



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA
REGIONAL

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

ANA KAREN REYES REYES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2020

La presente tesis, titulada: **Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en San Andrés Calpan, Puebla**, realizada por la alumna: **Ana Karen Reyes Reyes**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



DR. ENRIQUE ORTIZ TORRES

ASESOR:



DR. BENITO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:



DR. MIGUEL ACOSTA MIRELES

ASESOR:



DR. PRIMO SÁNCHEZ MORALES

Puebla, Puebla, México, 4 de noviembre de 2020.

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes Reyes, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2020

Predominan dos modos de apropiación de la naturaleza: campesino y agroindustrial. El modo agroindustrial ha incrementado la tecnificación para conseguir mayores rendimientos, a través del uso de dosis masivas de insumos costosos. La problemática actual del deterioro de los recursos naturales ha propiciado que emerjan nuevas estrategias de desarrollo agrícola, para asegurar una producción de alimentos con el menor impacto ambiental. Los Sistemas Agroforestales (SAF), son una estrategia encaminada hacia la sustentabilidad que consiste en un policultivo con al menos un componente leñoso perenne que interactúa con otras especies cultivadas. El objetivo fue evaluar la sustentabilidad de SAF con diferente forma de manejo ubicados en San Andrés Calpan, Puebla. Se utilizó el enfoque agroecológico, que emplea técnicas cuantitativas y cualitativas. El trabajo se realizó en dos etapas, la primera fue una caracterización de los SAF, y en la segunda se evaluó la sustentabilidad de los SAF seleccionados. Para la caracterización se aplicaron 81 cuestionarios. La sustentabilidad de los SAF con diferente manejo, se evaluó con 19 indicadores. Se seleccionaron tres sistemas agrícolas: tejocote (tradicional), capulín (tradicional) y manzano (especializado); cada uno con una repetición. Para organizar y analizar la información se aplicó la herramienta metodológica MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad). Los resultados de la primera etapa mostraron que los SAF presentaron en promedio un Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad (ICA) de 0.23, indicador de la categoría semitradicional. Se identificaron tres categorías de los SAF: Semitradicionales (59%), Tradicionales (22%) y Campesinos Puros (19%). Con respecto a la sustentabilidad, los SAF tradicionales, son más sustentables que el SAF alternativo (manzana), el cual es un sistema propuesto a partir de un modelo de investigación. Se concluye que los SAF tradicionales tienen un manejo tendiente a lo campesino, y resultaron más sustentables en relación al SAF modificado tecnológicamente.

Palabras Clave: Agroecosistema, Biodiversidad, Indicadores, milpa, Sistemas Agroforestales, Sistemas tradicionales.

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF AGROFORESTAL SYSTEMS IN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes Reyes, Dra.

Graduate College, 2020

Two modes of appropriation of nature predominate: peasant and agro-industrial. The agroindustrial mode has increased technification to achieve higher yields, through the use of massive doses of expensive inputs. The current problem of deterioration of natural resources has led to the emergence of new agricultural development strategies, to ensure food production with the least environmental impact. Agroforestry Systems (SAF) are a strategy aimed at sustainability that consists of a polyculture with at least one perennial woody component that interacts with other cultivated species. The objective was to evaluate the sustainability of SAF with different forms of management located in San Andrés Calpan, Puebla. The agroecological approach was used, which uses quantitative and qualitative techniques. The work was carried out in two stages, the first was a characterization of the SAF, and in the second the sustainability of the selected SAF was evaluated. For the characterization, 81 questionnaires were applied. The sustainability of SAFs with different management was evaluated with 19 indicators. Three agricultural systems were selected: tejocote (traditional), capulín (traditional) and apple tree (specialized); each with a repeat. To organize and analyze the information, the methodological tool MESMIS (Framework for the Evaluation of Natural Resources Management Systems incorporating Sustainability Indicators) was applied. The results of the first stage showed that the SAF presented on average a Peasant-Agroindustrial Index (ICA) of 0.23, an indicator of the semi-traditional category. Three categories of SAFs were identified: Semi-traditional (59%), Traditional (22%) and Pure Farmers (19%). Regarding sustainability, the traditional SAFs are more sustainable than the alternative SAF (apple), which is a system proposed based on a research model. It is concluded that the traditional SAFs have a peasant-oriented management, and were more sustainable in relation to the technologically modified SAF.

Key Words: Agroecosystem, Biodiversity, Indicators, milpa, Traditional systems, Agroforestral systems.

Dedico esta tesis a:

Mis hijos Gabriel y Bruno, por ser mi motivación, inspiración y quienes me han enseñado a dar lo mejor de mí. Los amo.

A mis padres Enrique y Silvia, por su apoyo incondicional, por ser mi ejemplo de perseverancia y esfuerzo, por entender mis decisiones y por su gran esfuerzo para hacerme una persona de bien y llenar mi vida con sus valiosos consejos.

A ti Gabriel, por tu apoyo, comprensión, motivación y cooperación. Gracias por alentarme, y por ser un gran papá para nuestros hijos.

A mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por darme la oportunidad de formarme académicamente y su hospitalidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de doctorado.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, mi Consejero, por todas las enseñanzas, recomendaciones, comprensión y el apoyo brindado durante mi proceso de formación. Gracias por ser un gran profesor y un ejemplo a nivel académico y personal.

A mi Consejo Particular, por su orientación para realizar el presente trabajo de investigación:

Dr. Benito Ramírez Valverde, por su contribución al trabajo de investigación y su paciencia en las asesorías.

Dr. Enrique Ortiz Torres, por sus recomendaciones y aliento para concluir el presente trabajo.

Dr. Primo Sánchez Morales, por sus observaciones y la confianza brindada para poder recurrir a usted en cualquier momento.

Dr. Miguel Acosta Mireles, por su disposición, sugerencias y amabilidad en todo momento.

Al M. en C. Ernesto Hernández Romero, por compartir su valiosa experiencia del sistema MIAF y las diversas explicaciones de sus experimentos que desarrolla en campo.

Al Ing. Leoncio Herrera Palestina, por la ayuda y disposición en todo momento, fue parte fundamental para la realización del trabajo de campo.

Al Dr. Pedro Antonio López, por su cordial atención y asesoría en ciertos momentos de mi formación.

A la Dra. Lusmila Herrera Pérez por sus aportaciones a este trabajo de investigación.

A los productores de la localidad de San Andrés Calpan, por su apoyo y cooperación para la elaboración de este trabajo de investigación.

A los chicos del CBTA 255 por su valiosa ayuda en actividades de campo.

A Carlos, mi mejor amigo, por su compañerismo, consejos, sinceridad y por su gran ayuda en campo. Gracias por alentarme en esta etapa y por escucharme en todo momento.

A mis compañeros, por ser parte de mi formación, y compartir momentos muy valiosos y agradables.

A mi familia.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1 Justificación.....	4
1.2 Problema de investigación	5
1.3 Hipótesis general.....	8
1.3.1 Hipótesis específicas	8
1.4 Objetivo general	8
1.4.1 Objetivos específicos	9
1.5 Marco de referencia.....	9
1.6 Marco Teórico.....	12
1.6.1 Desarrollo sustentable	12
1.6.2 Agricultura sustentable	13
1.6.3 El Enfoque de la Agroecología	21
1.6.4 Sistemas agroforestales	27
II. METODOLOGÍA GENERAL	37
2.1 Área de estudio.....	37
2.2 Enfoque de la investigación	37
2.3 Técnicas de investigación	38
2.4 Población y muestreo	41
2.5 Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).....	43
2.6 Atributos e indicadores	46
2.7 Técnicas estadísticas	49
Literatura citada.....	50
III. CAMPESINIDAD Y AGROINDUSTRIALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA	64
3.1 Resumen.....	65
3.2 Introducción	66
3.3 Materiales y métodos	68
3.4 Resultados y discusión	75

3.5 Conclusiones	84
3.6 Literatura citada	85
IV. LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA, MÉXICO	92
4.1 Resumen	93
4.2 Introducción	94
4.3 Metodología	96
4.4 Resultados y discusión	102
4.5 Conclusiones	111
4.6 Literatura citada	112
V. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA	116
5.1 Resumen	117
5.2 Introducción	118
5.3 Materiales y métodos	122
5.4 Resultados y discusión	133
5.5 Conclusiones	144
5.6 Literatura citada	145
VI. PROPUESTA DE REDISEÑO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL SISTEMA AGROFORESTAL MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FUTALES (MIAF)	151
6.1 Resumen	152
6.2 Introducción	153
6.3 Descripción y análisis del sistema MIAF	156
6.4 Sustentabilidad en el sistema MIAF	160
6.5 Conclusiones y recomendaciones	173
6.6 Literatura citada	175
DISCUSIÓN GENERAL	182
Literatura citada	186
CONCLUSIONES GENERALES	189
ANEXOS	192

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Tesis que abordan componentes del sistema MIAF	10
Cuadro 1.2. Características del modo campesino y el modo agroindustrial.....	18
Cuadro 2.1. Atributos para la caracterización de los Sistemas Agroforestales de San Andrés Calpan	46
Cuadro 2.2. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad	47
Cuadro 3.1. Atributos para construcción del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla	70
Cuadro 3.2. Indicadores para el cálculo del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla	72
Cuadro 3.3. Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad de los SAF de la localidad de San Andrés Calpan en el municipio de Calpan, Puebla	76
Cuadro 3.4. Tipos de sistemas encontrados en la localidad de San Andrés Calpan, Calpan, Puebla	77
Cuadro 3.5. Comparación de indicadores para la obtención del Índice de Campesinidad- Agroindustrialidad entre grupos	80
Cuadro 3.6. Indicadores con diferencias significativas entre grupos	81
Cuadro 4.1. Composición del IMSPA	98
Cuadro 4.2. Categorías del IMSPA	101
Cuadro 4.3. Composición de los SAF en la localidad de San Andrés Calpan	103
Cuadro 4.4. Comparación de indicadores para la evaluación de la multifuncionalidad en los SAF de San Andrés Calpan	103
Cuadro 4.5. Integración del IMSPA	111
Cuadro 5.1. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad	126
Cuadro 5.2. Densidad de agroquímicos utilizados	132
Cuadro 5.3. Integración de los indicadores de sostenibilidad de los sistemas agroforestales Manzana, Tejocote y Capulín en San Andrés Calpan, Puebla	141
Cuadro 6.1. Modificación de elementos ecológicos del sistema MIAF tradicional.....	161
Cuadro 6.2. Modificación de elementos económicos del sistema MIAF tradicional.....	167
Cuadro 6.3. Modificación de elementos sociales del sistema MIAF tradicional	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Componentes del sistema MIAF tradicional.....	33
Figura 2.1 Diseño de la investigación	40
Figura 2.2. Imagen satelital de las parcelas evaluadas	42
Figura 3.1. Ubicación Geográfica de la localidad de San Andrés Calpan	68
Figura 4.1. Ubicación geográfica de la localidad de San Andrés Calpan	96
Figura 4.2. Valor por indicador para el ámbito territorial por sistema.....	106
Figura 4.3. Valor por indicador para el ámbito ambiental por sistema	107
Figura 4.4. Valor por indicador para el ámbito económico por sistema	109
Figura 4.5. Valor por indicador para el ámbito social por sistema.....	110
Figura 5.1 Imagen satelital de las parcelas evaluadas	124
Figura 5.2. Estado de sustentabilidad de los Sistemas Agroforestales: Manzana, Tejocote y Capulín, en San Andrés Calpan, Puebla.....	144
Figura 6.1. Componentes del sistema MIAF tradicional.....	159

INTRODUCCIÓN GENERAL

La agricultura es una de las actividades más importantes para la humanidad. Se considera que se originó hace 10 mil años y existirá mientras exista el hombre. A pesar de esto, durante la mayor parte de su historia en el planeta, el hombre no practicó la agricultura como tal, se adaptó a la naturaleza, viviendo de la caza y recolección (Sarandón, 2014).

Actualmente existen tres modos históricamente determinados de apropiación de la naturaleza: extractivo, campesino y agroindustrial. El primero es propio de las primeras sociedades de pescadores, cazadores, recolectores; el segundo es el que llega con el inicio de la agricultura y la domesticación de plantas y animales, y el tercero es producto de la revolución industrial y científica a partir del siglo XVIII. El modo campesino y agroindustrial son las dos maneras fundamentales de usar los recursos en la actualidad (Toledo *et al.*, 2005).

Los procesos de producción agrícola son fundamentales para la existencia humana. Su relación con el medio ambiente es única, siendo la actividad económica que ocupa el mayor porcentaje del recurso suelo. Por ello es necesario que esa producción se mantenga en el largo plazo, preservando los recursos sobre los cuales se sustenta (Velázquez, 2015).

Debido a los diversos cambios de apropiación de los recursos, la agricultura ha incrementado su tecnificación, con la finalidad de lograr un mayor rendimiento (por unidad de área) de los cultivos, basado en el uso de dosis masivas de insumos costosos y/o escasos: combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes, semillas híbridas, maquinarias, agua para riego, etc. (Sarandón, 2014).

