de sombra: Aclareo y poda. Variedades de Cacao: vivero, injerto, trasplante, podas de formación y sanidad. Vainilla: siembra y acomodo (encause) de esquejes, polinización.
	Manejo de plagas, enfermedades y malezas	Manejo Integral de Plagas y enfermedades: Diversidad de cultivos, manejo de sombra, deshierbes, podas de sanidad, agroquímicos y biopesticidas.
	Fertilización	Cacao: biofertilizantes y compostas, Otros: materia orgánica.

	Cosecha y postcosecha	Cosecha manual escalonada de cacao (2) y vainilla (1). Secado de cacao y beneficiado de vainilla tradicional (sol).
	Manejo animal	Silvestres: cacería eventual. Domésticos: solar familiar tradicional.
	SAF: Tradicional Diversificado	Superficie total: 10 ha Parcela experimental: 0.5 ha
Socioeconómico	Tenencia de la tierra	Propia.
	Mano de obra	Familiar.
	Destino de la producción	Autoconsumo (madera, leña, frutas, verduras). Venta (tepejilote, café, plátano, madera, cacao, vainilla).
	Comercialización	Local (madera, leña, frutas, verduras). Regional (tepejilote, café, cacao, vainilla).

Dimensión biocultural-agroecológica

Cuadro 5. Subsistema biocultural del sistema agroforestal tradicional diversificado con cacao, San Pedro Ixcatlán, Oaxaca.

Subsistema interno	**Breve descripción**
Familia	Esta se compone por cuatro miembros principales y cinco elementos de la familia extensa de nietos y sobrinos, todos ellos viven en el mismo espacio familiar y trabajan en diferentes aspectos del manejo agroecológico de los diferentes agroecosistemas, de los cuales tres son hombres y dos mujeres. El huerto familiar, además de frutales y algunos árboles maderables, tiene animales de traspatio como gallinas, guajolotes, patos y cerdos que forman parte del patrón alimentario familiar. *Jefes de familia: Don Gregorio Juan, Guillermina Hernández* *Hijos: Martín Juan Hdz., Edilberta Juan Hdz.* *Nietos: Kevin, Michel, Lluvia.*

	Sobrinos: Romero Juan, Mariana Julián.
SAFT-referencia	Se cultivan diversos frutales (tepejilote, cítricos, plátano, aguacate, papaya, cacao, vainilla, etc.) bajo el dosel de árboles frutales (chicozapote, mamey, jiniculi, etc,) y maderables (cedro, caoba, trema, roble, etc.). Representa el sistema de referencia y su manejo es 'tradicional'
SAFT-cacao	Principal intervención agroecológica (sistema alternativo) realizada en el 'sistema de referencia': Se introdujeron cuatro variedades de cacao (400 plantas por variedad / ha) debajo del dosel del SAFT (se implementaron nuevas tecnologías agroecológicas (diversificación, manejo agroecológico - sombra/podas/MIPE)

Figura 7 SAFT-cacao: Vista particular de la parcela experimental, tepejilote, plátano y jengibre, Cerro Camarón, Oaxaca (Vega, 2016).

Figura 8. SAFT-cacao: Vista particular de la parcela experimental, leña, cacao y vainilla, Cerro Camarón, Oaxaca (Vega, 2016*).*

Dimensión socioeconómica y cultural

Cuadro 6. Subsistemas socioeconómicos y culturales del sistema agroforestal tradicional diversificado con cacao, San Pedro Ixcatlán, Oaxaca

Subsistemas externos	**Descripción**
1) Entradas (Tecnologías agroecológicas)	Capacitación-Asesorías: Uso de nuevas prácticas agroecológicas orientadas al cultivo del cacao: una estructura definida del dosel (para optimizar el espacio): podas, manejo de sombra, deshierbe, fertilización biológica, preparación de compostas, manejo integral de plagas y enfermedades, cosecha, etc. Manejo postcosecha del cacao: secado, tostado, molido y preparación de chocolate artesanal. Manejo postcosecha de vainilla: beneficiado tradicional.
2) Entradas (Mano de obra)	Actividades de toda la familia para el manejo de los cultivos dentro del SAFT: podas, manejo de sombra, deshierbe, fertilización biológica, composteo, manejo integral de plagas y enfermedades, cosecha, etc. Manejo postcosecha del cacao, secado, tostado, molido y preparación de chocolate artesanal. Manejo postcosecha de vainilla: beneficiado tradicional.
3) Entradas (Servicios de transporte, electricidad, agua potable, gas-leña, educación, etc.)	Los costos de transporte y electricidad y educación no fueron registrados con precisión por los integrantes de la familia. El agua potable, la leña es acarreada por los integrantes de la familia, pero no tienen un registro adecuado de la frecuencia e intensidad.
4) Entradas (herramientas, equipos, materiales, consumibles)	Herramientas de labranza, manejo del dosel, podas, etc. Materiales para biofertilización y preparación de biopesticidas, etc. Materiales de empaquetado de productos de cacao y vainilla. Equipo para secado, tostado y molido de cacao.
5) Salidas (Productos SAFT)	Se obtienen diversos productos dirigidos al autoconsumo como a la venta en mercados locales (frutales, tepejilote, café, leña, cacao, vainilla, etc.)
6) Salidas (Productos SAFT-cacao)	Además de los productos del SAFT se está produciendo alrededor de 400-600 kg cacao / ha)
7) Ingreso por ventas SAFT	El 74 % de los ingresos son debidos a la palma tepejilote, seguido del café (14%), plátano (9%), y cacao, vainilla y tablones de cedro (3%).

8) Ingreso por ventas SAFT-cacao	Productos del SAFT+ 600 kg de cacao seco que va de $50-60 en el mercado local, hasta $80-100 en el mercado regional Tuxtepec.

Identificación de puntos críticos (riesgos y fortalezas) en los atributos de sustentabilidad

Los principales factores de riesgo y puntos críticos del SAFT-cacao se presentan en el cuadro 7. La vulnerabilidad de los cultivos esta determinada por los siguientes factores: Cambios drásticos de lluvia (inundaciones-sequías), temperatura (granizo, heladas), pérdida de fertilidad de la tierra, plagas y enfermedades, precios inestables y establecidos por intermediarios.

Otro punto importante, que, aunque no se consideró riesgo, es la falta de capacitación en prácticas agroecológicas, tecnologías de valor agregado a los productos y de organización empresarial comunitaria.

Cuadro 7. Puntos críticos (fortalezas y debilidades) encontrados en función de los atributos de sustentabilidad, para las D.-dimensiones: A.-ecológica, E.-económica, y S.-social, para el SAFT_cacao de Cerro Camarón.

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO (fortaleza / debilidad)	D*
Productividad	1. Alta diversidad de cultivos y productos (f-d)	**A**
	2. Fluctuación de los precios e intermediarios (d)	**ES**
	3. Cambio climático, plagas-enfermedades (d)	**AES**
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	4. Alta diversidad de especies manejadas (f)	**A**
	5. Alta diversidad de ingresos (f)	**ES**
	6. Cambio climático, plagas-enfermedades (d)	**AES**
Adaptación	7. Prácticas y tecnologías agroecológicas (f)	**AES**
	8. Valoración conocimiento tradicional (f)	**AS**
Equidad	9. Baja participación de género (d)	**ES**
	10. Alto interés de los jóvenes en el SAFT_cacao (f)	**ES**
Autogestión	11. Alta disponibilidad de mano de obra familiar (f)	**ES**
	12. Independencia de insumos (f)	**AE**
	13. Organización familiar (f)	**ES**

Selección de indicadores de sustentabilidad

Se seleccionaron un total de 10 indicadores para evaluar la sustentabilidad, cuatro de ellos pertenecen a la dimensión ecológica, tres a la económica y tres a la social (Cuadro 8), algunos indicadores pueden presentarse en dos dimensiones a la vez.

Cuadro 8. Indicadores y métodos de evaluación en función de los atributos de sustentabilidad, para las D.-dimensiones: A.-ecológica, E.-económica, y S.-social, para el SAFT-cacao de Cerro Camarón.

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO	CRITERIO	INDICADOR	MÉTODO	D*
Productividad	Alta diversidad de cultivos	Rendimiento	Producción de cultivos principales (kg ha^{-1} año)	Entrevista, medición directa. *No. de productos disponibles para la venta*	AES
	Alta fluctuación de precios	Variación en el ingreso	Precios de venta de la producción por año ($)	Entrevista, revisión bibliográfica de la zona.	ES
		Beneficio costo	R= (B/C)	Calculo de costos y beneficios	ES
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	Alta diversidad de especies	Índices de diversidad: Especies silvestres Especies cultivadas	Índice de Diversidad de Simpson D=$\sum(n_1/N)^2$	Se requiere identificar el número de especies y de individuos por especie.	AES
		Presencia de mamíferos silvestres	Diversidad de especies silvestres en el sistema	Uso de cámaras trampa dentro de cada parcela.	AS
	Diversidad de ingresos	Diversidad de especies comerciales	Numero de fuentes de ingreso-venta	Entrevista-observación participativa	AES
Equidad	Participación de género	Participación de hombres y mujeres.	No. de actividades realizadas (Hombres, Mujeres, Ambos)	Entrevista-observación participativa	ES

	Interés de la juventud	Relevo inter-generacional	No de jóvenes con interés por el campo	Entrevista-observación participativa	ES
Auto gestión	Mano de obra familiar	Independencia de mano de obra externa	No de jornales (trabajo) donde participa la familia	Entrevista-observación participativa	ES

*__D__= Dimensión de la sustentabilidad a la que pertenece: **A**: Ecológica **E**: Económica, **S**= Social.

8.1.2 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Producción y precios de cultivos principales

Las ventas más altas corresponden a los cultivos de tepejilote (61%), café (17%), cacao (10%), juntos, el cedro, la vainilla y el plátano, representan el 12% de los ingresos. Los precios promedio que se observan en el cuadro 9, disminuyen o aumentan dependiendo de la temporada de cosecha (alta-baja) y la presencia de eventos meteorológicos, de inundaciones o sequías, así como también se considera la influencia de la oferta-demanda de los mercados locales y regionales.

Cuadro 9. Producción anual y precios de los principales cultivos del SAFT_cacao en Cerro Camarón, Oaxaca.