En el mundo existe un gradiente de tipos de aprovechamiento de los ecosistemas y de dinámicas sociales que contribuyen a la conservación de los recursos o a su deterioro. En este sentido, los sistemas productivos que mantienen las poblaciones rurales de México son diversificados, ya que hacen un uso múltiple de diversos recursos naturales y de los diferentes componentes del ecosistema, causando la eficiencia en su aprovechamiento (Toledo, 2014). En este contexto, cada vez es más claro que el manejo de los recursos naturales debe realizarse desde una perspectiva de sustentabilidad para poder asegurar su permanencia.

El estudio de la sustentabilidad es de naturaleza compleja, ya que se consideran distintas disciplinas: social, política, económica y ambiental (Sarandón y Flores, 2009). Este enfoque debe buscar un desarrollo en el que se mantenga un equilibrio entre lo económico, lo social y lo ecológico, buscando las relaciones o interacciones que propicien este balance. Bajo esta visión de integralidad se aborda el desarrollo sustentable de una manera multidimensional e intertemporal para plantear de manera más concreta los problemas que afectan al medio rural (Pech, 2015).

En el contexto de la agricultura, ésta se considera sustentable cuando proporciona un rendimiento constante a largo plazo, como resultado de la optimización del sistema en su conjunto y el uso de tecnologías ecológicamente racionales (Altieri y Toledo, 2011). A nivel mundial, está emergiendo un consenso en cuanto a la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción estable de alimentos y que sea acorde con la calidad ambiental (Quinga, 2014).

Para una comprensión holística de estos fenómenos se debe utilizar un enfoque como la «Agroecología». Éste se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia, el cual considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio (Altieri y Nicholls, 2013). Existe abundante evidencia de que los diseños y prácticas agroecológicas de sistemas tradicionales ayudan enormemente a la estabilidad y productividad del sistema, ya que es una herramienta que permite a los productores aumentar los niveles de autonomía, llevándolos a reducir los niveles de dependencia que hoy plantea la agricultura y la tecnología, además de propiciar un aumento de la diversidad (Migliorati, 2016), siendo los Sistemas Agroforestales (SAF) un ejemplo de este tipo de diseños (Altieri y Koohafkan, 2008).

Los SAF se han planteado como una alternativa agroecológica que consiste en un policultivo con al menos un componente leñoso perenne que interactúa biológicamente con las otras especies de plantas anuales cultivadas, en íntima coevolución entre la sociedad y la naturaleza; en donde se han implementado procesos agroecológicos en la búsqueda de agroecosistemas más sustentables (Nair y Garrity, 2012).

Los SAF en México son escenarios muy importantes de conservación y aprovechamiento de gran diversidad de especies, así como del conocimiento y prácticas locales asociadas a diferentes beneficios dentro del sistema, además de proporcionar riqueza de especies con objetivos específicos, que a la vez es complementaria entre sí (Torres *et al.*, 2019; Pascual *et al.*, 2020).

De acuerdo con Turrent *et al.* (2017) el sistema agroforestal tipo MIAF (Milpa Intercalada con árboles Frutales), es una propuesta que se ha implementado con la finalidad de intensificar sustentablemente el paradigma de la agricultura tradicional en México, en los aspectos de espacio, tiempo trabajo y capital. Estos autores consideran que el MIAF es compatible con los recursos que se manejan en la agricultura tradicional.

Por la importancia de los SAF para los pequeños productores se han estudiado el sistema de MIAF, el cual fue inicialmente puesto en marcha en las comunidades de las regiones Cuicatecas, Mazatecas y Mixes del estado de Oaxaca con el proyecto Manejo Sustentable de Laderas en el año de 1999, donde se probó su capacidad para superar las limitaciones de los productores de milpa tradicional de laderas (Cortés *et al.*, 2005).

En la zona de estudio, correspondiente a los valles altos de la región Izta-Popo, los SAF tienen una importante presencia desde la introducción de las especies frutales a esta región. En este sentido el sistema MIAF tiene como objetivo generar y promover el uso de tecnologías alternativas orientadas a la sustentabilidad para el sistema de “milpa”, en terrenos planos, con la finalidad de buscar contribuir a la mitigación de los impactos ambientales causados por las actividades agrícolas y buscar mejorar la producción de alimentos básicos, trayendo como consecuencia un mejor ingreso para las familias (Mendoza *et al.*, 2006).

Con base en lo anterior se planteó como objetivo evaluar la sustentabilidad de los SAF con diferente forma de manejo ubicados en la localidad de San Andrés Calpan en el estado de Puebla. Se inició con la caracterización de los SAF y después se evaluó su nivel de sustentabilidad.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación

En México el estudio de los Sistemas Agroforestales (SAF) es aún fragmentado, no solo por la escasez de estudios dirigidos específicamente a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino también porque este tipo de agroecosistemas se encuentra continuamente en creación, cambio y desarrollo (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Los sistemas agroforestales tradicionales se caracterizan por: a) la conservación de biodiversidad forestal, principalmente de animales y plantas silvestres; b) el manejo de biodiversidad agrícola, principalmente de plantas y animales domesticados; c) la articulación de los componentes abióticos del agroecosistema; y d) los seres humanos, en quienes recae la responsabilidad de dirigir las interacciones de los componentes en el agroecosistema (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Las diferentes formas de producción en los sistemas agroforestales son aplicables en ecosistemas frágiles y estables, a cualquier escala de espacio físico de campo agrícola, finca, región, a nivel de subsistencia o comerciales. El objetivo es que la producción sea diversa, controlar la agricultura migratoria, aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, fomentar el reciclaje de nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción, respetando el principio de sistema sostenido. El interés por este tipo de sistemas se debe a la necesidad de encontrar mejores opciones para los problemas de baja producción y degradación de la tierra (López, 2007).

Una variante de estos sistemas es el sistema denominado MIAF, que está basado en el rediseño de la milpa tradicional, para las condiciones actuales de la agricultura campesina (Cortés *et al.*, 2012). Su objetivo es contribuir a solucionar problemas económicos, sociales, ecológicos y de alimentación que aquejan a los pequeños productores dedicados primordialmente al cultivo de granos básicos (Juárez *et al.*, 2008; Cortés *et al.*, 2012; Ruíz *et al.*, 2012). En el MIAF, el arreglo espacial en franjas de sus principales especies componentes (maíz, frijol y árbol frutal) está basado en un diseño con la finalidad de mejorar la eficiencia y obtener altos rendimientos de buena calidad de cada especie (Santiago-Mejía *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008).

Cortés *et al.* (2005), señalan que fueron 117 mil hectáreas las seleccionadas para la ejecución del Proyecto Transferencia y Mejoramiento de la Tecnología MIAF en las microrregiones Izta-Popo y la Malinche del Valle de Puebla, que es un sistema derivado de la agricultura tradicional del altiplano mexicano y de la agronomía moderna, en donde se producen los alimentos básicos: maíz (69% de la superficie), frijol (16%), hortalizas (3%), alfalfa (5%), y frutales, entre otros. En el caso de los frutales (durazno, manzana, pera, ciruela, chabacano, tejocote, nogal de castilla, capulín), se reportaba la existencia de 24 mil ha (Cortés *et al.*, 2005), las cuales en su mayoría estaban intercaladas con cultivos básicos y forrajeros.

Existen diversos estudios sobre este tipo de cultivos intercalados; sin embargo, son estudios muy delimitados, es decir, que se enfocan a aspectos específicos de la dimensión biológica, la política, o a la económica; no existen estudios que integren todos los aspectos de la sustentabilidad, que indiquen el verdadero estado del sistema, así como sus fortalezas y sus debilidades con la finalidad de poder dirigirlos como una estrategia potencial para el desarrollo de la región, ya que los sistemas agroforestales son considerados como una tecnología encaminada a la sustentabilidad.

La importancia de analizar estos sistemas en San Andrés Calpan, radica en hacer una investigación holística e integral. Es en esta zona central de México, ubicada al oriente de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl, en Puebla, donde algunos agricultores de origen náhuatl han evolucionado sus sistemas de cultivo agroforestal pasando por diferentes procesos de tecnificación que les permite cosechar diferentes tipos de alimentos y forrajes a lo largo del año.

1.2 Problema de investigación

La producción campesina es heterogénea, factor que está determinado por su relación con el mercado, con las tecnologías que emplea, con las formas de producir y en como emplear los recursos naturales. La heterogeneidad de la producción campesina está relacionada con un complejo repertorio de estrategias, acordes con los recursos que tienen los agricultores a su alcance, lo que deriva en posibilidades para aportar o limitar hacia procesos sustentables (Roa, 2002; Nielsen *et al.*, 2013).

Hay sistemas en los que se encuentran una serie de cualidades ecológicas, ambientales y culturales que contribuyen a una mejor utilización de la base de recursos naturales renovables

al interior del sistema de producción, y a establecer una relación menos agresiva con los territorios circundantes (efectos ecológicos y ambientales) (DaMatta y Rodríguez, 2007).

Los agricultores realizan una gran diversidad de prácticas en sus parcelas para conseguir sus objetivos, lo que deriva en una variedad de formas de producción, las cuales deben evaluarse ya que para su funcionamiento es indispensable la utilización de recursos naturales renovables (que pueden llegar a ser no renovables) y recursos no renovables (López, 2016).

El modo y la intensidad con que sean utilizados estos recursos, van a propiciar o no que la productividad se mantenga en el tiempo, y también determinará el mantenimiento de su calidad y cantidad. El desgaste o conservación de los recursos naturales dependen también del tipo de tecnología empleada. Las tecnologías inadecuadas son clave en la degradación y disminución del capital natural, y sin este capital la producción agropecuaria no sería posible. Debe existir un balance entre la utilización de recursos internos y externos con la finalidad de que los sistemas productivos sean menos vulnerables, debido a que los efectos negativos representan dificultades que van desde el corto plazo, como altos costos y aumento de plagas, hasta problemas a largo plazo relacionados con el agotamiento del suelo (Casado y Hernández, 2012; López, 2016).

En este contexto, los Sistemas Agroforestales (SAF) son sistemas antiguos y ampliamente practicados, en el que los árboles se combinan espacial y/o temporalmente con cultivos agrícolas, por lo que en un período o en otro de la historia, se ha practicado el cultivo de especies arbóreas y cultivos agrícolas en una combinación estrecha. Fue una costumbre general en Europa, al menos durante la Edad Media, eliminar los árboles de los bosques, cortándolos y quemándolos para establecer cultivos alimenticios durante varios períodos en las áreas clareadas, y plantaban especies arbóreas antes, durante o después de haber sembrado los cultivos agrícolas (Mendieta y Rocha, 2007). En este sentido, la combinación de elementos de agricultura con elementos de forestería, propician el desarrollo de sistemas de producción sustentables en la misma unidad de tierra (Altieri *et al.*, 2018).

Conocer el estado de sustentabilidad en que se encuentran los SAF es un tema importante, ya que han permanecido y en la actualidad parecen ser una alternativa productiva encaminada hacia la sustentabilidad. Para conocer el estado de estos sistemas es indispensable

el uso de indicadores, ya que tienen un gran potencial en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas productivos.

En este contexto, en la localidad de San Andrés Calpan, se encuentra en un área geográfica donde se reúnen las condiciones agroclimáticas idóneas para la producción de un cultivo de gran importancia como el maíz, y de otras especies. Esta zona se caracteriza por la presencia de sistemas agroforestales los cuales son manejados de manera heterogénea, es decir, su manejo está vinculado con el grado de diversidad de estos sistemas, así como el objetivo de producción que se plantea cada unidad de producción familiar. La importancia del análisis de estos sistemas es al abordaje de su complejidad desde un enfoque holístico, con la finalidad de comprender de mejor manera las interacciones que ocurren en estos sistemas.

De acuerdo con la forma en que los recursos naturales son aprovechados, se puede diferenciar el grado tecnológico con el que se maneja cada sistema agroforestal, así que se pueden distinguir dos tipos de SAF, los tradicionales y especializados.

Los primeros son aquellos que se caracterizan por ser más biodiversos, estar constituidos por especies predominantes en la zona, generan sus propias semillas (origen criollo), así como un uso menos intensivo de agroquímicos y un uso mayor de animales de tracción para sus prácticas; por otra parte, aquellos SAF especializados serán aquellos que tiendan a la agroindustrialización, es decir, a la simplificación en la cantidad de especies que posee el sistema, además de ocupar especies que actualmente no son de uso común en la zona, tienen una mayor dependencia a insumos externos, introduciendo mayor cantidad de agroquímicos al sistema y mayor uso de maquinaria que funcionan con combustibles fósiles.

A partir de esto, el interés de la investigación es dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son las características que poseen los diversos tipos de SAF ubicados en esta zona, de acuerdo a sus prácticas de manejo?
2. ¿Cuáles son los aportes económicos, ecológicos y sociales de los Sistemas Agroforestales a los objetivos de la unidad de producción familiar?

3. ¿Qué tipo de SAF son más sustentables, los SAF que conservan en su manejo características más tradicionales o los SAF que han sufrido una mayor transformación en su manejo con prácticas que se han adaptado a la modernidad?

1.3 Hipótesis general

El grado de sustentabilidad de los Sistemas Agroforestales está en función de los diferentes procesos de intervención productiva y de manejo, por lo que los SAF que se han con características mas tradicionales presentan un mayor grado de sustentabilidad en comparación a los SAF que se han especializado, por lo que tendran un mayor aporte a los propósitos que buscan las unidades de producción familiar de San Andrés Calpan, en el estado de Puebla.

1.3.1 Hipótesis específicas

1. Existen diversos tipos de Sistemas Agroforestales ubicados en un mismo territorio, caracterizados por pasar por diferentes procesos de intervención en función de los propósitos que busca cada unidad de producción familiar, lo que ha llevado a que presenten diferentes formas de manejo (modo en que hacen uso de los recursos naturales), por lo que existen sistemas con características más tradicionales y sistemas especializados.
2. Los SAF que se caracterizan por ser más tradicionales poseen mayor diversidad agrícola y están constituidos por especies predominantes en la zona, por lo que tienen un mayor aporte hacia los objetivos de la unidad de producción, en relación aquellos sistemas que presentan una transformación en su manejo, derivado de la especialización del sistema.
3. Los SAF que presentan una especialización en sus componentes, resultado de diferentes procesos de transformación, muestran un grado de sustentabilidad menor que los SAF constituidos por una mayor diversidad de especies, presentando un manejo basado en el conocimiento tradicional.

1.4 Objetivo general

Evaluar el nivel de sustentabilidad de los Sistemas Agroforestales en sus diferentes formas de manejo, determinado por un proceso de modificación que se ha dado en función de los propósitos que buscan las unidades de producción familiar, con la finalidad de formular estrategias de desarrollo, en San Andrés Calpan, estado de Puebla.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Caracterizar los SAF que compartan las mismas condiciones territoriales pero que presentan diferentes modificaciones en su manejo, para poder conocer los elementos que provocan los puntos críticos y fortalezas de cada sistema en las dimensiones ecológicas, económicas y sociales.
2. Conocer los aportes económicos, ecológicos y sociales de los Sistemas Agroforestales a las unidades de producción familiar, en función del tipo de apropiación de sus recursos y de la transformación productiva que han sufrido para conseguir los diferentes objetivos que tiene cada agroecosistema.
3. Evaluar la sustentabilidad de los sistemas agroforestales con formas de manejo heterogéneas: Sistemas Agroforestales Tradicionales y Sistemas Agroforestales Especializados.

1.5 Marco de referencia

Es importante destacar que la investigación de los sistemas agroforestales de las diversas regiones del planeta, en donde se han implementado desde hace muchos años, permite recuperar el conocimiento campesino acumulado durante décadas o quizás siglos.

En México el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales es aún fragmentado, no solo por la escasez de investigaciones, sino también porque esta forma de manejo de los ecosistemas se encuentra bajo procesos constantes de cambio (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Este tipo de sistemas que se enmarcan dentro de la agricultura tradicional, incluyen: a) la conservación de biodiversidad; b) el manejo de biodiversidad agrícola; c) la articulación e integración de los componentes abióticos; y d) los seres humanos, quienes tienen un papel protagónico en dirigir las interacciones de los componentes en el agroecosistema (Moreno *et al.*, 2015).

Para poner en contexto lo que se tiene en México con respecto a los estudios sobre los sistemas agroforestales, se hace referencia a lo que encontraron Moreno-Calles *et al.* (2013), quienes refieren que se han encontrado un total de 265 registros donde se especifica el grupo cultural que mantiene el sistema agroforestal estudiado. Dichos trabajos refieren a un total de 27 grupos culturales.

Los sistemas agroforestales donde se hace uso de frutales en las cercanías de las casas o en los terrenos de los productores adquiere un especial interés en el mundo. Derero *et al.* (2014) señalan que existe una estrecha relación entre seguridad alimentaria, árboles frutales y alimento para sus animales domésticos, salud, nutrición e ingreso. Este fenómeno es similar a lo que se ha encontrado en el MIAF en México (Cortés *et al.*, 2005). Algunas de las razones por las cuales los productores eligieron estas especies fueron: obtención de leña, mejorar ingresos, proporcionar sombra, muros vivos y madera.

Desde el enfoque de la agroecología se puede analizar el verdadero estado de los sistemas agrícolas, en este caso de los sistemas agroforestales, permitiendo ver las relaciones que se constituyen entre los diferentes elementos que se encuentran en el sistema. El enfoque agroecológico permite abordar proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios con el objetivo de potenciar los sistemas agrícolas en sus diferentes dimensiones, con la finalidad de alcanzar un buen estado de sustentabilidad. En este caso los estudios del sistema MIAF que se han encontrado (Cuadro 1.1) abarcan algunos aspectos de la sustentabilidad de manera disciplinaria. Son nulos los trabajos que aborden el sistema de manera integral como lo hace el enfoque agroecológico.

Cuadro 1.1. Tesis que abordan componentes del sistema MIAF

Tesis	Autor
Carbono de biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio.	Estrada Herrera, Isabel del Rayo (Herrera <i>et al.</i> , 2007)
Diseño y aplicación de una metodología para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación natural y agrícolas de ladera en México.	Acosta Mireles, Miguel (Acosta <i>et al.</i> , 2001)
Rentabilidad de la producción de durazno en los municipios de Chiutzingo, Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo Puebla.	García Figueroa, Guillermina (García <i>et al.</i> , 2008)

La milpa intercalada en árboles frutales; un análisis del proceso de escalamiento PMSL-PEDREL en cinco municipios de la Sierra Mixe del estado de Oaxaca.	Ruíz Mendoza, Alma Delia (Ruiz, 2011)
Erosión hídrica, productividad, captura de carbono y uso de la radiación solar y agua en tres sistemas de manejo, para la agricultura de ladera en el trópico subhúmedo de México.	Camas Gómez, Robertony (Camas, 2012)
Factores que influyen en los procesos de innovación para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos en la región norte del distrito de Nochixtlan, Oaxaca.	López Gaytán, José (López, 2012)
Efecto de la biota edáfica en la fertilidad del suelo en el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF).	Juárez Ramón, Dionicio (Juárez, 2012)
Línea base de carbono en suelos con el Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) y biomasa aérea.	Hernández López, Francisco Javier (Hernández, 2014)
Respuesta del manzano 'agua nueva' a distintas dosis de NPK bajo el sistema de cultivos intercalados.	Salvador Martínez, Telésforo (Salvador, 2013)
El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol.	Albino Garduño, Rocío (Albino, 2014)
El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): composición varietal del árbol y fertilización de durazno en condiciones de heladas.	Santiago Mejía, Horacio (Santiago, 2014)
Perspectivas de la asociación de cultivos anuales en el sistema milpa intercalada con árboles frutales	Molina Anzúres María Félix (Molina, 2015)

Fuente: Elaboración propia

El MIAF ha demostrado ser un sistema agrícola diseñado para diversificar e incrementar la producción agrícola a través de la combinación entre especies perennes y anuales, permitiendo conformar una estructura vegetal ordenada en el espacio y en el tiempo, la cual constituye un refugio potencial para las comunidades edáficas (Juárez y Fragoso, 2014).

Sin embargo, dentro del sistema existen elementos ecológicos, sociales y económicos que pueden ser modificados con la finalidad de que el sistema sea referencia de un estado alto de sustentabilidad.

1.6 Marco Teórico

1.6.1 Desarrollo sustentable

Actualmente existe un deterioro severo de los recursos naturales, el calentamiento global, la pérdida de la capa de ozono debido al acumulamiento de bióxido de carbono y otros gases tóxicos en la atmósfera, así como al aumento de la población humana y la demanda insatisfecha de alimentos (Gutiérrez *et al.*, 2008) cada vez más crítica. Además, se reconoce en forma amplia que uno de los retos más grandes que enfrenta la investigación agrícola es la necesidad de desarrollar una agricultura viable y sistemas de producción de cultivos que sean capaces de asegurar una producción que sea sustentable, con bajos insumos de síntesis química y a su vez con un mínimo de degradación de los recursos, en especial del agua y el suelo (Valencia, 2016).

A partir de la década de los 50's, diversas organizaciones civiles se conformaron por primera vez para intentar concientizar a los entes de gobierno, empresas y el público en general sobre el daño que la humanidad provoca al ambiente con las prácticas de sobreexplotación heredadas de la época industrial y la necesidad de adoptar un modelo que permitiera un correcto desarrollo. Pero es hasta 1987 durante la Comisión Mundial de Medio Ambiente que se conceptualizó por primera vez el término de desarrollo sustentable siendo definido como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Badii *et al.*, 2017).

El concepto de desarrollo se le adjudica el adjetivo de sustentable cuando se torna en un proceso multidimensional en tiempo y espacio, donde es fundamental considerar los principios culturales, socioeconómicos, ambientales, institucionales, políticos y técnico-productivos. Es necesario tener presente que debe garantizar a las presentes y futuras generaciones el sustento de agua, suelo y medio ambiente en calidad y cantidad suficiente que permitan su desarrollo (Castillo y Chaves, 2016).

Este concepto si bien no pierde de vista la importancia que tienen la producción y su relación con el mercado capitalista, también incorpora elementos que incluyen el bienestar social y la conciencia sobre el impacto que se puede llegar a tener hacia los recursos que son aprovechados para la producción de bienes, además de que este concepto fundamenta sus bases en la intención de que las futuras generaciones puedan disfrutar de los recursos naturales, sin embargo, el objetivo primario sería la búsqueda de la satisfacción de las necesidades de algunos sectores de las generaciones presentes que se encuentran en condiciones vulnerables (Orellas *et al.*, 2018).

Para que un modelo de desarrollo sustentable sea real, es necesario proteger a la sociedad, su patrimonio cultural, tradición e identidad nacional, así como los ecosistemas y su diversidad en flora y fauna, los cuales juegan un papel fundamental en el mantenimiento de los procesos ecológicos y socioeconómicos (Castillo y Chaves, 2016)

De acuerdo con Cantú (2012) el desarrollo sustentable es un concepto que ha logrado hacer eco en la sociedad, visto como el camino para atender la preocupación y problemática social sobre las repercusiones del desarrollo económico en los recursos naturales y de la desigualdad social.

De igual forma Martínez (2012) señala que se puede ver al desarrollo sustentable no como un estado estable e inalterable, sino como un conjunto de procesos de cambios continuos, a través de los cuales la sociedad establece cómo manejar los recursos naturales, la adaptación a las innovaciones, la orientación de las inversiones económicas y la modificación de las políticas públicas, todo lo anterior debe basarse en la idea de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y garantizar el progreso del hombre y la supervivencia de éste.

1.6.2 Agricultura sustentable

El actual proceso de comercialización de los alimentos ha contribuido en que elementos como la durabilidad y la apariencia externa se vuelvan más complicados de mantener. Estas condiciones implican mayores distancias de recorrido para los alimentos, una disminución de la diversidad de la alimentación y de la variedad de productos. Los alimentos generados bajo estas condiciones tienen como consecuencia una mayor degradación del medio ambiente, así como repercusiones para la salud humana y el bienestar social, a la vez menores ganancias para

los productores, lo que impulsa la migración de muchos agricultores hacia las ciudades (Carolan, 2013; Roberts, 2013).

Actualmente la demanda de alimentos requiere que se busque el desarrollo de nuevas prácticas de producción que permitan incrementar los rendimientos de granos, carne, leche, fruta y otros, para asegurar un nivel cercano a la autosuficiencia alimentaria sin deterioro de los recursos naturales.

Sin embargo, como afirman Etchevers *et al.* (2016), la agricultura de los últimos 70 años, sobre todo la industrial, se convirtió en una actividad que no hace un uso racional y renovable de los recursos naturales. En la actualidad se observa que la capacidad de las plantas para transformar energía luminosa en energía química biomasa, se encuentra restringida por el uso de recursos que no pueden considerarse como renovables (combustibles fósiles, recursos minerales, fertilizantes, etc.), esto permite ver que su capacidad de regeneración es muy cercana a cero, o incluso nula.

Uno de los problemas más graves que se oponen al propósito de la autosuficiencia y la seguridad alimentaria es la pérdida de la fertilidad del suelo, junto a su erosión, degradación, desertificación, acidificación, así como el inadecuado uso y contaminación de los demás recursos naturales, lo cual aleja a las poblaciones de alcanzar un desarrollo sustentable.

Estos problemas, sólo por mencionar algunos, son el resultado de la sobreexplotación de los recursos naturales, que ha surgido como consecuencia de la búsqueda para satisfacer la necesidad de subsistencia, pero lo que en realidad ocurre, es satisfacer en parte esta misma necesidad, ya que los efectos de sus prácticas han llevado a que cada vez se disminuyan los medios de subsistencia para los campesinos en el sector rural (Valencia, 2016).

Ante esta problemática, la producción de alimentos debe orientarse hacia un conjunto de prácticas que no comprometan de la misma manera el uso y conservación de los recursos naturales, buscando esta sea lo más sustentable posible.