CULTIVO	PRODUCCIÓN PROMEDIO ANUAL / HA	PRECIO	Ganancia bruta promedio
• Cacao	• 200-400 Kg	• $50/Kg	• $15,000
• Vainilla	• 10-30 Kg	• $200-500/Kg	• $6,000
• Tepejilote	• 8 ton	• $10-15/Kg	• $88,000
• Plátano	• 1-2 ton	• $1-3/Kg	• $1,500
• Café	• 600 Kg	• $40/Kg	• $24,000
• Cedro	• 100 u.	• $100/u	• $10,000

Relación beneficio-costo (b/c)

Se obtuvo una relación Beneficio-Costo general del SAFT-cacao, para los cultivos que se venden de 1.22, lo cual se puede interpretar como un sistema rentable, ya que, por cada peso de costo, se obtienen 0.22 centavos de ganancias-rentabilidad (Vega, 2016).

Sin embargo, en la retroalimentación con algunos miembros de la familia, se reflexionó sobre la relación entre 'beneficios' y 'rentabilidad-real', que debe considerar si las 'ganancias' obtenidas en todo el sistema, permiten satisfacer las necesidades básicas de la familia. Este aspecto de caracterización de las necesidades básicas familiares, quedó fuera del esquema original de la investigación y deberá ser tomada en cuenta en el proceso de monitoreo de este SAFT-cacao.

Riqueza, diversidad y dominancia

Se registraron una riqueza total de 13 especies arbóreas, 6 especies de árboles en el dosel superior, con una abundancia de 217 árboles por hectárea, siendo las más abundantes, *Cedrela odorata, Acronomia mexicana*, *Theobroma cacao* y *Trema micrantha*. Su altura promedio es: 9.4 ± 0.4 m, la cobertura promedio de las copas de: 31.1 ± 2.7 m^2. El dosel inferior con una altura promedio de 4.6 m, presenta 7 especies, las más frecuentes son: *Theobroma cacao*, *Musa paradisiaca, Coffea arabica,* y *Chamaedora tepejilote*, figura 8.1.3. Con estos valores se obtuvo un Índice de Dominancia de Simpson de 0.48, con un inverso (Diversidad) de 2.08 (Pabello, 2019; Vega-Bermúdez, 2016)

Se han observado 6 especies de mamíferos silvestres que coexisten dentro del sistema agroforestal, los animales vistos con más frecuencia son: Cerete (*Dasyprocta sp.*), Ardillas (*Sciurus sp.*), Conejos (*Sylvilagus sp.*), Tejones (*Nasua sp.*), Mazates (*Mazama sp.*), y Chéjeres (*Melanerpes sp.*).

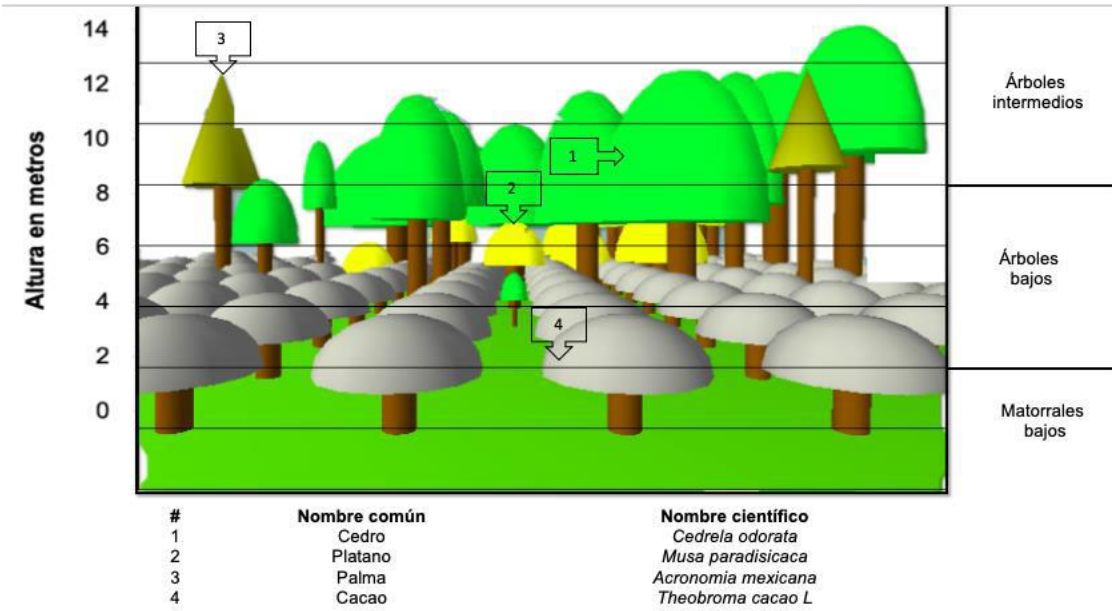


Figura 9. Estratos de vegetación apreciables en la parcela experimental de Cerro Camarón, Oaxaca (Pabello, 2019*).*

Fuentes de ingreso

En Cerro Camarón, la mayor fuente de ingresos se obtiene de las actividades agrícolas, en relación con el SAFT los principales productos para la venta son: el tepejilote, cacao, plátano, café, cedro y vainilla en verde.

Adicional a esto, con el apoyo de los académicos de la Universidad Veracruzana, se han capacitado para los procesos de dar valor agregado a parte del cacao que producen, secado, tostado, molido y elaboración de chocolate artesanal para venta local, generando un pequeño ingreso extra.

Actividades realizadas por género

En tanto al género de los miembros de las familias en los sistemas evaluados, el total de personas en el núcleo familiar de Cerro Camarón es de cinco personas, de las cuales, el 60% son hombres y el 40% mujeres. Aunque el trabajo de campo es llevado a cabo por los varones, jóvenes, adultos y adultos mayores, en algunas actividades de manejo las mujeres también colaboran, principalmente en la cosecha

de cacao y polinización de la vainilla. Las mujeres jóvenes, adultas y adultas mayores, laboran principalmente en labores domésticas, incluyendo el acarreo de leña y agua. En las actividades postcosecha del cacao para elaborar el chocolate participan tanto mujeres como hombres (secado, tostado, molido, amasado y empaquetado de las barras de chocolate).

Número de jóvenes con interés por el campo

Todos los jóvenes, mujeres y hombres, tienen interés por seguirse dedicando a las actividades propias de mantener el SAFT_cacao y continuar-escalar las actividades microempresariales de elaboración y comercialización de chocolate artesanal.

Discusión: Cerro Camarón

De acuerdo con la proyección financiera, el sistema agroforestal resulta ser una alternativa viable y rentable para el ingreso familiar; no obstante que el volumen de ventas de cada uno de los recursos bioculturales a nivel individual es bajo, se ve compensado al incorporarse ingresos de todos los productos de este. Estos ingresos se ven distribuidos a lo largo del año en consecuencia de las diferentes épocas de cosecha de estos.

El manejo del SAFT enriquecido con cacao, deriva en una mejora de los medios de vida para el hogar y la familia, impactando positivamente en los ámbitos económico y sociocultural. Otro aspecto de los ámbitos económico y sociocultural es el interés de los jóvenes en integrarse en actividades de producción, transformación y comercialización. Asimismo, en el ámbito ecológico, ha permitido la conservación-restauración de los recursos bioculturales asociados al sistema, como es el caso de la fauna silvestre. Por el lado del capital natural y el sociocultural, dirigido al aprovechamiento y restauración de los recursos bioculturales, a través de los sistemas agroforestales, genera oportunidades que se pueden ver reflejadas en el capital social y financiero.

En cuanto a otros puntos críticos, hay que retomar el aspecto de resiliencia, ya que los principales cultivos, cacao, plátano, vainilla y café, se muestran vulnerables ante el aumento de la temperatura y a las afectaciones por las lluvias y sequias, así como por plagas y enfermedades. El mantenimiento del dosel diversificado del SAFT es indispensable para mantener la resiliencia, sin embargo, debido a que responde a condiciones climáticas, se necesita que estos doseles diversificados estén distribuidos en forma significativa en el paisaje a nivel comunitario y regional.

Los capitales social, físico y financiero muestran una seria debilidad, ya que son vulnerables a factores como la falta de vías, medios de comunicación y servicios, que los expone a intermediarios depredadores; así como a los bajos precios de los mercados regionales y de sus productos cuando los venden como materia prima. La rentabilidad es una condición necesaria, más no suficiente de sostenibilidad, habiendo muchos sistemas rentables que no son sostenibles en términos agronómicos, sociales o ecológicos; y no obstante, los sistemas agroforestales más sostenibles son aquellos que combinan un producto de alto valor en el mercado tales como el café o cacao, con prácticas biofísicas sanas (Sánchez, 1995).

El trabajo del campo con la colaboración familiar representa una fortaleza de capital humano, así como los nuevos conocimiento y técnicas agroecológicas adquiridas en la capacitación de las escuelas de campo, les representan una capacidad alta de resiliencia social y económica. Por el lado del capital humano, la manera en la que está integrado el hogar puede generar estrategias para el fortalecimiento comunitario.

En general, podemos observar que el comportamiento del SAFT-cacao de cerro Camarón, refuerza la hipótesis planteada sobre la diversificación de los productos aumenta la producción total de cultivos, lo que permitió diversificar y aumentar los ingresos, generó una rentabilidad, que se pronostica será adecuada a las necesidades básicas familiares, a mediano plazo (4-5 años). De tal manera que la

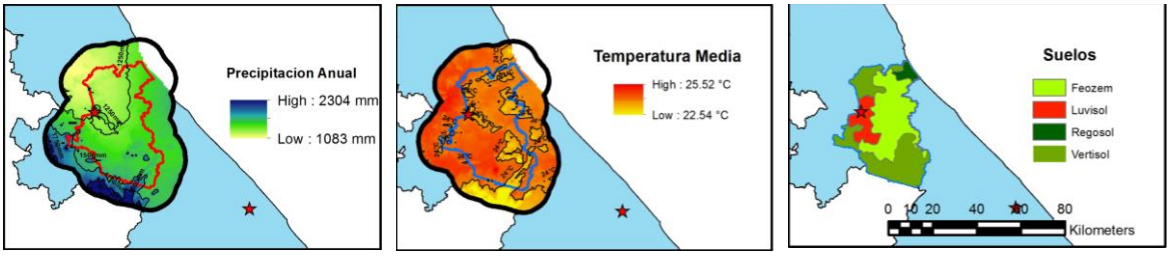
ganancia económica basada en la seguridad de la cosecha, tiene un rol crítico entre los campesinos para elegir las combinaciones multiespecies en lugar de la producción de monocultivo (Krishnamurthy y Rajagopal, 2002).