En materia de la agricultura, Sullivan (2003) indica que la agricultura es considerada como sustentable cuando en el agroecosistema se lleven a cabo interacciones complejas entre suelo, agua, plantas, animales, clima y seres humanos; el manejo tiene el objetivo de integrar

todos estos factores en un sistema de producción que es apropiado para el ambiente, la sociedad y las condiciones económicas donde se localiza.

De acuerdo con Altieri (2002) la agricultura denominada como sustentable es una respuesta a la crisis en el manejo y calidad de los recursos naturales con relación a las prácticas de la agricultura moderna. En este sentido, las dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas son características fundamentales para entender la complejidad de la producción agrícola.

De acuerdo con Altieri (2002) el objetivo de este tipo de agricultura es mantener la productividad mediante:

- a) Uso óptimo de insumos localmente disponibles combinando los diferentes componentes del sistema buscando los mayores efectos sinérgicos posibles.
- b) Uso principalmente de los recursos del agroecosistema reemplazando los insumos externos.
- c) Mejorar la relación que se pueda dar entre los diseños de cultivo o los cultivos, el potencial productivo y las restricciones ambientales.
- d) Conservación de la biodiversidad, mediante el uso óptimo del potencial biológico y genético de las diferentes especies.

La agricultura sustentable surge como respuesta a las preocupaciones sobre el impacto al medio ambiente que surgen de la práctica de agro-negocios; impactos como la degradación ambiental (erosión del suelo, falta de agua, contaminación por agroquímicos), los problemas sociales (cierre de establecimientos familiares, concentración de la tierra, los recursos y la producción, y la migración) y el uso desmedido de los recursos naturales. Estas nuevas formas de desarrollo en el sector agrícola han dado pie a la necesidad de buscar innovaciones y nueva tecnología que permitan frenar estos efectos ambientales sin disminuir los ingresos económicos de las familias rurales (Marcelino *et al.*, 2017).

De acuerdo con Salgado (2015) el concepto de agricultura sustentable depende una gran variedad de factores como son la experiencia que se tenga en actividades de la agricultura, el

conocimiento sobre las tecnologías y formas de organización social que lleguen a tener, la escala de estudio y la localidad, entre otros.

La idea de sustentabilidad en la agricultura está enfocada a la posibilidad de mantener la base material, cultural, social y ambiental de los sistemas de producción agrarios, donde no sólo se tienen en cuenta los aspectos meramente técnicos de incorporación y asimilación de tecnologías, sino también, la posibilidad de revalorizar los saberes locales y las tradiciones culturales campesinas que son las que les dan arraigo y sostén a las propuestas de producción campesina (Nieto y Giraldo, 2017).

Las palabras que intentan explicar el concepto de agricultura sustentable tienen relación con las tres dimensiones que contempla el concepto de sustentabilidad, es decir, con las dimensiones social, económica y ambiental (Brundtland, 1987; Salgado, 2015).

En este sentido, Dafermos y Vivero (2015) consideran que el modelo de la agricultura sustentable debe basarse en los siguientes principios:

- a) Aplicación de los principios ecológicos y agroecológicos.
- b) Intensificación del conocimiento, ya que la agricultura ecológica requiere el desarrollo y la divulgación de prácticas y conocimientos imprescindibles para sustituir los insumos de la agro-industria por las técnicas más tradicionales articuladas en procesos de innovación social.
- c) Gestión con base en la comunidad. Uno de los principios de esta agricultura es la gestión de los recursos fundamentales para su desarrollo, en relación con las plagas, los recursos hídricos, forestales o la misma gestión financiera, a través de una participación activa de la comunidad en la gestión cotidiana.

En relación con lo anterior, Flores *et al.* (2018) también refieren que la agricultura sustentable es la que permite mantener en el tiempo las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales o agroecosistemas que la soportan. Por esto es que el carácter transversal y multidimensional de la agroecología promueve avanzar en

cuanto a la fragmentación y segmentación del conocimiento, buscando la demanda de la participación de la comunidad contribuyendo a establecer procesos holísticos.

En la agricultura sustentable se emplean tecnologías naturales que implican un mayor esfuerzo para los agricultores, el cual contemplan el trabajo manual, la observación y reflexión, siendo mayores que en los sistemas de tecnología industrial. El mercado proporciona incentivos a los agricultores y, asociado al consumo, interviene en el tipo de tecnología que se aplica en los sistemas de agricultura. La responsabilidad de producir alimentos de manera mas sustentable no es exclusiva de los agricultores, los consumidores somos responsables por el tipo de tecnologías que se aplican en la agricultura y por sus repercusiones en el ambiente y en la sociedad (Salgado, 2015).

Gliessman *et al.* (2007) refiere que la discusión sobre la agricultura sustentable debe abordarse desde un enfoque que contemple lo que sucede dentro y más allá de los límites de la unidad de producción. En este sentido retoma la idea de autores como Altieri (2002), al considerar la actividad agrícola como un sistema mucho más complejo, con varios elementos interactuando entre sí, contemplando componentes ambientales, económicos y sociales, Estas complejas interacciones y el balance entre todas estos componentes pueden ser analizadas del enfoque agroecológico el cual brinda herramientas necesarias para determinar cuál es el estado actual y verdadero de sustentabilidad de un agroecosistema.

La agricultura sustentable resulta del descubrimiento y revalorización de las prácticas campesinas tradicionales y la combinación con nuevas prácticas ecológicas.

1.6.2.1 Campesinidad y Agroindustrialidad en la agricultura

El ser humano ha desarrollado diversas formas de relacionarse entre sí y con la naturaleza, de modo que existen varias estrategias para apropiarse de ella (González, 2011). Específicamente la actividad agrícola presenta una diversidad de formas en las que el hombre hace uso de los recursos naturales.

De acuerdo con Toledo (1995), se distinguen cuatro formas principales de aprovechamiento de los recursos naturales, cada una de las cuales conforman modos básicos de apropiación de la naturaleza: el modo extractivo o cinegético, propio de las primeras sociedades

de cazadores y recolectores; el modo campesino o agrario, que aparece con el inicio de la agricultura y la domesticación de diversas especies animales, el modo agrourbano que aparece justo cuando las sociedades humanas requirieron de nuevos materiales y de más alimentos en la creación de los espacios urbanos, y el modo agroindustrial, también llamado "moderno". En la actualidad las dos maneras fundamentales de uso de recursos son el modelo campesino y el modelo agroindustrial, las cuales son radicalmente diferentes (Toledo, 1999) (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Características del modo campesino y el modo agroindustrial

Atributos	Campesino	Agroindustrial
Energía	Uso exclusivo de energía solar	Uso predominante de energía fósil
Escala	Minifundio	Medianas y grandes propiedades
Autosuficiencia	Alta autosuficiencia Poco uso de insumos externos	Baja o nula autosuficiencia Alto uso de insumos externos
Fuerza de trabajo	Familiar y/o comunitaria	Familiar y/o asalariada
Diversidad	Alta diversidad ecogeográfica, biológica, genética y productiva	Muy baja diversidad por especialización
Productividad	Alta productividad ecológico-energética, baja productividad en el trabajo	Muy alta productividad en el trabajo; baja productividad ecológica y energética
Desechos	Baja o nula producción de desechos	Alta producción de desechos
Conocimiento	Holístico; ágrafo, basado en hechos y creencias de transmisión limitada y altamente flexible	Especializado; basado exclusivamente en hechos objetivos, transmitido por vía escrita, de amplia transmisión, pero estandarizados
Cosmovisión	La naturaleza es una entidad viviente y sacralizada. Cada elemento natural encarna en deidades con quienes es	La naturaleza es un sistema (o una máquina) separada de la sociedad. cuyas riquezas deben ser

necesario dialogar durante la explotación a través de la ciencia y apropiación	la técnica
--	------------

Fuente: Toledo *et al.*, 1999.

La campesinidad se puede ver expresada a través de las relaciones que se dan en torno al agua, el monte, la sierra y demás lugares que permiten significar y construir vínculos que se manifiestan en prácticas culturales. Desde la visión tradicional el campesino es aquel que tiene tierra y está ligado a la producción agrícola (Osto y Guzmán, 2015).

Bartra (2010) define el modo campesino como un estilo de vida, donde un elemento fundamental es la diversidad, la cual se ve reflejada en las actividades productivas, así como en las “escalas de inclusión en el sistema mayor, de sociabilidad y de cultura”. Este autor refiere que el campesinado es un conglomerado social cuya base es la economía familiar y la construcción de relaciones y redes de protección de base comunitaria; además plantea que en términos económicos es el campesino quien siembra a pequeña o mediana escala, aunque se trate de una actividad permanente o temporal.

Por su parte, Martínez (2008) señala que para el campesino tradicional es prioridad la satisfacción de las necesidades básicas sociales y la preservación del ambiente natural, por medio de actividades agrícolas de subsistencia que permiten restablecer el entorno, de manera sustentable. El campesino se define en su contexto histórico y en la relación que establece con el agroecosistema. Esto genera una mayor estabilidad en los ecosistemas ya que a mayor diversidad estructural y funcional promovida por el mosaico productivo campesino, se va a favorecer la resistencia de los sistemas naturales intervenidos.

Por otra parte, el modo de productivo orientado a la agroindustrialidad, que se encuentra de lado opuesto al campesino, es definido por Alarcón y Toledo (2000), como la modernización rural donde se da un grado de desplazamiento del modo campesino de aprovechar los recursos naturales por cambio hacia un sistema de producción agroindustrial, el cual es producto de la revolución industrial.

El modelo agroindustrial se basa en la obtención de altos rendimientos del trabajo, a través del uso de insumos externos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas; se reduce la

diversidad en este tipo de sistemas, y como se realiza en superficies de terreno medianas y grandes, se ve en la necesidad de requerir mano de obra pagada y maquinaria que funciona a base de combustibles fósiles (Ordóñez y Rodríguez, 2008). En este sentido, las innovaciones tecnológicas que iniciaron a mediados del siglo XX, enmarcadas en la Revolución Verde, empezaron por unificar los sistemas de producción a escala global y permitieron que la producción agrícola creciera a la par de la población mundial (Pellegrini y Fernández, 2018). A pesar de esto, desde el inicio de estos cambios se hizo notar la falta de visión hacia la sustentabilidad de este modelo “productivista” basado en un elevado uso de insumos externos y de otros recursos no renovables (Feldman y Biggs, 2012).

En este sentido, se debe tener presente que, en la actualidad, la modernidad y la civilización industrial, está en crisis, porque sus principios, métodos y prácticas no garantizan el bienestar de la especie humana y en la mayoría de las ocasiones atentan contra el equilibrio y la salud de los ecosistemas (Morales, 2016).

A pesar de que estos dos modelos son los que están más definidos teóricamente como “formas puras”, Toledo (1999) refiere que su representación en la realidad no se muestra igualmente contrastante como en su definición teórica, dada la gama de situaciones y combinaciones que pueden existir considerando los nueve atributos presentados en el Cuadro 1.2 que caracterizan un sistema.

1.6.2.2 Multifuncionalidad en la agricultura

La agricultura es una actividad en la cual los grupos sociales, en un ambiente determinado, manejan sus recursos suelo, agua, biodiversidad, clima, energía disponible y los medios de información, para producir y reproducir especies vegetales o de crianza que satisfagan sus necesidades (Rivas, 2014).

A finales del siglo pasado, diversas disciplinas académicas ampliaron el reconocimiento de los servicios ofrecidos por la agricultura a la sociedad humana, confiriéndole un carácter multifuncional (Castro, 2018).

Abler (2004) comenta que fue a finales de la década de los 90’s cuando fue aplicado por primera vez el término de multifuncionalidad a la agricultura en la Unión Europea, el cual hacía

referencia a los atributos de las actividades que pueden tener múltiples salidas, como bienes públicos o externalidades positivas que contribuyen al desarrollo rural económico. El concepto de multifuncionalidad rural que se maneja en Europa, se asimila a la nueva ruralidad en América Latina, compuesta a partir de consideraciones territoriales, de identidad y coinciden en la apuesta de trascender la idea de lo rural como lo exclusivamente agrícola; sin embargo, para reconocer la coexistencia de actividades distintas a las agrícolas, el término de multifuncionalidad de la agricultura resulta ser más clara (Segrelles y Vásquez, 2012).

Silva (2010) menciona que el concepto de “multifuncionalidad agrícola” reconoce que además de proporcionar alimentos y materias primas, la agricultura aporta a la sociedad otros bienes y servicios sociales, patrimoniales y ambientales cada vez más demandados y estrechamente relacionados con el sustrato territorial que ésta tiene.

Por su parte Renting *et al.* (2009) señalan que la multifuncionalidad se refiere al hecho de que las actividades agropecuarias, además de proveer alimentos, fibras y combustibles, generan otro tipo de funciones como otorgar servicios ecosistémicos al conservar suelos, cuerpos de agua y preservar la biodiversidad, contribuir socioeconómicamente en las áreas rurales o configurar los paisajes, entre otros.

Finalmente, la multifuncionalidad como herramienta conceptual, hace posible que se puedan visualizar los beneficios y reconocer las contribuciones que se externalizan de la agricultura familiar al manejar distintas unidades de paisaje, lo que representa una alternativa local para conservar los recursos naturales para futuras generaciones y de alguna forma buscar enfrentar la crisis multidimensional que se vive en el campo mexicano (Mastache *et al.*, 2018).

1.6.3 El Enfoque de la Agroecología

1.6.3.1 Origen

La Agroecología como ciencia que se emplea en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables, surge en la década de 1970 como respuesta a los problemas ambientales, económicos y sociales provocados por los cambios que la revolución verde propició en la actividad agrícola (Assis y De Jesus, 2005).

Altieri (2002) refiere que la Agroecología se plantea como una disciplina que brinda los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos, conservadores de los recursos naturales, culturalmente, socialmente y económicamente viables. Esta disciplina surge como respuesta a las primeras manifestaciones de la crisis ecológica en el campo (González de Molina, 2011). Por un lado, se estudia el funcionamiento de los agroecosistemas y, por el otro lado, se busca desarrollar sistemas que potencien las interacciones benéficas entre sus componentes y que tiendan a la sustentabilidad (Astier, 2006).

Otros autores como Hecht (1999) subrayan que el uso contemporáneo del término Agroecología data de los años 70; sin embargo, los orígenes de la Agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura. Esto se justifica en elementos que los investigadores han detectado al estudiar las agriculturas indígenas de diferentes culturas, es ahí donde se hace evidente que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan mecanismos para adaptar los cultivos a las variables del medio ambiente, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las localidades, así como las características ecológicas y estructurales propios de los campos y la vegetación alrededor.

1.6.3.2 Concepto

En sus inicios la Agroecología fue definida como el desarrollo y aplicación de la teoría ecológica para el manejo de los sistemas agrícolas, de acuerdo a la disponibilidad de recursos (Altieri y Nicholls, 2013). Por su parte Toledo *et al.* (1999) señalan que la Agroecología ha surgido como respuesta a la limitada capacidad de las disciplinas convencionales para entender la realidad, la cual es cada vez más compleja. Sarandón (2019) ha definido la Agroecología como un nuevo campo de conocimientos, un enfoque, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y un fuerte componente ético, para generar conocimientos y validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables.

La Agroecología precisa sus bases en diferentes áreas como las ciencias agrícolas, la ecología, en el movimiento ambiental, en el análisis de agroecosistemas tradicionales, en estudios sobre el desarrollo rural, la sociología y antropología, la sociología, etnología, los estudios campesinos, el ambientalismo, la economía ecológica y ecología política (García, 2000; Guzmán *et al.*, 2000). Estas áreas de conocimiento y de fenómenos sociales descubren la racionalidad del sistema tradicional, la importancia que tiene la organización social y su relación con el proceso productivo. Estos estudios generan una gran riqueza de métodos agrícolas desarrollados por pueblos indígenas y comunidades campesinas, que proporcionan las bases a la Agroecología para el desarrollo de hipótesis y sistemas de producción alternativos (Altieri y Nicholls, 2012).

Existen ya bastantes definiciones que se han dado al término Agroecología, se le ha calificado como disciplina, como un campo de estudio, como un enfoque, como una ciencia, etc., pero todas coinciden en que lo que la Agroecología pretende es estudiar los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica (González de Molina, 2011).

Como ciencia, la Agroecología surge como un nuevo paradigma y ciencia pluriepistemológica, capaz de validar y generar conocimientos para la evaluación, diseño y manejo de agroecosistemas sustentables (Paleologos *et al.*, 2017).

La Agroecología se ve como un paradigma emergente que presenta una alternativa hacia todas aquellas corrientes convencionales los cuales ven a la agricultura desde una perspectiva reduccionista, y esto es lo que ha hecho que los sistemas agrícolas sean analizados de manera fragmentada, lo que impide ver realmente todas las relaciones y las consecuencias de que un componente sea modificado o eliminado de un agroecosistema.

1.6.3.3 Agroecología como ciencia

Altieri *et al.* (1997) reconocen que por mucho tiempo los científicos agrícolas convencionales han estado preocupados básicamente en el efecto de las prácticas de uso de la tierra y de manejo de los animales o la vegetación en la productividad de cierto cultivo, basándose en una perspectiva que acentúa solo un problema.

Debe resaltarse que esta forma en la que han sido enfocados los sistemas agrícolas ha sido determinada por la visión limitada entre las diferentes disciplinas que abordan los problemas, también por el esquema de la investigación científica, que tiende al reduccionismo de los problemas, y por un enfoque de la agricultura orientado a lograr un producto. Es cierto que la investigación agrícola basada en este enfoque ha tenido buenos resultados para incrementar el rendimiento en situaciones agroecológicamente favorables. Sin embargo, es cada vez mayor el número de científicos que reconoce que este enfoque reduccionista limita las opciones agrícolas para las poblaciones rurales y en que el «enfoque objetivo» frecuentemente implica consecuencias secundarias no intencionadas que generalmente han producido daños ambientales y han provocado elevados costos sociales. La investigación con un enfoque agroecológico se concentra en aspectos puntuales, pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales, a través de una visión interdisciplinaria.

La Agroecología no es únicamente un enfoque científico que produce más y mejores conocimientos sobre los agroecosistemas, es también una filosofía de acción, pertenece al ámbito de la ciencia para la sustentabilidad y como tal tiene una dimensión práctica firmemente unida a la analítica (Gómez de Molina, 2011).

1.6.3.4 Agroecología como práctica

La Agroecología como práctica se plantea a partir de un nuevo enfoque al desarrollo agrícola, el cual basa su especialidad en ser más sensible a las complejidades de las agriculturas locales, al extender los objetivos agrícolas para incluir propiedades de sustentabilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de los recursos y equidad además del objetivo de una mayor producción. El objetivo es que aquellas tecnologías de producción que hacen al agroecosistema estable y con una alta adaptabilidad, sean difundidas (Altieri y Nicholls, 2012).

En términos prácticos, la Agroecología se contrapone a la disminución de la biodiversidad y uso de agroquímicos, con la derivada contaminación y destrucción del medio ambiente, al excesivo e inconveniente uso de la mecanización y el riego. También se resiste al desplazamiento del pequeño agricultor, al beneficiar las mejores tierras a los más acaudalados, provocando un fenómeno de concentración de la tierra, con su premisa falsa de que el hambre

en el mundo se resolvía aumentando la producción de alimentos, obviando las causas sociales de este fenómeno y postergando su abordaje real (Martínez, 2004).

Los enfoques agroecológicos se basan en metodologías que deben ser realizadas por equipos de investigación de carácter multidisciplinario, donde se da importancia a la participación del agricultor, el investigador, el técnico y el especialista en ciencias sociales y económicas. También se tiene en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas en las cuales los productores tienen sus predios (Prager *et al.*, 2002).

De acuerdo con Guzmán *et al.* (2000) la Agroecología parte de una serie de premisas metodológicas para desarrollar, integrar y mejorar las prácticas que respondan a sus principios:

- a) Un enfoque holístico y sistémico.
- b) Una mirada multidisciplinaria, entendiendo que los sistemas sólo pueden entenderse a través de las perspectivas que aportan diferentes áreas del conocimiento.
- c) Una investigación-acción participativa, en que los agricultores son sujetos y no sólo objetos del proceso de investigación.

Es así que la Agroecología provee las bases ecológicas para la conservación y promoción de la biodiversidad funcional en la agricultura, que juega un rol clave en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable; enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en ensamblar los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos, etc.), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre estos componentes se conviertan en rendimientos procedentes de fuentes internas, reciclaje de nutrientes y materia orgánica, y de relaciones tróficas entre plantas, insectos, patógenos, etc., que prevalezcan sinergias como los mecanismos de control biológico (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Martínez (2004) asevera que la Agroecología valora los bienes que poseen los pequeños productores, como el conocimiento local y el bajo costo que tiene la mano de obra, reduce las desigualdades, sobresaliendo:

- a) Reproducción de la familia y regeneración de la base de los recursos agrícolas, proporcionan una comprensión de predios pequeños.

- b) Tecnología agrícola regenerativa de bajos insumos, socialmente activada que requieren de un alto nivel de participación popular.
- c) Nuevo enfoque al desarrollo agrícola, más sensible y práctico a las agriculturas locales, culturalmente más compatibles, basado en el conocimiento tradicional combinado con ciencia moderna.
- d) Económicamente viable por minimizar los costos de producción, al aumentar la eficiencia de usos de los recursos localmente disponibles.
- e) Manejo eficiente de recursos locales y autóctonos.
- f) Aumenta la diversidad y variedad de animales y cultivos, minimizando sus riesgos.
- g) Mejora la base agroecosistémica: conservación del agua y suelo, control de erosión, reforestación.
- h) Disminuye el uso de insumos externos, reduce la dependencia y mantiene los rendimientos con tecnología agrícola apropiada rural.
- i) Estimula la soberanía autoalimentaria.

1.6.3.5 Agroecología como movimiento social

La Agroecología juega un papel fundamental y creciente para algunos movimientos sociales de disputas territoriales. En esta lucha, los movimientos sociales comparan la agricultura agroecológica llevada a cabo por campesinos, pueblos indígenas y agricultores familiares con las prácticas que provocan deterioro producidas por la agricultura de tipo industrial (Rosset y Martínez, 2016).

De acuerdo con Rosset y Martínez (2016) existe una tendencia de promover la agricultura agroecológica para la reconfiguración del territorio campesino, con la finalidad de defender este espacio de ocupaciones de tierra obtenidas a través de estrategias políticas que provocan despojos y por lo que el objetivo es redistribuir el territorio entre los propietarios originales.

En otro contexto, Rosset (2015) establece que existe un debate sobre la agroecología, y de cómo llevarla a mayor escala, ya sea por su adopción amplia sobre extensas áreas y por muchos agricultores o por la institucionalización de políticas de soporte para alternativas de experiencias exitosas. Ya que, además, los principios de la Agroecología bien implementados

pueden ayudar a la recampesinización de muchas áreas que están siendo abandonadas debido a las dificultades que enfrentan para producir.

Giraldo (2018) concibe a la Agroecología como una herramienta que pretende reemplazar aquella herramienta agroindustrial cuyo sentido civilizatorio está convirtiendo a los seres humanos en sus esclavos. A través de las iniciativas agroecológicas lo que se busca es cambiar los sistemas alimentarios basados en el uso de combustibles fósiles y orientados a la agro explotación, por un paradigma alternativo, justificado en la agricultura campesina a partir de la innovación local y el uso de energías alternativas, persiguiendo al mismo tiempo que las familias dependan al mínimo de insumos químicos y energéticos, para lo cual es necesario la diversificación agrícola y el acoplamiento de la producción a los ciclos de los ecosistemas.

La Agroecología es tanto una ciencia como un conjunto de prácticas, ofreciendo las bases científicas y metodológicas para las estrategias de transición a un nuevo paradigma de desarrollo, encaminada a dejar atrás los actuales sistemas alimentarios, más allá de la producción para la exportación y la dependencia de los combustibles fósiles hacia un paradigma de desarrollo agrícola alternativo, que promueve la agricultura local y la producción nacional de alimentos por los pequeños agricultores (Rodríguez *et al.*, 2019).

1.6.4 Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son sistemas antiguos de uso de la tierra y ampliamente practicado, en el que los árboles se combinan espacial y/o temporalmente con cultivos agrícolas y/o con animales. Esta combinación de elementos de agricultura con elementos de forestería, son sistemas de producción que tienden a la sustentabilidad, ya que cubren positivamente diferentes puntos de las dimensiones, ambiental, económica y social, aspectos que ocurren en la misma unidad de tierra. Sin embargo, se han desarrollado conceptos modernos de agroforestería y hasta la fecha no ha evolucionado ninguna definición aceptable universalmente, a pesar de que se han sugerido muchas, incluyendo la definición de ICRAF (*International Centre for Research in Agroforestry*): «La agroforestería es un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma

unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local» (Farrell y Altieri, 1997).

Los sistemas agroforestales pueden ser definidos como una forma de uso de la tierra, en la cual plantas leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con distintos cultivos, siendo el propósito fundamental el diversificar y optimizar la producción (Mendieta y Rocha, 2007).

En los sistemas agroforestales se dan interacciones de tipo ecológico y económico entre los diferentes componentes y el propósito es lograr un sinergismo entre estos que conduzca a obtener beneficios del sistema, como hacerlo más productivo, sin olvidar los demás elementos que lo vuelvas un sistema sustentable, además también proporcionan numerosos beneficios ambientales y sociales, estos elementos deben involucrar la participación de los campesinos para la identificación, diseño y ejecución de las diversas actividades (Sotomayor y Barros, 2017).

Las diferentes definiciones de sistemas agroforestales coinciden en un manejo integrado de todos los recursos productivos que existen en una unidad de terreno. Los sistemas agroforestales permiten actividades productivas en condiciones de fragilidad, con recursos naturales degradados, en situaciones económicas eficientes y provocando un mínimo impacto ambiental, lo que contribuye a alcanzar la sostenibilidad de estos sistemas de producción que conlleva a mejorar el nivel de vida de la población que los maneja (Sotomayor y Barros, 2017).