8.2 NUEVO OJITAL

8.2.1 CARACERIZACIÓN DE INDICADORES Y OBTENCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS.

Contexto biofísico

La altura sobre el nivel del mar en la parcela promedia 185 m, la precipitación anual promedio es 1,200 mm. La temperatura media anual en el municipio es de 23.7, esta oscila entre 20 y 31 °C, con una amplitud térmica de 11 °C. Sin embargo, al interior de la parcela experimental la variación promedio anual es menor, entre 25 y 27 °C (figura 8). Los tipos de suelo presentes en el municipio son: luvisoles, regosoles y cambisoles, dependiendo de su topografía y la vegetación (SMN, 2018).



A **B** **C**

Figura 10. A) Precipitación normal anual en el municipio de Papantla. B) Temperatura media anual en la zona C) Tipos de suelo en el municipio.

Contexto Agroecológico

El municipio de Papantla cuenta con una vegetación nativa de selva mediana subperenifolia, teniendo como vegetación típica al “Ojite” (*Brosium alicastrum*), chaca, pimienta, copal, palo volador. En las partes bajas y planas, hay mosaicos de

agroecosistemas compuestos de monocultivos de cítricos y caña de azúcar, también hay pastizales mezclados con elemento arbóreos (palmas, cedros, caobas, robles, etc.). En las partes medias, con topografía inclinada y más pedregosos, también hay mosaicos de cítricos, pastizales arborizados, milpas, acahuales y cultivos de plátano, con elementos dispersos de vainilla en acahuales y huertos familiares. Mientras que en las partes altas se encuentran los remanentes de selva mediana, con algunos acahuales con sombra de árboles útiles como cedros, caoba, palo volador, zapotes y mangos.

En cuanto a fauna silvestre cuentan con por lo menos ocho especies de mamíferos, los más comunes son: ardillas (*Sciurus sp*.), tlacuaches (*Didelphis sp*.), zorrillos (*Conepatus sp*.), armadillos (*Dasypus sp.)* y mapaches (*Procyon sp*.). Algunos de ellos como los tepezcuintles, armadillos y hocofaisanes son usados como alimento en forma ocasional, complementando así la dieta alimenticia. También hay animales de traspatio como gallinas, guajolotes, patos y cerdos que forman parte del patrón alimentario familiar.

Componentes generales del sistema

Los subsistemas principales que se identificaron fueron: la familia (incluyendo el solar-huerto), el SAFT (en su interior la parcela experimental con cacao), el susbsistema de ‘microempresa’ (productos de valor agregado de vainilla); hacia el exterior se identificó el sistema de entradas (tecnología y conocimiento) y de salida los productos para la venta y el de ‘tecnología-conocimiento’ enlazado a la ‘microempresa’ (figura 9).

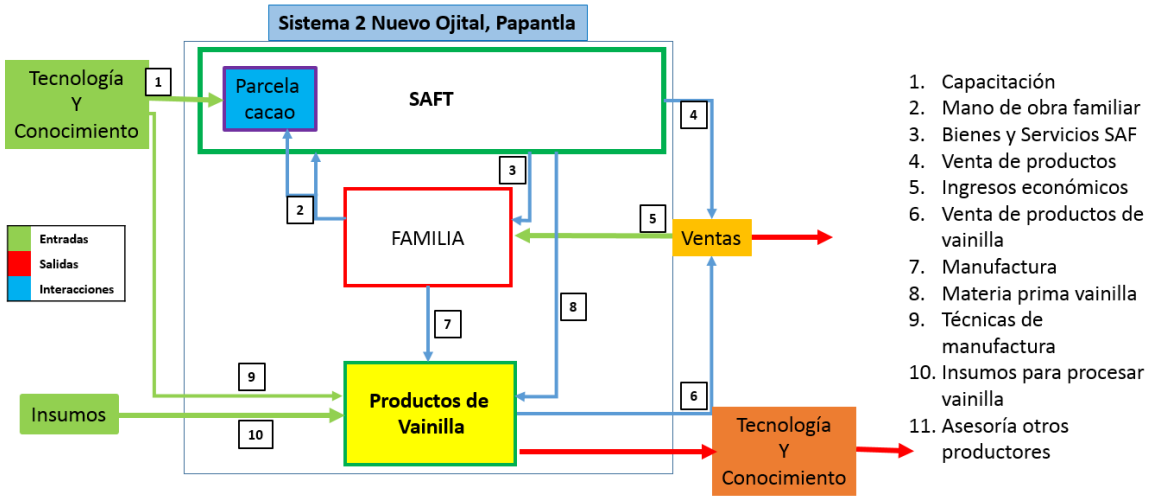


Figura 11 Diagrama del SAFT_cacao-vainilla, ubicado en Nuevo Ojital, Papantla, Veracruz.

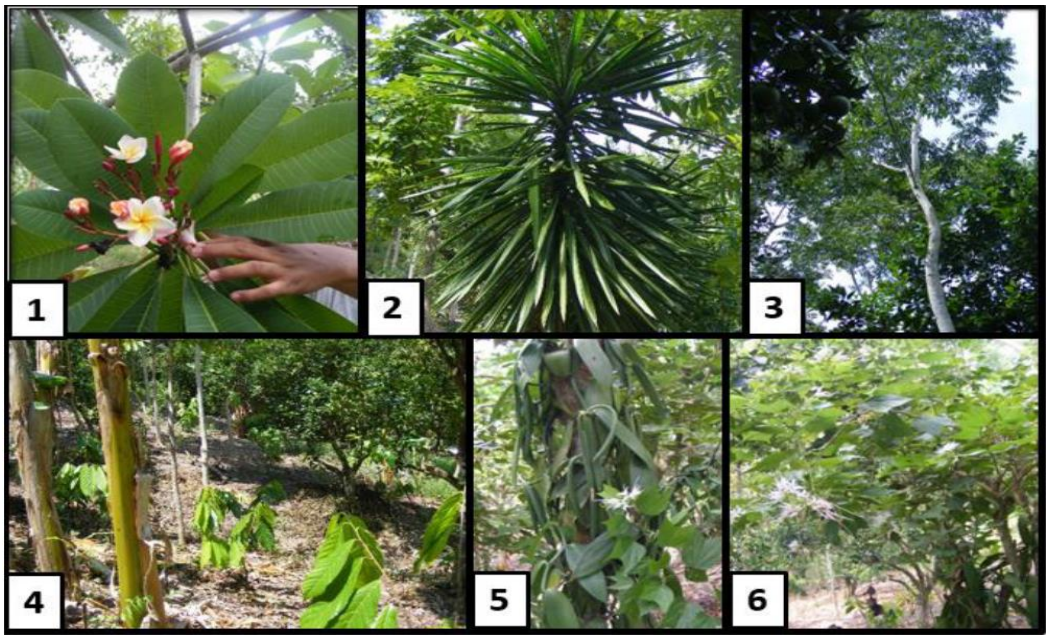


Figura 12 . *Especies encontradas en la parcela experimental de Nuevo Ojital, Papantla. 1)* Plumeria rubra*, 2)* Yucca elephantipes*, 3)* Cedrela odorata*, 4)* M. paradisiaca, T. cacao y C. sinensis*, 5)* Vanilla planifolia*, 6)* Bahuinia divaricata.

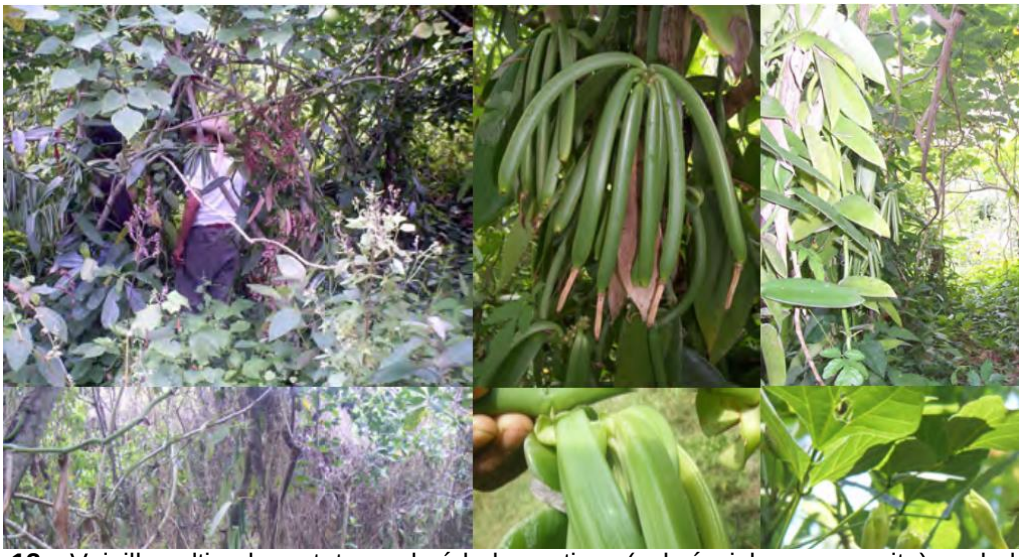


Figura 13. . Vainilla cultivada en tutores de árboles nativos (colorí, pichoco y cocuite) y arboles introducidos (naranja).

Componentes específicos del sistema

Cuadro 10. Componentes y subcomponentes del SAFT-cacao-vainilla, Nuevo Ojital.