A pesar de las heterogéneas modalidades de los SAF que se llevan a cabo a nivel mundial, su presencia es más extendida en los trópicos. Aproximadamente el 20% de la población mundial (1,200 millones de personas), dependen directamente de los productos agroforestales y de sus servicios en los países en desarrollo (Pandey, 2002). Dada su importancia y uso generalizado, una cuestión importante que debe abordarse es si la agroforestería aplicada pudiera satisfacer las demandas locales, además de promover la captura y almacenamiento de carbono, para obtener beneficios económicos, y ayudar a mitigar la acumulación de CO₂ en la atmósfera (Nair *et al.*, 2009). Estos sistemas pueden mantener y hasta aumentar las reservas de carbono en la vegetación y los suelos. En efecto, la agroforestería fomenta prácticas sostenibles de bajos insumos que minimizan la alteración de los suelos y plantas, enfatizando la vegetación

perenne y el reciclaje de nutrientes, contribuyendo a almacenar carbono a largo plazo (Nair *et al.*, 2009).

Según CATIE (2001), la complejidad de los SAF vuelve difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios más frecuentes bajo los cuales se realiza su clasificación son: la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema se encuentra o es adoptable y el espacio socioeconómico. Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes. La clasificación que más se emplea se basa en el tipo de componentes en donde la especie forestal puede ser de uso maderable, frutal o de servicio:

1. Sistemas Agrosilviculturales
2. Sistemas Silvopastoriles
3. Sistemas Espaciales

Los sistemas agroforestales de interés, se encuentran dentro de la clasificación de sistemas agrosilviculturales, ya que incluye aquellos sistemas donde se ubican árboles dentro de las parcelas de cultivo cumpliendo la función de cercas vivas, cortinas rompe vientos, árboles en linderos, árboles dispersos, siendo considerados en una subcategoría denominada huertos caseros mixtos (Mendieta y Rocha, 2007).

Los huertos familiares constituyen prácticas agroforestales muy antiguas. Estos sistemas se utilizan para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas. En este sistema los árboles altos son intercalados con arbustos medianos y con cultivos anuales bajos para producir una variedad de alimentos y abono verde el cual reduce la erosión del suelo. Son sistemas complejos ya que presentan múltiples estratos, incluyendo muchas formas de vida desde enredaderas, árboles, cultivos rastreros y, en algunas ocasiones, animales. El huerto puede encontrarse en el área a un lado de la casa o un poco más alejado, pero siempre cerca del área de la residencia. Puede producir alimentos y cultivos comerciales, incluidos frutos, nueces, legumbres, fibras, madera, plantas medicinales y ornamentales; cerdos, gallinas, ganado y peces en estanque. Los huertos caseros tienden a mantener la producción durante todo el año y juegan un papel primordial de suplir los alimentos básicos de la familia (Mendieta y Rocha, 2007).

De acuerdo con Mendieta y Rocha (2007) las características más sobresalientes de este tipo de sistema son las siguientes:

- a) Son sistemas con pocas necesidades de ingresos y capacidad constante de egresos para el consumo. La necesidad de mano de obra se escalona durante el año y no se concentra en épocas cortas.
- b) Se depende más de la mano de obra familiar.
- c) Son agroecosistemas con demandas económicas reducidas, apropiados para personas de escasos recursos.
- d) Ecológicamente, son sistemas agrícolas muy parecidos a los ecosistemas naturales, debido a la gran diversidad de especies, altas capacidad de captura de la radiación solar, mecanismos de control biológico, ciclos cerrados de nutrimentos, uso eficiente del espacio y alto grado de estabilidad.
- e) Económicamente, son sistemas agrícolas con mucha resistencia a la fluctuación e inseguridad del mercado, debido a la gran diversificación de sus productos.
- f) En estos sistemas la producción por unidad de superficie de terreno es muy elevada.
- g) Estos sistemas pueden ser muy independientes de insumos externos.
- h) El tamaño reducido, la relativamente escasa inversión necesaria en términos de insumos y mano de obra, y la productividad son las ventajas económicas más sobresalientes

Para este trabajo de investigación y de acuerdo con los que establecen diversos autores (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Altieri, 2002; Mendieta y Rocha 2007; Montagnini, 2015) se considera un SAF aquel constituido por una o más especies frutales en combinación con uno o más cultivos anuales, donde el manejo que se da depende de los beneficios que puedan obtenerse, este manejo incluye la selección de las especies frutales más importantes para el productor, el establecimiento y cuidado del cultivo agrícola y de las especies arbóreas; uso de los suelos; control de plagas y enfermedades, y fertilizaciones, además en ciertos casos se practican labores de podas y entresacas para facilitar un mejor desarrollo del sistema.

En este sentido se considera que un SAF es sustentable cuando se establece una inclusión de especies leñosas, conjunto con la agricultura tradicional y/o los sistemas pastoriles, de tal forma que estos sistemas produzcan un beneficio directo para la unidad de producción familiar

(Saborio, 2016). Por su parte Nicholls y Altieri (2002) consideran que este tipo de agroecosistemas al presentar una mayor biodiversidad presentan más procesos ecológicos que eventualmente colaborarán con la productividad y la calidad del sistema.

Kaimowitz (2012) señala que las áreas donde se establecen especies leñosas son utilizadas como microcorredores biológicos, ya que conectan microecosistemas con otras áreas, permitiendo pasar aves y mamíferos, así como la proliferación de vegetación. Además de los beneficios anteriores, puede mencionarse que el sistema agroforestal provee de hábitat para diversos tipos de especies, las cuales, a su vez, facilitan la dispersión de semillas mejoran la variabilidad genética entre ecosistemas.

Otro elemento importante es proveer de variedad de especies frutales dentro del sistema agroforestal, las cuales ofrezcan una buena variedad de elementos que atraigan polinizadores, los cuales son benéficos para mantener la biodiversidad (Saborio, 2016).

Un aspecto significativo de estos sistemas es que proporcionan múltiples beneficios ambientales a la sociedad, entre los que se encuentran la regulación de ciclo del agua y la disminución de la erosión del suelo, además son sistemas naturales, en los cuales se puede valorar y escuchar la biodiversidad de la zona, en comparación con sistemas de monocultivos, en donde la cobertura forestal es inexistente. Estos sistemas proveen de procesos de renovación del suelo y prestan servicios ecológicos que son necesarios para el mantenimiento de la biodiversidad (Nicholls y Altieri, 2002).

En estos sistemas se puede disminuir el uso de pesticidas, que pueden ocasionar un efecto no deseado sobre el equilibrio del ecosistema. Prácticas como el manejo de plantaciones de árboles compatibles con los cultivos, la minimización del uso de agroquímicos, un programa de actividades de pruebas, potencializan al sistema agroforestal (Montagnini *et al.*, 2015).

1.6.4.1 El sistema MIAF como propuesta de sistema agroforestal

La región de los valles altos de Puebla, se caracterizan por la presencia de sistemas agroforestales con diversas formas de manejo y composición, por lo que se pueden distinguir dos tipos de SAF: tradicionales y especializados.

En ambos casos el cultivo base para la mayoría de estos SAF es el maíz en asociación con otro cultivo de interés alimenticio, por lo que este tipo de sistemas pueden ser denominados Milpa Intercalada con Árboles Frutales, sin embargo, la ejecución de este tipo de sistemas es muy diversa.

Los SAF tradicionales o MIAF de tipo tradicional son fundamentales para conservar y desarrollar la diversidad tanto biológica como cultural, esto es resultado de (Alarcón, 1990; Toledo, 1990; Blancas *et al.*, 2010):

- a) Ser sistemas que utilizan estrategias múltiples de uso y manejo de la diversidad.
- b) Promueve la conservación de especies nativas y endémicas.
- c) Integran la cosmovisión, el conocimiento y las prácticas que se ha manejado de generación en generación.
- d) Propicia la implementación de estrategias de manejo de diversas especies.

Sin embargo, los SAF tradicionales en se encuentran bajo cierta presión de diversos factores sociales, ecológicas y económicas. Esta situación ha traído como consecuencia en algunos casos la disminución de la diversidad, y transformaciones en la cosmovisión, conocimiento y prácticas de los diferentes pueblos (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Además de que se pierde mano de obra, jóvenes por cambio de actividades o migración y de cierta forma también hay una salida de desechos del sistema. Esto se puede apreciar en la Figura 1.1, donde se representa el agroecosistema actual de tipo tradicional y sus subsistemas.

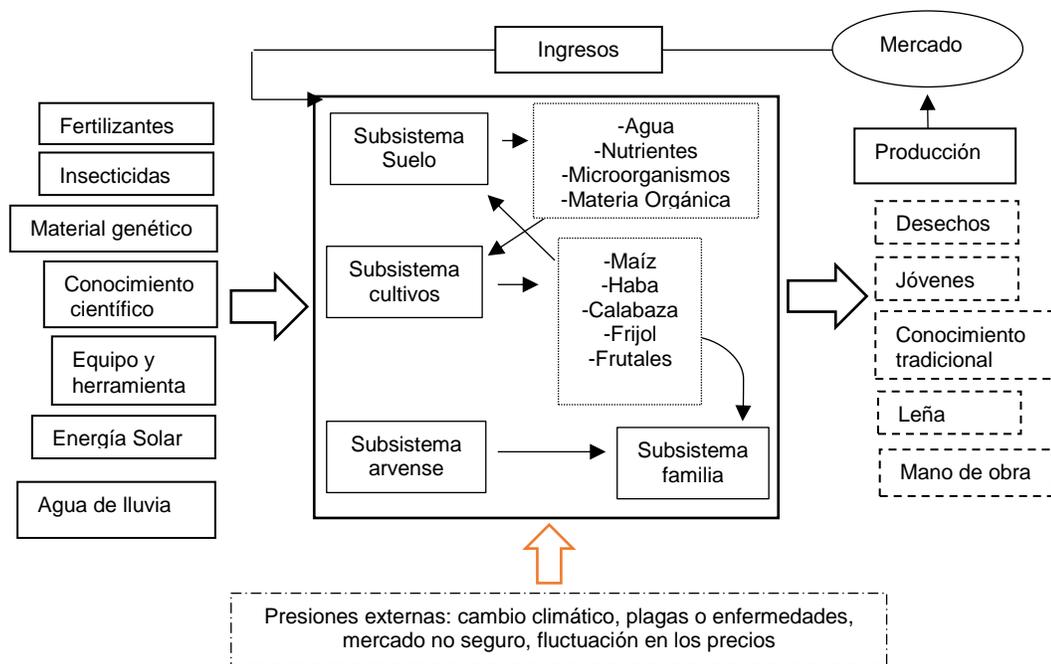


Figura 1.1. Componentes del sistema MIAF tradicional

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos de campo.

El sistema MIAF actualmente se ubica en agroecosistemas donde el conocimiento tradicional, la biodiversidad y el uso de insumos externos son componentes que no están siendo abordados de la mejor manera.

El MIAF de tipo tradicional se maneja de distintas formas en donde se pueden encontrar diversos cultivos asociados al maíz como frijol, calabaza, chile, haba, ejote, chícharo entre otros, y frutales como capulín, tejocote, durazno, ciruela, pera, nogal, limón, chabacano entre otros, encontrando sistemas con la presencia de hasta siete frutales diferentes.

Con respecto al sistema MIAF especializado, este es definido como un sistema agroforestal de cultivo intercalado, conformado por tres especies principales, un árbol frutal (epicultivo), maíz (mesocultivo) y frijol u otra especie comestible, de preferencia leguminosa (sotocultivo), los cuales se encuentran en interacción agronómica y con el propósito de producir maíz y frijol que son fundamentales para la seguridad alimentaria de las familias campesinas (Cortés *et al.*, 2005).

En la región de Huejotzingo, en el estado de Puebla, se ha hecho un trabajo conjunto entre productores e Investigadores del Colegio de Postgraduados, una propuesta tecnológica sobre sistemas agroforestales, donde el agroecosistema comprende una especie arbórea que generalmente es frutal, asociado con cultivos, esta compleja interacción de cultivos se le conoce como MIAF, esta tecnología ha sido llevada a otros lugares, como es el caso de San Andrés Calpan. Actualmente se encuentran dos sistemas con un diseño que se acerca a las especificaciones que se indican para el establecimiento de un modelo MIAF como el que maneja el Colegio de Postgraduados.

El sistema MIAF ha sido una tecnología que presenta muchos beneficios (Cortés *et al.*, 2004), esto puede corroborarse con diversos estudios que se han realizado sobre este tipo de sistemas, en donde se han revisado aspectos como la productividad y relaciones económicas, sin embargo, falta una visión holística del sistema, que nos permita detectar realmente los puntos débiles sobre los que hay que trabajar, y que represente el verdadero estado del sistema con respecto a que tan sustentable es.

Desde finales del siglo pasado el sistema MIAF, el cual es un tipo de sistema agroforestal, se ha propuesto como una tecnología alternativa y sustentable para pequeños productores.

El sistema MIAF aplicado en agricultura de temporal ha demostrado que puede aumentar la cobertura vegetal y la materia orgánica, mejorando la infiltración, la retención de humedad, la fertilidad y la productividad del suelo, además de se reduce el escurrimiento superficial, la erosión y la contaminación ambiental (Zambada *et al.*, 2007).