COMPONENTES	CARACTERÍSTICA	NUEVO OJITAL
Biofísico	Altura	185 msnm
	Clima	Tropical
	T media	24 °C
	Precipitación	1,200 mm
	Pendiente	Aprox. 10-15°
	Suelos	Regosol, luvisol, cambisol
Bióticos	Especies vegetales: Árboles Herbáceas	Total: 10 Frutales (7*), Maderables-leña (3) *Cacao: (5 variedades) Vainilla y palma camedor
	Especies animales: Mamíferos y aves	Total: Silvestres (mamíferos: 5) Domésticos (aves, mamíferos: 4)

Tecnología y manejo	Preparación y limpieza del suelo	Manual: Construcción de cepas y deshierbe.
	Manejo de 'madres' de cacao, Variedades de cacao (5), y vainilla.	Especies de sombra: Aclareo y poda. Variedades de Cacao: vivero, injerto, trasplante, podas de formación y sanidad. Vainilla: siembra y acomodo (encause) de esquejes, polinización. Otras: trasplante de hijuelos y brinzales
	Manejo de plagas, enfermedades y malezas	Manejo Integral de Plagas y enfermedades: Diversidad de cultivos, manejo de sombra, deshierbes, podas de sanidad, agroquímicos y biopesticidas.
	Fertilización	Cacao: biofertilizantes y compostas, Vainilla: materia orgánica.
	Cosecha y postcosecha	Cosecha manual escalonada de cacao (2) y vainilla (1). Secado de cacao y beneficiado de vainilla tradicional (sol). Valor agregado a la vainilla: Vainilla beneficiada, extracto, licores y artesanías.
	Manejo animal	Silvestres: cacería eventual. Domésticos: solar familiar tradicional.
	SAF: Tradicional Diversificado	Superficie total: 3 ha Parcela experimental: 0.5 ha
Socioeconómico	Tenencia de la tierra	Propia: heredada y comprada
	Mano de obra	Familiar y jornales externos
	Destino de la producción	Autoconsumo (madera, leña, frutas, verduras).

		Venta (tepejilote, café, plátano, madera, cacao, vainilla).
	Comercialización	Local (madera, leña, frutas, verduras). Regional (tepejilote, café, cacao, vainilla). Nacional: Vainilla beneficiada, extracto, licores y artesanías.

Dimensión biocultural-agroecológico

Cuadro 11. Subsistema biocultural del sistema agroforestal tradicional con vainilla y diversificado con cacao, Nuevo Ojital, Veracruz.

Subsistema	Descripción
Familia	Esta se compone por cinco miembros principales, madre, padre y tres hijos, todos ellos viven en el mismo espacio familiar y trabajan en diferentes aspectos del manejo agroecológico de los diferentes agroecosistemas. El huerto familiar, además de frutales y algunos árboles maderables, tiene animales de traspatio como gallinas, guajolotes, patos y cerdos que forman parte del patrón alimentario familiar. *Jefes de familia:* *Claudia Méndez Jiménez y* *Juan Salazar García.*
SAFT_referencia	Se cultivan diversos frutales (tepejilote, cítricos, plátano, aguacate, papaya, cacao, vainilla, etc.) bajo el dosel de árboles frutales (chicozapote, mamey, jinicuil, etc.) y maderables (cedro, caoba, trema, roble, etc.). Representa el sistema de referencia y su manejo es 'tradicional'
SAFT_cacao	Principal intervención agroecológica (sistema alternativo) realizada en el 'sistema de referencia': Se introdujeron cuatro variedades de cacao (400 plantas por variedad / ha) debajo del dosel del SAFT (se implementaron nuevas tecnologías agroecológicas (diversificación, manejo agroecológico - sombra/podas/MIPE)
Microempresa: 'Vainilla El Ojital'	• Producción orgánica de vainilla en acahual. • Proceso de beneficiado tradicional. • Proceso de elaboración de extracto y licores de vainilla • Uso de las vainas de vainilla para artesanías. • Comercialización local-regional-nacional •Asesoría y capacitación a otros campesinos.

Figura 14.. Diferentes aspectos del cultivo, beneficiado y comercialización de vaina, extracto, licores y artesanías, Nuevo Ojital, Veracruz.

Dimensión socioeconómica y cultural

Cuadro 12. Subsistemas socioeconómicos y culturales del sistema agroforestal tradicional diversificado con cacao, Nuevo Ojital, Veracruz.

Subsistemas externos	**Descripción**
1) Entradas (Tecnologías agroecológicas)	Capacitación-Asesorías: Uso de nuevas prácticas agroecológicas orientadas al cultivo del cacao: una estructura definida del dosel (para optimizar el espacio): podas, manejo de sombra, deshierbe, fertilización biológica, preparación de compostas, manejo integral de plagas y enfermedades, cosecha, etc. Manejo postcosecha del cacao: secado, tostado, molido y preparación de chocolate artesanal. Manejo postcosecha de vainilla: Procedimientos para elaborar extractos y licores de vainilla. Comercialización: Asesoría y capacitación en organización empresarial comunitaria.

2) Entradas (Mano de obra)	Actividades de toda la familia para el manejo de los cultivos dentro del SAFT: podas, manejo de sombra, deshierbe, fertilización biológica, composteo, manejo integral de plagas y enfermedades, cosecha, etc. Manejo postcosecha del cacao, secado, tostado, molido y preparación de chocolate artesanal. Manejo y producción orgánica de vainilla en acahual, proceso de beneficiado tradicional, proceso de elaboración de extracto y licores de vainilla, uso de las vainas de vainilla para artesanías, comercialización local-regional-nacional.
3) Entradas (Servicios de transporte, electricidad, agua potable, gas-leña, educación, etc.)	Los costos de transporte y electricidad y educación no fueron registrados con precisión por los integrantes de la familia. El agua potable, la leña es acarreada por los integrantes de la familia, pero no tienen un registro adecuado de la frecuencia e intensidad.
4) Entradas (herramientas, equipos, materiales, consumibles)	Herramientas de labranza, manejo del dosel, podas, etc. Materiales para biofertilización y preparación de biopesticidas, etc. Materiales de empaquetado de productos de cacao y vainilla. Equipo para secado, tostado y molido de cacao. Equipo y capacitación para la elaboración de extracto y licores de vainilla. Asesoría y capacitación de académicos de la Universidad Veracruzana.
5) Salidas (Productos SAFT)	Se obtienen diversos productos dirigidos al autoconsumo como a la venta en mercados locales (frutales, tepejilote, café, leña, cacao, vainilla, etc.).
6) Salidas (Productos SAFT_cacao)	Además de los productos del SAFT se está produciendo alrededor de 200 kg cacao / ha)
7) Ingreso por ventas SAFT	La mayoría de los ingresos son debidos a los productos de la vainilla, los demás elementos son complementarios: naranja, cacao y tablones de cedro.
8) Ingreso por ventas SAFT_cacao	Productos del SAFT+ 200 kg de cacao seco que va de $50-60 en el mercado local, hasta $80 en el mercado regional de Papantla.

Identificación de puntos críticos (riesgos y fortalezas) en los atributos de sustentabilidad

Los principales factores de riesgo y puntos críticos del SAFT-cacao se presentan en el cuadro 13. La vulnerabilidad de los cultivos esta determinada por los siguientes

factores: cambios drásticos de lluvia (inundaciones-sequías), temperatura (granizo, heladas), pérdida de fertilidad de la tierra, plagas y enfermedades, precios inestables y establecidos por intermediarios.

Cuadro 13, Puntos críticos (fortalezas y debilidades) encontrados en función de los atributos de sustentabilidad, para las D.-dimensiones: A.-ecológica, E.-económica, y S.-social, para el SAFT_vainilla-cacao de Nuevo Ojital, Veracruz.

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO (fortaleza / debilidad)		D*
Productividad	14.	Alta diversidad de cultivos y productos (f-d)	**A**
	15.	Fluctuación de los precios e intermediarios (d)	**ES**
	16.	Cambio climático, plagas-enfermedades (d)	**AES**
Estabilidad, confiabilidad y resiliencia	17.	Alta diversidad de especies manejadas (f)	**A**
	18.	Alta diversidad de ingresos (f)	**ES**
	19.	Cambio climático, plagas-enfermedades (d)	**AES**
Adaptación	20.	Prácticas y tecnologías agroecológicas (f)	**AES**
	21.	Valoración conocimiento tradicional (f)	**AS**
Equidad	22.	Baja participación de género (d)	**ES**
	23.	Alto interés de los jóvenes en el SAFT_cacao (f)	**ES**
Autogestión	24.	Alta disponibilidad de mano de obra familiar (f)	**ES**
	25.	Independencia de insumos (f)	**AE**
	26.	Organización familiar (f)	**ES**

Selección de indicadores de sustentabilidad

Se seleccionaron un total de 10 indicadores para evaluar la sustentabilidad, cuatro de ellos pertenecen a la dimensión ecológica, tres a la económica y tres a la social (Cuadro 14), algunos indicadores pueden presentarse en dos dimensiones a la vez.

Cuadro 14. Indicadores y métodos de evaluación en función de los atributos de sustentabilidad, para las Dimensiones: Ecológica, Económica, y Social, para el SAFT_vainilla-cacao, Nuevo Ojital, Veracruz.

ATRIBUTO	PUNTO CRÍTICO	CRITERIO	INDICADOR	MÉTODO	D*
Producción	Alta diversidad de cultivos	Rendimiento	Producción de cultivos principales (kg ha^{-1} año)	Entrevista, medición directa. *No. de productos disponibles para la venta*	AES
	Alta fluctuación de precios	Variación en el ingreso	Precios de venta de la producción por año ($)	Entrevista, revisión bibliográfica de la zona.	ES
		Beneficio costo	R= (B/C)	Calculo de costos y beneficios	ES
Estabilidad, confiabilidad y resiliemcia	Alta diversidad de especies	Índices de diversidad: Especies silvestres Especies cultivadas Presencia de mamíferos silvestres	Índice de Diversidad de Simpson $D=\sum(n_1/N)^2$ Diversidad de especies silvestres en el sistema	Se requiere identificar el número de especies y de individuos por especie. Uso de cámaras trampa dentro de cada parcela.	AES AS
	Diversidad de ingresos	Diversidad de especies comerciales	Numero de fuentes de ingreso-venta	Entrevista-observación participativa	AES
Equidad	Participación de género	Participación de hombres y mujeres.	No. de actividades realizadas (Hombres, Mujeres, Ambos)	Entrevista-observación participativa	ES
	Interés de la juventud	Relevo inter-generacional	No de jóvenes con interés por el campo	Entrevista-observación participativa	ES
Auto gestión	Mano de obra familiar	Independencia de mano de obra externa	No de jornales (trabajo) donde participa la familia	Entrevista-observación participativa	ES

*__D__= Dimensión de la sustentabilidad a la que pertenece: **A**: Ecológica **E**: Económica, **S**= Social.

8.2.2 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Producción y precios de cultivos principales

Cuadro 15. Producción anual y precios de los principales cultivos del SAFT_vainilla-cacao en Nuevo Ojital. Veracruz.

CULTIVO	PRODUCCIÓN PROMEDIO ANUAL / HA	PRECIO	Ganancia bruta promedio
• Vainilla	• 50-100 Kg	• $500-800 Kg*	• $50,000*
• Cacao	• 200 Kg	• $50/Kg	• $10,000
• Cítricos	• 1 ton	• $5-10 /Kg	• $5,000
• Canela	• 10 kg	• $100/Kg	• $1,000
• Caoba	• 10 u	• $100/u	• $1,000
• Cedro	• 10 u.	• $100/u	• $1,000

*Precio de vaina verde (sin beneficiar)

En este SAFT se producen anualmente 50-100 Kg en verde de vainilla, los cuales se incorporan, junto con otra cantidad que se compra a los vecinos, al proceso de beneficiado tradicional. En el beneficiado se pierde 475 partes de humedad, así que, de 100 kg se obtienen 20 kg de vaina beneficiada con un valor de $5,000 a $8,000 por kg, dependiendo de la calidad y tamaño de las vainas.

Relación beneficio-costo (b/c)

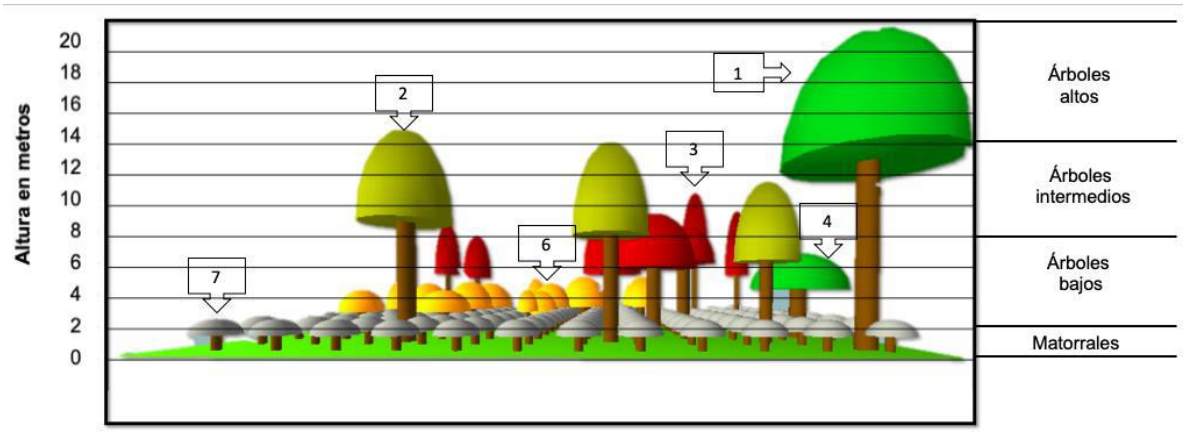
Se obtuvo una relación Beneficio-Costo, únicamente para la vainilla en verde, de 1.08, lo que muestra una viabilidad marginal (Hipólito, 2015), sin embargo, tomando en cuenta el valor agregado de los productos comercializados actualmente por la microempresa, la relación B/C llega a 2.1 (Musule, 2019, *comm. Pers*.). Valor suficientemente alto como para satisfacer las necesidades básicas y tener remanentes para mantenimiento e inversión en tecnología que haga más eficiente el proceso.

El desarrollo empresarial, la capacitación, asesorías y la transferencia de tecnología han sido una pieza clave para dar valor agregado a la cadena productiva y hacer a la microempresa más competitiva en distintos mercados, lo cual ha sido beneficioso para la familia, ya que los mantiene arraigados a su lugar de origen y les permite continuar con sus tradiciones, lo cual permite que continúen apoyado el rescate biocultural de la vainilla en la zona del Totonacapan.

Es importante mencionar que la empresa brinda capacitación a otros productores, para cultivar la vainilla, los cuales, cuando tengan el producto en verde se comprometen a venderlo a la microempresa "Vainilla el Ojital", a su vez la empresa es fuente de empleos para familias de su comunidad lo cual permite que mejoren sus medios de vida y no tengan que emigrar a la ciudad en busca de fuentes de empleo.

Riqueza, diversidad y dominancia

Se registraron una riqueza total de 17 especies arbóreas, 10 especies de árboles en el dosel superior, con una abundancia de 257 árboles por hectárea, siendo las más abundantes, caoba (*Swietenia macrophylla),* cedro rojo *(Cedrela odorata),* palo volador (*Zuelania guidonia*), mango (*Mangifera indica*), palma real (*Acronomia mexicana)* y pimienta gorda (*Pimienta* dioica). Su altura promedio es: 8.4 ± 0.4 m, la cobertura promedio de las copas de: 31.77 ± 2.8 m^2. El dosel inferior con una altura promedio de 5.2 m, presenta 7 especies, las más frecuentes son: *Theobroma cacao*, *Citrus sinensis, Musa paradisiaca, Erythrina americana, Cinnamomum verum,* y *Chamaedora tepejilote* (figura 13). El Índice de Dominancia de Simpson fue de 0.35, con un inverso (Diversidad) de 2.85.



#	Nombre común	Nombre científico
1	Mango	*Mangifera indica*
2	Cedro	*Cedrela odorata*
3	Caoba	*Swietenia macrophylla*
4	Palma	*Acronomia mexicana*
5	Pimienta	*Piper nigrum*
6	Naranja	*Citrus sinensis*
7	Cacao	*Theobroma cacao L*

Figura 15 . Estratos de vegetación apreciables en la parcela experimental de Nuevo Ojital, Mpio. de Papantla, Veracruz.

Fuentes de ingreso

La mayor fuente de ingresos se obtiene de las actividades agrícolas, en relación con el cultivo y transformación de la vainilla. La vainilla beneficiada, se selecciona en tres calidades: las de primera categoría son empaquetadas al vacío y son destinadas al mercado gourmet. Las vainas beneficiadas de menor tamaño, segunda, son utilizadas para los extractos y licores, destinadas al mercado regional y nacional, mientras que las de 'tercera, pequeñas y abiertas, son utilizadas para la elaboración de artesanías que son vendidas en la zona arqueológica del 'Tajin'.

Número de actividades realizadas por género

Actividades realizadas por género

En tanto al género de los miembros de las familias en los sistemas evaluados, para el sistema de Nuevo Ojital, cuentan con un total de cinco miembros, siendo 80% hombres y 20% mujeres Aunque el trabajo de campo es llevado a cabo por los varones, jóvenes y adultos, en algunas actividades de manejo las mujeres

(contratadas por jornales), también colaboran, principalmente en la polinización y cosecha y beneficiado de la vainilla; así como en la elaboración de extractos, licores y artesanías.

Número de jóvenes con interés por el campo

Todos los jóvenes, mujeres y hombres, tienen interés por seguirse dedicando a las actividades propias de mantener el SAFT-cacao y continuar-escalar las actividades microempresariales de elaboración y comercialización de los diferentes productos derivados de la vainilla.

Discusión: Nuevo Ojital

De acuerdo con la proyección financiera, el sistema agroforestal resulta ser una alternativa viable y rentable para el ingreso familiar. El manejo del SAFT enriquecido con cacao, deriva en una mejora relativamente marginal en los medios de vida para el hogar y la familia, impactando positivamente en los ámbitos económico y sociocultural. Otro aspecto de los ámbitos económico y sociocultural es el interés de los jóvenes en integrarse en actividades de producción, transformación y comercialización. Asimismo, en el ámbito ecológico, ha permitido la conservación-restauración de los recursos bioculturales asociados al sistema, como es el caso de la fauna silvestre.

Todos los integrantes de la familia y sus colaboradores, se encuentran comprometidos con la conservación de la vainilla en particular ya que representa a su cultura étnica, y a la consolidación de los medios de vida, mediante el éxito de la empresa rural. De acuerdo con las entrevistas realizadas, esto deriva de la unión del núcleo familiar, su interés en que los hijos no tengan que migrar y salir de su comunidad a buscar empleo y del orgullo de estar rescatando dos elementos simbólicos de la identidad cultural totonaca, la vainilla y el cacao.

Los hijos de los fundadores de la empresa rural se encuentran estudiando carreras universitarias relacionadas con las actividades que realizan en la microempresa, el desarrollo tecnológico y la organización empresarial. Poe ello, buscan expandirse para dar empleo a más personas en su comunidad y tener un impacto socioeconómico más allá de la familia y mejorar las condiciones ambientales locales, al promover los SAFT con una base económica derivada de la comercialización de la vainilla y el cacao.

Su mayor fortaleza es la familia y su identidad biocultural: el entusiasmo por mantener a sus tradiciones y a su familia unida, cuentan con una marca registrada y diferenciada, algunos clientes al reconocer su calidad la recomiendan, lo cual beneficia sus ventas.

9. DISCUSIÓN GENERAL

Diversificar un sistema agroforestal es complicado en función de las decisiones sobre los costos y beneficios de las práctica de manejo agroecológico de la o las especies a introducir, en el caso del cacao, los beneficios no son fácilmente evaluados ya que son bajos en los primeros años y varían año con año. Lo anterior depende de los árboles asociados manejados, la mezcla de productos, que hacen complejo su manejo y finalmente su comercialización (Sherr, 1991). En particular, los beneficios ambientales y sociales, son los más difíciles de evaluar, por lo que es necesario utilizar herramientas adecuadas como el MESMIS (Masera *et al*., 2000).

La sustentabilidad del sistema agroforestal depende no solo de la percepción de los productores de sus costos y beneficios, sino también de los riesgos y oportunidades que significan, en particular en la adopción de tecnologías adecuadas que permitan mejorar sus medios de vida y de esta manera ser más resilientes en términos socioeconómicos. La adopción de técnicas de manejo agroecológico, como la diversificación de SAFT con cacao (Hipólito *et al*., 2020; Del Amo *et al*., 2019), permiten mejorar la productividad del sistema en el ámbito ecológico-ambiental, sin embargo, para incidir positivamente en los ámbitos socioeconómicos y culturales, es necesario incluir aspectos de transformación de las materias primas para darles valor agregado y aspectos de desarrollo empresarial (Hipólito *et al*., 2015).