El modelo del sistema MIAF para el caso de terrenos con una pendiente menor a 20%, consiste de tres franjas de 4.8 m de ancho cada una. La franja central está ocupada por los árboles frutales y las franjas laterales por el maíz o frijol en seis surcos de 0.80 m de ancho cada uno (alternando dos surcos de maíz seguido de dos surcos de frijol). En esta distribución espacial, los cultivos ocupan un tercio de terreno cada uno. Se recomienda que en el primer año de plantación de los árboles dejar por lo menos una franja 1.6 m a cada lado y a partir de ahí sembrar los cultivos básicos (14 surcos de 0.8 m de separación). La repetición de este módulo a lo ancho del terreno propicia una separación entre hileras de 14.4 m, con 12

surcos de maíz y frijol entre ellas en el segundo año. Los árboles se plantan al centro de la franja con una separación de 1.00 m (en condiciones de riego y temporal) y con una sola rama de estructura en forma alterna. Los detalles de poda y conducción del árbol se verán más adelante (Cortés *et al.*, 2005).

El MIAF busca incrementar de manera importante el ingreso de la familia, elevar el contenido de materia orgánica, controlar la erosión hídrica del suelo y así lograr un uso más eficiente del agua de lluvia y la mano de obra familiar (Cortés *et al.*, 2005). El concepto detrás de MIAF va más allá de cultivar maíz y frijol, sino disponer realmente de una verdadera milpa, en la cual tienen cabida cucurbitáceas, plantas medicinales, arvenses y hasta flores. El sistema MIAF es una propuesta del Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuyo desarrollo se inició en el Valle de Puebla después, a partir del año 1999, en el Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) y en microcuencas de la parte norte del Estado de Oaxaca y ahora en Chiapas. Este sistema se plantea como una alternativa de producción para las áreas planas y también para zonas de cultivos con laderas de diferentes pendientes. La milpa le permite al pequeño productor enfrentar posibles fenómenos que amenacen su producción, liberando a su vez al cultivo del maíz de la presión económica de la cual es objeto; al tiempo que es una alternativa viable para la conservación de los recursos naturales.

El MIAF tiene además las siguientes cualidades: a) Capacidad para secuestrar carbono de manera similar a la de otros sistemas vegetales que usan especies forestales; b) La capacidad para mejorar la producción de alimentos prácticamente desde la misma instalación del sistema; y c) La posibilidad de incidir en el incremento de los ingresos de los productores a través de participar en el mercado de fruta fresca a mediano y largo plazos. Adicionalmente, en terrenos de laderas constituye un excelente elemento para el control de la erosión, ya que las hileras de árboles que contienen las parcelas constituyen sistemas que semejan presas filtrantes cuando los residuos de los cultivos anuales se depositan en la misma hilera donde se plantan los árboles y al pie de los mismos. Este sistema permite que con el tiempo se vayan desarrollando terrazas que facilitan la labor de los productores al reducir la pendiente (López, 2005).

El MIAF ha sido bien aceptado por los productores, en buena parte por los beneficios que este aporta, en promedio se calcula que la producción puede ser 1.45% mayor que la de cualquiera de las especies producidas en forma de monocultivo, por otro lado, si alguno de los cultivos MIAF tuviera bajos rendimientos por cuestiones climatológicas, se cuenta con las otras especies en cultivo para satisfacer las necesidades de las familias campesinas (Juárez *et al.*, 2008).

En los últimos años el Colegio de Postgraduados en conjunto con otras instituciones ha llevado la implementación del sistema MIAF a familias rurales en zonas marginadas por medio de la metodología "Escuela de Campo" (López, 2005).

Actualmente los investigadores hacen ensayos con una gran diversidad de especies perennes y anuales, para definir otras estrategias y técnicas que permitan, dentro del enfoque MIAF, el mejor aprovechamiento de la radiación solar, la sombra, la humedad y los nutrientes del suelo (Juárez *et al.*, 2008). Sin embargo, dentro del sistema MIAF existe aspectos que no se han contemplado, es decir el sistema en su mayor parte ha sido estudiado por partes, por lo que no se han analizado de manera sistémica todos sus elementos y las interacciones que existen entre ellos.

El sistema de milpa intercalado con árboles frutales tiene beneficios en el aspecto productivo y económico, sin embargo, existen elementos que están siendo asilados y que tienen como consecuencia aspectos sociales y ecológicos vulnerables.

Los diferentes enfoques y conceptos que conforman la perspectiva teórica de este trabajo permitieron llevar a cabo una investigación de manera más integral, ya que, para poder realizar una evaluación de sustentabilidad, es este caso de los sistemas agroforestales, es necesario partir de conocer los principios y alcances de la sustentabilidad y de su visión como desarrollo sustentable, así como de agricultura sustentable, y de los diferentes elementos que inciden para alcanzar este objetivo. En este sentido, el enfoque agroecológico permite tener una perspectiva más amplia sobre los procesos y elementos, así como de las relaciones entre estos, que se llevan a cabo en la unidad de estudio, por lo que analizar los sistemas de interés bajo esta perspectiva, permitió cumplir de manera pertinente con los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

II. METODOLOGÍA GENERAL

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en San Andrés Calpan, localizado en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 19° 06'36" y 19° 41'12" de latitud norte y los meridianos 98° 23'54" y 98° 32'24" de longitud occidental, con una altitud entre 2,200 y 2,300 metros sobre el nivel de mar. Presenta un rango de temperatura de los 8 °C a los 16°C y un rango de precipitación promedio de 900 a los 1,100 mm, su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (14.89%) (INEGI, 2012).

En San Andrés Calpan se encuentran agroecosistemas con diversidad de árboles frutales intercalados con cultivos anuales, estos SAF pueden presentar un manejo tradicional o pueden haber sufrido transformaciones a lo largo de su historia, situación que los ha llevado a una especialización de su diversidad, por lo que el manejo de sus recursos se da con diferente tecnificación. Los sistemas agroforestales de los productores poseen una superficie de 1.9 ha, encontrando sistemas desde 0.25 hasta 9.5 ha (SIAP, 2018).

La localidad de San Andrés Calpan es la cabecera municipal del municipio de Calpan, cuenta con una población de 7,161 habitantes, representando el 52% de la población total del municipio. El tamaño promedio de los hogares es de 4.3 integrantes. Con respecto a la pobreza, el 80.1% de la población se encuentra en esta condición, de los cuales el 60.1% presentan pobreza moderada y el 20% pobreza extrema (SEDESOL, 2010).

EL 57% de la población se dedica a actividades del sector primario, mientras el 12% a actividades del sector secundario, el 11% a algún tipo de comercio, 18% a servicios y porcentaje restante no está especificado (INEGI, 2010).

2.2 Enfoque de la investigación

La investigación realizada, en su etapa inicial es de tipo descriptivo, ya que se buscó especificar propiedades, características y rasgos importantes de los sistemas en interés, con la finalidad de identificar los grupos existentes. En la segunda etapa, a pesar de contener aun

elementos descriptivos, se torna a un estudio de tipo comparativo y correlacional, ya que se buscó dar respuesta a interrogantes que asocian ciertas características de los grupos de interés con el estado de sustentabilidad de cada sistema (Sampieri *et al.*, 2006).

Para cumplir lo anterior se empleó el enfoque agroecológico, que plantea emplear técnicas cuantitativas y cualitativas para recoger la información necesaria y suficiente, y así cumplir con los objetivos en donde se busca analizar los aspectos ambientales, económicos y sociales en términos de evaluar la sustentabilidad de los sistemas elegidos.

Comprender de manera holística cómo es el funcionamiento de estos sistemas, implica la aplicación de técnicas que permitan obtener información de la parte ecológica, socioeconómica y cultural.

2.3 Técnicas de investigación

Las técnicas cuantitativas y cualitativas aplicadas fueron las siguientes:

Técnicas cuantitativas:

1) La encuesta

La encuesta permite obtener información sobre un problema o un aspecto de éste, a través de una serie de preguntas, dirigidas a las personas implicadas en el tema del estudio (Oncins, 1999). En este sentido, los productores de interés fueron aquellos que tenían como característica un sistema productivo que involucrara el cultivo de maíz en combinación con otras especies agrícolas y frutales. Para identificar a los productores se consideró la relación de beneficiarios PROAGRO Productivo de la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) (SADER, 2018), donde aparecen los productores que manejan el cultivo de maíz, a partir del cual se obtuvo una muestra de productores para realizar la caracterización de los sistemas de producción de la localidad.

2) Medición de carbono almacenado en frutales

Consistió en un análisis de carbono almacenado en las especies forestales de cada agroecosistema. Debido a que no es posible cortar árboles frutales completos, para generar la

ecuación alométrica de cada especie, y como los productores realizan podas anuales, se aprovechó de esta situación para generar las ecuaciones alométricas por ramas con base a sus dimensiones. Por lo tanto, como primera etapa se realizó un muestreo previo de ramas (30 - 40) de diferentes tamaños de cada especie de interés para obtener su biomasa seca y como se acepta que el 50% de la biomasa es carbono, poder calcular la cantidad de carbono que contienen los SAF sólo por frutales. Con estos datos se pudo establecer la ecuación correspondiente para cada especie para el cálculo total de carbono almacenado por sistema.

$$\text{Manzano: } B = -0.5562(D^2L)^2 + 74.23(D^2L) - 77.905$$

$$\text{Tejocote: } B = 29.422(D^2L) + 118.35$$

$$\text{Capulín: } B = 325.97D - 941.34$$

Dónde:

B=Biomasa

D= Diámetro

L = Longitud

3) Cuasi-experimento

La investigación se basó en un diseño cuasiexperimental (Fig. 2.1), debido a que se analizaron sistemas naturales ya establecidos, sobre los cuales se recogió un conjunto de información correspondiente a los diversos indicadores seleccionados como se establece para hacer una evaluación de la sustentabilidad. Se trató de un cuasiexperimento, donde se formaron grupos de acuerdo a las características, al tipo de manejo (prácticas y especies que los constituyen) y que determinaron los tratamientos (manzano, tejocote y capulín). Sin embargo, no todas las variables pueden ser analizadas estadísticamente.

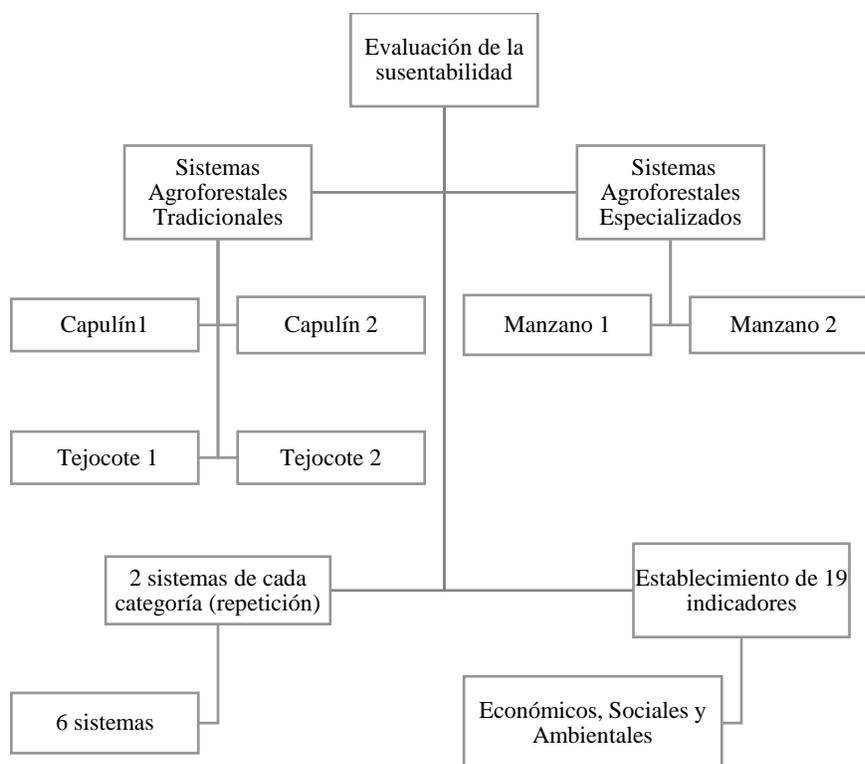


Figura 2.1 Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Técnicas cualitativas:

1. Observación directa

La observación directa, proporciona a los investigadores métodos para revisar expresiones no verbales de sentimientos, determinan quién interactúa con quién, permiten comprender cómo los participantes se comunican entre ellos, y verifican cuánto tiempo se está gastando en determinadas actividades (Schmuck, 1997). Para el caso en estudio se visitó a los productores seleccionados para observar sus sistemas de producción, el manejo de sus recursos naturales, las prácticas tecnológicas que realizan durante el año, la organización familiar para el trabajo de campo, la relación con el mercado, entre otros aspectos.

El abordaje holístico y sistémico propuesto desde el enfoque agroecológico para el estudio de los agroecosistemas, requiere el conocimiento del trabajo en las parcelas de los propios productores, utilizando para ello el “estudio de caso”, lo cual es necesario ya que existe una gran complejidad en el análisis de la realidad de los sistemas agroforestales en términos de

conocer cuál es más sustentable. A través de este abordaje se pudo comprender la estructura, componentes y funcionamiento, de cada sistema productivo, así mismo ver como interaccionan entre ellos (Flores y Sarandón, 2015).