Estos aspectos fueron tomados en cuenta en los proyectos de diversificación de SAFT con cacao que fueron evaluados en este trabajo, en general podemos ver un aumento en la sostenibilidad de los tres sistemas estudiados, para algunos los ámbitos en el periodo de tiempo estudiado. Lo anterior permitió conocer los puntos críticos, fortalezas y debilidades, en los patrones de manejo del sistema, antes y después de la introducción de un nuevo elemento en el sistema. Asimismo, permitió formular alternativas de manejo apropiadas a los problemas y necesidades locales y a las condiciones ambientales de la región.

En los tres sistemas agroforestales el uso de especies maderables en el dosel superior es común, aunque no hay un esquema de manejo de estas especies dirigido a optimizar su producción y que tengan un papel significativo en el ámbito económico. Las especies más comerciales son el cedro y la caoba; sin embargo, hay una gran cantidad de especies maderables comerciales de rápido crecimiento que podrían incorporarse para mejorar los ingresos (López *et al*., 2007).

Algo similar sucede con los frutales nativos que son manejados marginalmente, entre ellos el aguacate, los zapotes, el ramón son recursos sub-aprovechados ya que actualmente tienen una buena demanda, en los mercado locales y regionales.

El cacao, después de los primero cinco años, muestra una participación en los ingresos cada vez más grande, la extensión del cultivo a otros productores permitiría tener el suficiente material para organizar procesos de transformación y valor agregado en forma comunitaria.

En cuanto a la *dimensión ecológica* de los SAFT evaluados, podemos generalizar que, si bien estos poseen características climáticas, topográficas, suelos y de estructura y composición del dosel propias (figuras 1 y 2). También poseen una estructura básica similar en cuanto a sus componentes bióticos: son sistemas agroforestales tradicionales multiestratificados heterogéneos con árboles maderables y frutales en el dosel superior, con frutales y ornamentales en el dosel inferior.

Hay una presencia notable de elementos de fauna silvestre con varias especies de mamíferos indicadores de buen estado de conservación, 6 y 8 para Cerro Camarón (CC) y Nuevo Ojital (NO), respectivamente. A partir de la diversificación de cacao, el dosel inferior se hizo más prominente en términos de diversidad, biomasa y cobertura, (figuras 7 y 10). Los valores de riqueza, son similares, 13 y 10 especies de árboles para CC y NO respectivamente. Mientras que difieren en los índices de

dominancia (D) y diversidad (1/D): D = 0.48, y 1/D = 2.08 para Cerro Camarón, y D = 0.35, y 1/D = 2.85 para Nuevo Ojital.

Cabe mencionar que mientras más cercano al "1" sea el índice obtenido, mayor será la diversidad que alberga un sitio (Salmerón-López *et al.*, 2017), en este sentido, los sistemas agroforestales mantengan su producción y a la vez alberguen una mayor diversidad de especies, serán más sustentables que otros, ya que esta biodiversidad fomenta la resiliencia del sistema (Altieri y Nicholls*,* 2013); y a su vez, los sistemas multiestratificados de cacao pueden brindar hábitat, recursos y alimento a diversas especies de animales y plantas (Guiracocha *et al.,* 2001; Valdivia *et al.,* 2016).

Lo anterior demuestra que los SAFT en Cerro Camarón y Nuevo Ojital están desarrollados bajo condiciones de preservación selectiva, tolerancia o protección de especies de interés particular para la familia, tal como muchos sistemas de manejo agroforestal a lo largo de México (Del Amo *et al.,* 2019; Moreno *et al.*, 2013). En estos sistemas se maximizan las interacciones ecológicas entre los componentes (forestales, agrícolas y sociales), y se mantiene la diversidad biocultural. Al respecto, es común la presencia de cacao y vainilla en los SAFT de las regiones tropicales húmedas, Padilla (2016), registra para Chiapas una parcela de cacao orgánico con vainilla, especies forestales en el dosel superior: *Cedrela odorata, Gliricidia sepium, Erythrina folkersii*, *Brosimum alicastrum*, *Cordia alliodora* y *Ficus cotinifolia*. En Cerró Camarón, Oaxaca, Ochoa-Meza (2016) reporta para SAFT de la zona, las mismas especies para el dosel superior y también la existencia de cultivos de cacao, vainilla, aguacate, limón, nanche, y guanábana en el dosel inferior.

En el caso de la *dimensión socioeconómica* de los sistemas en cuestión: las familias que manejan estos agroecosistemas tienen de cinco a ocho miembros, y destinan la mayor cantidad de su fuerza de trabajo a las diversas labores de mantenimiento

del agroecosistema. Solo en el sistema de Nuevo Ojital se contratan trabajadores una vez al año, durante la cosecha de vainilla en el mes de noviembre,

Las actividades económicas principales para los sistemas “Cerro Camarón” y “Nuevo Ojital” son la agricultura, siendo el tepejilote y la vainilla su mayor fuente de ingresos, respectivamente. Los dos sitios obtienen cierto beneficio derivado del cultivo del cacao con que fueron enriquecidos, representando esto una opción de desarrollo sustentable al tomar en cuenta los aspectos socioculturales de estos sistemas, es decir, la opinión, objetivos y aspiraciones de las familias que lo conforman (Sánchez *et al.*, 2020).

Los ingresos económicos que perciben, provienen de la venta de sus productos en sitios cercanos, lo producido en Cerro Camarón se vende principalmente en el pueblo de Tuxtepec, Oaxaca, en cuanto a Nuevo Ojital, sus productos se comercializan en Papantla y otros sitios.

Los productos que más se producen de este agroecosistema son cinco: tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*), plátano (*Musa paradisiaca*), vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), café (*Coffea arabica* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.), además, esta parcela cuenta con otros seis cultivos menores de los que no se lleva un registro de cosechas y se utilizan mayormente para autoconsumo, como las palmas (*Brahea sp*., *Acrocomia sp.*) y el guasmole (*Renealmia alpinia*), tal como describen también Vega-Bermúdez (2016) y Ochoa-Meza (2016) como cultivos típicos que se aprovechan en la zona.

La producción de cacao en el estado de Oaxaca para fines comerciales en general es baja, en comparación de los principales estados productores: Tabasco y Chiapas; las cifras Oaxaca se mostraban en los registros del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) hasta el año 2009 (CEDRSSA, 2020; SIAP, 2021), sin embargo, se sigue manteniendo el cultivo en baja escala destinado al

comercio local, autoconsumo y otras prácticas culturales, como es el caso de la comunidad mazateca (Vega-Bermúdez, 2016; Ochoa-Meza, 2016).

En la entrevista realizada, se reportó que esta familia posee algunos animales domésticos como aves de corral (*Gallus gallus*) y abejas meliponas, ambas orientadas al autoconsumo, tal como registró Ochoa Meza (2016) en su trabajo previo en la comunidad. Esto coincide con los reportes alrededor de 35 especies de abejas meliponas a lo largo del estado de Oaxaca, y sobre la "meliponicultura" en las comunidades locales, en la comunidad mazateca, lugar donde se encuentra el agroecosistema aquí evaluado, se obtiene de estas abejas miel, cera y polen, destinadas para alimentación, fines medicinales, entre otros (Ochoa-Meza, 2016; Arnold *et al.*, 2018).

Como es posible observar en los cuadros 4 y 10, se puede obtener la cosecha de varios cultivos en el mismo espacio, al tratarse de una parcela diversificada; al combinar las cosechas de cada cultivo, es muy posible que se obtenga una cantidad de biomasa superior a la que tendrían monocultivos separados, ya que al distribuirse espacialmente en los sistemas agroforestales, se generan más asociaciones benéficas que competencia entre las plantas, además proveer de servicios ambientales que mejoran el desarrollo de los cultivos (Cruz-Ruiz, 2009; Moreira, 2017). Si sumamos la producción registrada del agroecosistema aquí evaluado, obtenemos un rango de 8.3 a 11.3 toneladas anuales, dividido entre los cultivos de tepejilote, plátano, café, vainilla y cacao.

También se registró en el caso de Vega-Bermúdez (2016) una producción de cacao de 190 Kg anuales, lo cual contrasta con la producción registrada en el estudio actual, que es de 150 Kg anuales, si bien se desconoce la causa de esta disminución, se deben resaltar dos hechos: primero, este agroecosistema no depende de un solo cultivo, al tratarse de una parcela diversificada, como ya se mencionó, y segundo, en la entrevista con el Jefe de familia (G. Juan, comunicación personal, 11 de abril de 2019), él mencionó al final de la misma: "que su tierra le da

lo suficiente para vivir y que así no necesita buscar en otro lado", lo cual podría indicarnos que desde la perspectiva del agricultor, una disminución en uno solo de los cultivos no representa una afectación a su economía, al depender de varios cultivos, y esto a su vez se traduce en que este agroecosistema presenta cierto nivel de resiliencia a las perturbaciones, aumentando así su sustentabilidad (Altieri y Nicholls, 2013), y se infiere que continua siendo rentable (Vega-Bermúdez, 2016)

En este sistema, la principal actividad económica en la cual se sustenta la familia es la agricultura. Si bien es una sola actividad, los ingresos que de ella derivan provienen de la suma de cada uno de los cultivos en la parcela diversificada. Esta actividad coincide con los reportes de la Secretaría del Desarrollo Social y Humano de Oaxaca (SDSH, 2011) y de Flores (2011), quienes mencionan que la mayoría de la población económicamente activa de dedican a una actividad primaria, entre ellas, la agricultura en la micro región mazateca.

En cambio, contrasta con los reportes de la Secretaria de Economía (SE, 2015), que menciona como las principales actividades productivas en el estado al comercio y la construcción, esto a su vez se relaciona con la entrevista aquí realizada (2019), donde el jefe de familia menciona que en la comunidad se ha vivido el abandono gradual de las actividades del campo, buscando oportunidades laborales en la ciudad cercana, Tuxtepec.

Adicionalmente, gran parte del cacao cosechado en este agroecosistema es transformado, utilizando sus semillas para la elaboración de piezas artesanales de chocolate, que venden a $30 pesos cada una, generando así ingresos adicionales. Existe en la actualidad una demanda del chocolate artesanal en el país y en el extranjero (Sánchez *et al.*, 2020).

Los roles de género en este sistema son comunes gran parte del sector rural mexicano (INEGI, 2002) el papel que juega la mujer (que son 40 % de los miembros de la familia) es principalmente de labores domésticas (hogar, crianza, etc.) en lugar

de intervenir directamente en las labores de mantenimiento del agroecosistema, pero sí de la familia misma, este papel es fundamental para el funcionamiento de la familia, que a su vez maneja el agroecosistema,

En este caso del trabajo de Vega-Bermúdez (2016), se rescata un poco de su información sobre medios de vida sostenibles en comunidades mazatecas; realizó varios cálculos económicos, entre los que se encuentra la relación Beneficio- Costo de este mismo sistema, obtuvo una cifra de 1.22, lo que indica que este un sistema rentable, ya que por cada peso invertido obtiene 22 centavos de ganancia.

En el trabajo realizado por Ochoa-Meza (2016), se utilizó solo algunos elementos del MESMIS, en las comunidades de Acula y Cerro Camarón, tomando en cuenta el testimonio y los saberes de varias familias de ambas comunidades, permitiendo clasificarlas por criterios de sustentabilidad y haciendo un cruce de información entre ambas comunidades. Para las distintas dimensiones de sustentabilidad se contemplaron algunos saberes campesinos sobre: suelo, agua, clima y cultivos para la dimensión ecológica; trabajo, migración, ritos y vivienda para la dimensión sociocultural; mercadeo de cultivos varios en la dimensión económica (Cuadro 16).

En el caso de Nuevo Ojital, el cultivo principal es la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), adicionalmente, se mantienen los cultivares del cacao (*Theobroma cacao L.*), naranjos (*Citrus cinensis*), cedros (*Swietenya macrophylla*) y plátanos (*Musa paradisiaca*), pero de estos otros no se lleva un registro detallado.

La vainilla es el cultivo donde esta familia invierte más esfuerzo y recursos, la producción anual que registraron fue 40 Kg. Los principales productores de este cultivo en el país son Veracruz y Puebla, con 403 y 65 toneladas respectivamente, seguidos de Oaxaca y San Luis Potosí, sumando un total de 521 toneladas a nivel nacional (SIAP, 2019).

Cuadro 16. Saberes campesinos en el Sistema 1: Cerro Camarón (Ochoa Meza, 2016)

DIMENSIÓN	CRITERIO	SABERES CAMPESINOS
Ecológica	Suelo	*"Si en envenenas la tierra no te va a dar de comer, porque vivimos de la tierra, tenemos que cuidarla".* *"Los animales que comemos se alimentan de lo que da la tierra".*
	Cultivos	*"Se sembraba café, árboles frutales, plátanos, muchos cultivos no se sembraban, nacían solos, únicamente se cuidaban y aprovechaban, como el tepejilote".*
	Fauna	*"Había muchos animales, como venados y monos".*
Social	Trabajo	*"La tierra se cuidaba con el trabajo desde la madrugada".* *"No alcanza la mano de obra familiar para sembrar muchas cosas, coinciden las cosechas de café, tepejilote y cacao".*
	Alimento	*"los alimentos no se compraban, se producían y se cosechaban".*
	Ritos	*"han caído mucho las festividades, las fiestas ya no coinciden cuando hay dinero".* *"El cacao se ocupa para ofrendas a la tierra en busca de buenas cosechas o protección de los espíritus u otros seres que habitan en la montaña".*
	Bienestar	*"Para estar bien hay que tener a la familia unida, casa, comida y armonía".*
	Vivienda	*"La luz eléctrica entro hace como 20 años, ahora las casas son de material y lámina".*
Económica	Mercadeo	*"Se cultivaba café y maíz, el café va a Córdoba"* *"Desde hace unos 11 o 12 años se ha venido comercializando el tepejilote, se consumía pero se tomaba como hierba, se da silvestre, solo se cuida, se paga a 15 el Kg".* *"El tepejilote se vende en Tuxtepec, Valle Nacional y María Lombardo".*
	Cultivos	*"El tepejilote se cosecha primeramente en Cerro Camarón, en la zona".*

**Solo se mencionan los saberes campesinos mencionados por el jefe de familia Gregorio Juan y su hijo Martín, en el mismo sistema dentro de la comunidad de Cerro Camarón.*

El municipio de Papantla, Veracruz, al cual pertenece el sistema agrícola aquí evaluado, registra una producción de 219 toneladas de las 403 que aporta el estado (SIAP, 2019). La vainilla puede considerarse un recurso biocultural para México y el pueblo totonaca, pero aun presentando mayores cifras que el resto de los municipios, los agricultores que se dedican a este cultivo presentan diversas problemáticas (mercado, enfermedades, clima, etc.), cada vez son menos los que se dedican a cultivar la vainilla, y menos aun los que tienen forma de "beneficiar" la vainilla por sus propios medios, teniendo que venderla "en verde" a menor costo (Menchaca *et al.*, 2021).

En cuanto al cultivo de cacao, ha tenido algunas dificultades debido a las condiciones climáticas, como la falta de agua reciente, resultando en que el año de la entrevista no registraron la cosecha (SMN, 2019, J. Salazar, comunicación personal, 11 de abril de 2019). No obstante, si se logra resolver este problema, existen estudios como el de Espinosa-Garcia (2015) que muestran las zonas con potencial del estado de Veracruz para la producción de cacao, además del referente del sistema de Nautla, en el cual el cultivo se desarrolla con normalidad, y no se encuentra muy alejado geográficamente.

Los precios en este sitio para la vainilla fueron variables, manejan un precio de $500 a $700 pesos cuando se encontraba “en verde”, pero, este sistema cuenta con los medios suficientes para llevar a cabo el proceso de Beneficiado de las vainas de vainilla, por cada 5 Kilogramo en verde, se obtienen en promedio 1 Kg de vainas beneficiadas, lo cual incrementa su valor, hasta llegar a costar entre $5,000 y $10,000 pesos, dependiendo de su tamaño y calidad en que sea clasificada.

Actualmente, la mayoría de los agricultores en Papantla no tiene la tecnología, los medios o incluso los conocimientos correctos para beneficiar estas vainas y así darles valor agregado, viéndose en la necesidad de comerciarlas “en verde” (Menchaca *et al.*, 2021). Contar con los medios para transformar la materia prima, incrementando así su valor y haciendo que se dependa menos de los intermediarios, incrementa la autogestión del sistema agrícola, y, por ende, su nivel de sustentabilidad (Astier *et al.,* 2012). La fuente de ingreso principal en este agroecosistema es la agricultura, de esta se deriva el comercio de artesanías y productos elaborados con la vainilla beneficiada, como lo son los extractos, licores o las vainas empaquetadas.

Aunque actualmente obtienen ingresos suficientes para cubrir las necesidades familiares, dependen mucho de un solo cultivo, mientras que los otros, aun cumpliendo funciones ecológicas dentro del agroecosistema (sombra, tutores, cobertura del suelo, microclima, etc.) (Somarriba, 2002), no son aprovechados

económicamente, solo para autoconsumo familiar. Al ser casi un único cultivo de donde provienen los ingresos monetarios del agroecosistema, este hecho reduce su resiliencia ante perturbaciones externas (cambio climático, fluctuaciones de precios, enfermedades etc.), y en contraparte a los puntos anteriores, esto disminuye su sustentabilidad (Altieri y Nicholls, 2013).

Por otro lado, es comprensible que la familia prefiera enfocarse solo en ese cultivo, al cubrir sus necesidades económicas básicas por los ingresos generados y ser más práctico desde el punto de vista logístico, o bien, porque incluso pudiendo tener el interés de aprovechar más eficientemente los otros cultivos, no dispongan de suficiente mano de obra y tiempo para considerarlo como una opción viable (Hurst, 2007).

De igual manera en este contexto, al ser una fuente de ingresos la que "carga con el mayor peso" del sistema, hace que este se vuelva menos resiliente a fenómenos y cambios bruscos del exterior, como caídas de los precios, enfermedades, pérdidas por condiciones ambientales desfavorables, etc. (Altieri y Nichols, 2013).

Gutierrez-Cedillo *et al.* (2011) utilizó el marco MESMIS para evaluar la sustentabilidad de una sola finca universitaria de 720 m^2, que forma parte del Centro Universitario Temascaltepec (RUCUT), en la región subtropical del altiplano mexicano; en este caso, su estudio pertenece al nivel espacial de microcuenca, conteniendo varios subsistemas diversos (agrícola, forestal y pecuario) y evaluando un total de 14 indicadores, y teniendo como resultado un bajo nivel en el diagnóstico y los indicadores debido al sobre pastoreo, dependencia de insumos, y al inadecuado manejo de recursos naturales; pero esto les permite a su vez generar programas para incrementar la sustentabilidad del sitio.

Garcia Bonilla *et al.* (2015) quien evaluó la producción familiar en la comunidad de Piedra Parada, Veracruz. En este caso se utilizaron un total de doce indicadores derivados del MESMIS, tales como: relación beneficio/costo, acceso a tecnologías

y autosuficiencia alimentaria. Las unidades de estos indicadores fueron convertidas para obtener un porcentaje de sustentabilidad del sistema, comparable con valores óptimos obtenidos de la literatura.

Priego-Castillo *et al.* (2009) evaluó dos unidades de producción familiar con el cultivo de cacao (una orgánica y la otra comercial), en el municipio de Comalcalco, Tabasco, en dicho trabajo utilizaron métodos participativos para la obtención de 22 indicadores con el MESMIS, evaluando la disminución de la producción, los costos, la diversidad de cultivos y de mercados, el abandono de plantaciones, el empleo externo, etc. Pero en este caso, si hubo una comparación entre ambos sistemas, siendo el orgánico más sustentable que el convencional, con 67% y 47% respectivamente.

Giraldo y Valencia (2010) evaluaron tres sistemas de manejo con ayuda del MESMIS, siendo distintos los tres sistemas en cuanto al manejo: uno convencional, uno agroecológico y uno de transición, todos ellos contando con pequeñas superficies, mínima de 1.9 y máxima de 6.7 ha, este estudio incluyó un total de 12 indicadores, entre los que se puede encontrar: mano de obra, rendimiento, agrobiodiversidad, diversidad de especies animales, etc., en este caso también optaron por una comparación entre los tres agroecosistemas con distinto manejo, siendo el que tiene manejo agroecológico el más sustentable.

10. CONCLUSIONES

- Es necesario avanzar en el desarrollo de estrategias participativas de establecimiento de indicadores, que se puedan utilizar en diversas escalas y escenarios espaciales, e incorporar criterios bioculturales, territoriales, políticos, socioeconómicos, de mercados emergentes y de innovación tecnológica, para fortalecer los procesos de evaluación de sustentabilidad.

- La familia que maneja el SAFT-cacao en Nuevo Ojital, en comparación con la de Cerro Camarón, depende económicamente de una sola fuente de ingresos, la vainilla, lo que los hace más sustentables en términos socioeconómicos, pero menos resilientes a cambios ambientales climáticos.

- En los dos sistemas existe el interés de los jóvenes por continuar con las actividades de mantenimiento del agroecosistema a futuro (dedicarse al campo), lo cual favorece a la sustentabilidad, al plantear la oportunidad de que el sistema se mantenga a lo largo del tiempo, de forma intergeneracional.

- Por último, con la información generada en este estudio y la recuperada de los anteriores, es posible inferir al menos, que el nivel de sustentabilidad de los sistemas se ha mantenido estable a lo largo del periodo evaluado, además de encontrar aspectos de los agroecosistemas en cuestión que podrían abordarse para mejorar en el futuro.

LITERATURA CITADA

Altieri, A. M. y Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y Resiliencia al Cambio Climático: Principios y Consideraciones Metodológicas. *Agroecología, 8*. 7-20 pp.

Altieri, M., Koohafkan, P., y Holt-Gimenez, E. (2012). *Agricultura biodiversa: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos*, Revista Agroecología No. 7, 7-18 pp.

Altieri, M.A. (1999). "Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable", Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo, 325 pp.

Astier, M., Masera, O., Galvan-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. IMMAG IMPRESSIONS, S.L. Valencia, España. 201 pp.

Cortes, M.H.G. y Peña, R.J.I. (2015). *De la sostenibilidad a la sustentabilidad, modelo de desarrollo sustentable para la implementación de políticas y proyectos*. Revista EAN No. 78, Bogotá, 40-55 pp.

Del Amo, R.S., Ramos, P.J.M., Cerdán, C.C.M., Hipólito, R.H. (2013). *Informe semestral de avances del proyecto (octubre 2012-marzo 2013), Rescate Biocultural De Sistemas Agroforestales Con Especies De Alto Valor Ecológico, Económico Y Social*. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 32 pp.

Foladori, G. y Pierri, N. (2005). *"Capítulo 8: El enfoque técnico y el enfoque social de la sustentabiidad"*, en: *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*, UAZ, México, 22 pp.

Gallopin, G. (2003). "*Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*", CEPAL, Chile, 47 pp.

Gliessman, S. (2002). *Agroecología, Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible*, LITOCAT, Costa Rica, Sleeping Bear Press. 380 pp.

Jiménez, H.L.M. (2002). *"Sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación"*, Desarrollo Sostenible No. 800. 20 pp.

Jimenez, Ch.V.E. y Comet, W.C. (2016), "Los estudios de caso como enfoque metodológico", ACADEMO, Revista de investigación en ciencias sociales y humanidades. 11 pp.

Masera, O., Astier, M., López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y Manejo de los Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. México, 101 pp.

Mendieta-López, M. y Rocha-Molina, L.R. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. 117 pp.

Ochoa-Meza, D.F. (2016). *Conexión con la tierra y posibilidades de vida digna y sostenible en el campo*. Universidad Veracruzana, (Tesis de Maestría), Xalapa, Veracruz, 196 pp.

Romero-Hernández, E. (2016). *Evaluación ecomorfológica de cacao (Theobroma cacao L.), con la aplicación de distintas fertilizaciones, en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla, Ver.* Universidad Veracruzana, (Tesis de Licenciatura), Xalapa, Veracruz, 123 pp.

Sarandón, S. J. y Flores, C.C. (2014). "Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables", Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 467 pp.

Silva-Santamaría, L., Ramírez-Hernández, O. (2017). *Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque, Cuba.* Revista Luna Azul. Cuba.

Somarriba, E., Quesada, F., Orozco, L., Cerda, E., Villalobos, M., Orozco-Estrada, S. Astorga-Domian, C., Say-Chávez, O.D.E. y Villegas-Cáceres, R. (2011). *La Sombra del Cacao. Serie Técnica, Materiales de Extensión*, 5. Turrialba, C.R.: CATIE.

Speelman, E., López-Ridaura, S., Colomer, N.A., Astier, M. y Masera, O. (2007). *"Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies".* International Journal of Sustainable Development & World Ecology 14, 345–361 pp.

Vega-Bermúdez, R.E. (2016). Medios de vida sostenibles en torno a los recursos bioculturales de un sistema productivo tradicional: Estudio de caso de tres comunidades rurales mazatecas oaxaqueñas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 115 pp.

Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología, Teoría y práctica para una agroecología sustentable.* Editorial Pnuma. 257 pp.

Guiracocha, G., Harvey, C., Somarriba, E., Krauss, U. y Carrillo, E. (2001). Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica*. Agroforesteria en las Americas*. Vol 8, No. 30. 5 pp.

Sans, F. (2007). *La diversidad en los agroecosistemas*. Ecosistemas, Vol. 1, No 16. 7 pp.

Salmerón-Lopez, A., Gaeda-Lopez, G. y Fagilde-Espinoza, M. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. Revista Bosque, Volumen 3, No. 38. 10 pp.

Hernández-Baz, F. y Rodriguez-Vargas, D.U. (2014). *El libro rojo de la fauna del estado de Veracruz.* Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana 220 pp.

Gonzales-Christen, A. y Delfin-Alfonso, C. (2016). Los mamíferos terrestres del estado de Veracruz, *México y su protección. Riqueza y conservación de los mamíferos de México a nivel estatal*. Vol 1. 44 pp.

Rodriguez-Macedo,M. Gonzales-Chisten. A. Leon-Paniagua, L. (2014). Diversidad de los mamíferos silvestres de Misantla, Veracruz, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. No. 65. 262 pp.

Moreno-Calles, A., Toledo, V. y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación Biocultural. *Botanical Sciences* Vol. 4 No. 91. 24 pp.

.

ANEXOS

ANEXO 1: PREGUNTAS GUÍA PARA PUNTOS CRÍTICOS

Se aplicará este cuestionario a los jefes de familia responsables de cada uno de los agroecosistemas, a la vez que se grabarán los audios de la entrevista para su posterior análisis.

- **Datos Generales**

1. ¿Cuál es su nombre completo?
2. ¿De cuántos miembros se compone su familia?

Total	Hombres	Mujeres

3. ¿Qué grado de estudios tienen?
4. ¿Qué tipo de propiedad de terreno tiene?

Comprada	
Heredada	
Repartida/Asignada	
Desplazamiento	

Preguntas por atributos básicos de sustentabilidad

- **Productividad**

5. ¿Cuál es su actividad principal?

Agricultura	
Ganadería	
Manufactura (artesanía, extractos)	
Otro.	

6. ¿Qué especies son las que cultiva/tiene en su parcela?
   Lista:
7. ¿Cuál es su cultivo(s) principal (es)? (Lo que genera más ingresos, consumen más tiempo, requieren más espacio).
8. ¿Cuánto obtiene aprox. de cada cultivo? (Kg/ha/año, de ser posible precio). ¿En años pasados?
9. ¿Cuál es el área total en la que siembra?
10. ¿Cómo aprovecha actualmente el cacao? (aplica para los otros cultivos)

Venta (semilla)	
Autoconsumo	
Manufactura (chocolate)	
Otro	

- **Estabilidad, confiabilidad y resiliencia**

11. ¿Qué dificultades que enfrentan en cuanto a los diversos cultivos? ¿Cuándo ocurrieron? ¿Qué tanto los afectaron?

Cambios de clima	

Cambios precios	
Falta de mercado	
Inseguridad	
Imprevistos (enfermedad, accidente)	
Otros	

12. ¿Cuáles han sido las condiciones que han beneficiado su cultivo/condiciones de vida?
13. ¿Tienen presencia de plagas? ¿han tenido en el pasado?
14. ¿Qué tanto han variado los precios de los productos que vende? ¿de cuáles?
15. En cuanto a las otras actividades ¿Cuál le resulta más rentable?

- **Adaptabilidad**

16. ¿Que opina/le parece el cultivo de cacao? ¿Qué espera de este cultivo?
17. ¿Qué innovaciones han incluido en los últimos años? (nuevas prácticas o tecnologías) ¿Ninguna? ¿solo en el cacao?
18. ¿Cuentan con asesoría técnica para algún cultivo?
19. ¿Por cuánto tiempo han mantenido cada cultivo? ¿Quién les enseño a cultivarlo? ¿Padres, abuelos? (Conocimiento tradicional)

- **Equidad**

20. ¿Cuántos miembros de su familia se dedican al campo? ¿Cuántos a otra cosa?
21. ¿Las actividades son en su mayoría de mano de obra familiar? ¿Otro?
22. ¿Cómo se involucra la juventud en el campo? ¿les interesa continuar con las actividades agrícolas en el futuro?
23. ¿Cómo se involucran las mujeres? ¿Hogar, campo, otro?
24. ¿Su familia pertenece a alguna etnia? ¿hay muchos/pocos miembros de esa etnia en la comunidad?
25. ¿Algún miembro de su familia ha tenido que migrar?

- **Autogestión**

26. ¿Qué labores culturales (mano de obra), emplean en sus parcelas? (chapeos, podas, manejo de sombra, fertilizaciones) ¿Todas las realizan ustedes mismos?
27. ¿Utiliza mucho algún tipo de insumo? ¿de qué tipo? (fertilizante o alimento), ¿Qué tanto? (cantidad, costo y frecuencia).
28. ¿Ha platicado con otros productores sobre los cultivos que tiene? ¿Sabe que opinan? ¿Les interesan? (cacao u otros)
29. ¿Tiene contacto o pertenece a alguna organización local? ¿Cómo participa? ¿Qué aporta usted o que apoyo recibe?
30. ¿Cuentan con algún apoyo gubernamental? ¿Cual? ¿Lo invierten en la parcela?