Para evaluar la sustentabilidad de los SAF se utilizó la herramienta metodológica MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad) planteada por Masera *et al.* (1999).

Para una mayor comprensión de los SAF, el trabajo se realizó en dos etapas. La primera consistió en una caracterización referente al tipo de apropiación de los recursos naturales que se hace por parte de los productores que tienen sistemas agroforestales y la segunda etapa consistió en una evaluación de la sustentabilidad de aquellos productores seleccionados de acuerdo a las siguientes características: poseer maíz como cultivo básico y la presencia del frutal representativo en la zona, o en su caso del frutal especializado.

2.4 Población y muestreo

Con respecto a la primera etapa se tiene evidencia de dos tipos de SAF presentes: Sistemas Agroforestales Tradicionales y Sistemas Agroforestales Especializados o en Transición.

En la primera etapa se realizó la caracterización de los SAF; para generar información se realizó un muestreo a partir del registro de PROAGRO de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2018), el cual tiene registrado a 527 productores de maíz. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente expresión matemática considerando la varianza máxima:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}$$

Dónde:

- N= Número de productores registrados (527)
- $Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (valor de la tabla de la distribución normal)
- α =0.05 (es decir, se tiene una confiabilidad del 95%)

➤ d= precisión (0.1)

$$n = \frac{527 (1.96^2) (.25)}{527 (0.1)^2 + (1.96^2) (.25)} \quad n= 81$$

La elección de los 81 productores a los que se les aplicó el cuestionario fue dirigida debido a que no se cuenta con un listado en el que se haga referencia aquellos productores que poseen sistemas agroforestales, por lo que se fueron eligiendo de manera continua a aquellos que en sus agroecosistemas tuvieran árboles frutales en combinación con maíz, hasta completar los 81.

Para la segunda etapa que es la evaluación de la sustentabilidad, se llevó a cabo un muestreo de tipo no probabilístico. A partir de los 81 productores encuestados, se obtuvieron los tres grupos de interés para comparar su estado de sustentabilidad. El primer grupo es el que tiene árboles frutales de manzano, ya que es la especie que proponen los investigadores en el modelo MIAF, los otros dos grupos fueron elegidos conforme a la representatividad en la zona de estudio y a los resultados de la caracterización resultando como principal frutal capulín y tejocote. De cada uno se eligieron a dos productores (Figura 2.1) para realizar un abordaje más profundo del manejo de su agroecosistema, con la finalidad de evaluar el nivel de sustentabilidad.



Figura 2.2. Imagen satelital de las parcelas evaluadas

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo.

2.5 Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)

Para que el debate sobre el desarrollo sustentable vaya mas alla de retórica académica o política y aporte elementos hacia un verdadero cambio de los modelos de desarrollo actuales, es necesario encontrar marcos conceptuales y herramientas prácticas que permitan hacer claros los grandes lineamientos de la discusión sobre sustentabilidad (Masera *et al.*, 2000). A nivel mundial y en Latinoamérica se han venido desarrollando diversos marcos metodológicos para su aplicación a nivel de unidades de producción, que han permitido medir su desempeño en las dimensiones ambiental, social, económica y política, es decir la evaluación de la sustentabilidad en un contexto de pequeños agricultores, mediante la selección participativa de indicadores (Bravo *et al.*, 2015). Los resultados de estos estudios coinciden en la gran utilidad que representa el uso de esta herramienta ya que facilita la toma de decisiones orientadas hacia una gestión sustentable.

En este sentido, dentro de las diferentes metodologías para la evaluación de sustentabilidad se encuentran los Marcos de Evaluación; estos constituyen propuestas metodológicas flexibles que permiten guiar el proceso de evaluación mediante diferentes pasos. Normalmente presentan una estructura jerárquica, partiendo de atributos u objetivos generales que son aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y que sirven de guía para proponer criterios e indicadores más delimitados (Otta *et al.*, 2016).

El uso de indicadores permite suministrar información útil a tomadores de decisión del sector público y privado, acerca de la situación actual o la evolución del estado de los sistemas productivos. A su vez, sirven para promover prácticas sustentables que permitan la subsistencia en el tiempo de los sistemas productivos (Otta *et al.*, 2016).

Actualmente existe el MESMIS, el cual es una metodología para evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales mediante el uso de indicadores (Masera *et al.*, 1999), tiene como base los sistemas de producción campesinos y debido a sus características, constituye una herramienta en permanente construcción. Su estructura es flexible y adaptable a diferentes condiciones económicas, técnicas y de acceso a información. Parte de un enfoque sistémico y multidimensional, en el que el sistema es evaluado a partir de

siete atributos: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad.

Desde el punto de vista metodológico, los sistemas campesinos están conformados por varios componentes o subsistemas que interactúan entre ellos y cumplen múltiples funciones.

Al tener un enfoque sistémico de marcos como el MESMIS permite, reconocer los diferentes subsistemas y sus respectivas relaciones, y tomar en cuenta a la familia como una unidad de control. La heterogeneidad de los estudios provoca una gran diversidad de los indicadores que se utilizan para cada área: ambiental, económica y social. Un indicador puede ser útil en un sistema y no apropiado en otro por lo que no se puede hacer un análisis integral donde se incluyan los resultados de todos los estudios de caso (Speelman *et al.*, 2006).

Esto representa un importante reto teniendo en cuenta que la interpretación del concepto de sustentabilidad es algo de por sí complicado, debido a la complejidad y multidimensionalidad del término, por lo que conocer el estado de sustentabilidad de los diferentes agroecosistemas implica la construcción de indicadores pertinentes a la realidad de cada sistema.

Los objetivos principales que persigue el marco MESMIS consisten en evaluar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, haciendo énfasis en el contexto de los productores campesinos y en el ámbito local, desde la parcela hasta la comunidad, brindando una reflexión crítica destinada a mejorar las posibilidades de éxito de las propuestas de sistemas de manejo alternativos y de los propios proyectos involucrados en la evaluación (Masera *et al.*, 1999).

De acuerdo con Masera *et al.* (1999) la sostenibilidad de un sistema de recursos naturales se define por cinco atributos generales:

Productividad: Es la habilidad de un agroecosistema para proveer de un nivel requerido de bienes y servicios.

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

refiere a la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. Es decir, que se mantenga la productividad del sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo bajo condiciones promedio o normales. Y la confiabilidad es la capacidad del sistema de mantenerse en niveles cercanos al equilibrio ante perturbaciones normales del ambiente.

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

Equidad: Es la habilidad del sistema para distribuir la productividad (beneficios o costos) de una manera justa e igualitaria.

Autodependencia (Autogestión): (en términos sociales y auto dependencia en términos ambientales) es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior (Masera *et al.*, 1999).

De acuerdo con Masera *et al.* (1999) la estructura operativa del MESMIS consiste de un ciclo de evaluación de seis pasos:

1. Definición del objeto de estudio.
2. Determinación de los puntos críticos.
3. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores.
4. Medición y monitoreo de indicadores.
5. Presentación de resultados.
6. Conclusiones y recomendaciones.

Por su parte, Altieri y Nicholls (2002) señalan que la evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas es una inquietud para muchos investigadores del área agrícola, y para conseguirlo se han propuesto listas con diversos atributos para poder evaluar la estabilidad, productividad, resiliencia y adaptabilidad de los agroecosistemas, atributos que también señala Masera *et al.* (1999), se han abordado pocas metodologías rápidas y más sencillas, las cuales se aborden a partir de uso de pocos indicadores y que al mismo tiempo puedan ser utilizadas por los campesinos con el objetivo de conocer el estado de sus agroecosistemas.

Esta investigación fue de tipo transversal, a pesar de que se les dio seguimiento a diferentes sistemas durante un periodo de tiempo, el efecto analizado fue sobre el manejo de los diferentes sistemas. El periodo de recolección de la información comprendió los años 2018-2019, y la escala del estudio fue a nivel parcela.

2.6 Atributos e indicadores

Para la caracterización de los SAF (primera etapa) se realizó en función de los siguientes atributos propuestos por Alarcón y Toledo (2000) (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Atributos para la caracterización de los Sistemas Agroforestales de San Andrés Calpan

Biofísicas Generales	Clima: Templado Subhúmedo con lluvias en verano. Altitud: oscila entre los 2,840 y 2,240 metros. Vegetación original: bosques de pino y pino-encino. Suelo: Regosol ocupa casi la totalidad del territorio municipal; presenta fase gravosa (fragmentos de roca o tepetate menores de 7.5 cm. de diámetro en el suelo).
1. Escala	Tamaño de la parcela
2. Energía	Tipo de energía empleada para el manejo del sistema, ya sea humana, animal y/o proveniente de maquinaria
3. Autosuficiencia	Alimentaria, productiva, genética y financiera
4. Fuerza de trabajo	Tipo de mano de obra utilizada, puede ser familiar o asalariada
5. Diversidad	Cultivos anuales, especies forestales, arvenses
6. Productividad	Rendimiento de los sistemas y principal fuente de ingreso
7. Conocimiento	Presencia de asesoría externa o aplicación de conocimientos adquiridos de generación en generación
8. Cosmovisión	Creencias religiosas y ambientales en las que se basan para realizar ciertas actividades agrícolas

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de Índice de Campesinidad (IC) de Toledo *et al.* (1999).

*Los indicadores seleccionados corresponden al contexto del estudio, por lo que varían con respecto a los propuestos por Toledo *et al.* (1999).

Para la evaluación de la sustentabilidad se establecieron los siguientes indicadores pertinentes para cada uno de los atributos del MESMIS (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad

Atributo	Criterio	Indicador	Medición	Dimensión
Productividad	Eficiencia productiva	1. Rendimiento del cultivo básico	Rendimiento de maíz en t ha ⁻¹	ECOLÓGICA
		2. Rendimiento del frutal	Rendimiento del frutal de interés en t ha ⁻¹	ECOLÓGICA
		3. Eficiencia Relativa de la Tierra	ERT= R _{Mi} /R _{Mu} + R _{AFi} /R _{AFu} Donde: R _{Mi} * = Rendimiento de maíz intercalado; R _{AFi} * = Rendimiento del árbol frutal intercalado; R _{Mu} * = Rendimiento de maíz en unicultivo; R _{AFu} * = Rendimiento de árbol frutal en unicultivo. *En t/ha <i>Turrent et al., 2015</i>	ECOLÓGICA
	Eficiencia económica de los cultivos	4. Relación Beneficio/Costo	R= B/C Cuando: R >1 Recomendable, R =1 No se recomienda R <1 Representa pérdidas	ECONÓMICA
Resiliencia, Estabilidad y Confiabilidad	Conservación de los recursos	5. Índice de Prácticas Agroecológicas	IA= No. de prácticas agroecológicas / no de prácticas totales realizadas en el agroecosistema IA = 1 El sistema es agroecológico 1 > IA ≥ 0.75 El sistema es altamente agroecológico 0.75 > IA ≥ 0.5 El sistema es medianamente agroecológico 0.5 > IA ≥ 0.25 El sistema es pobremente agroecológico 0.25 > IA El sistema no es agroecológico <i>Herrera et al., 2017</i>	ECOLÓGICA
	Biodiversidad	6. Diversidad biológica vegetal	Índice de Shannon $H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$ Donde: H= Índice de Shannon S= número de especies p _i = proporción de individuos de la especie respecto al total de individuos (n _i /N) n _i = número de individuos de la especie i N= número de todos los individuos de todas las especies <i>Magurran, 2004</i>	ECOLÓGICA
	Impacto al ambiente	7. Captura de carbono	C _{total} = ∑ C contenido en cada individuo del sistema A partir del siguiente modelo para obtener el carbono de cada individuo: Y= X ^b Donde: Y= Biomasa (kg) X= Diámetro del árbol (cm)	ECOLÓGICA

			b= altura del árbol (m) Ctotal= Y(0.5) (kg) Montero y Montagnini, 2005	
	Mecanismos de distribución de riesgos	8. Acceso a créditos y seguros	ACS= No. de créditos y/o seguros /productor	ECONÓMICO
Adaptabilidad	Apropiación tecnológica	9. Apropiación de innovaciones tecnológicas	Cantidad de prácticas nuevas que el agricultor realiza en su sistema. No. de prácticas nuevas > 8 = altamente innovador Entre 4 y 7 = medianamente innovador Entre 1 y 3 = Escasamente innovador 0= Sin innovación El productor realiza alrededor de 11 prácticas diferentes en el sistema de cultivo, por lo que se ha optado por considerar al sistema altamente innovador cuando se tenga arriba de un 70% de prácticas nuevas (8 prácticas). Herrera, 2017	SOCIAL
Equidad	Distribución de recursos	10. Índice de equipo por productor	IEP= T (0.1) + B (0.1) + Y (0.5) + I (0.3) Dónde: T= tractor B= bomba para aplicar agroquímicos Y= yunta I= Implementos (azadón, machete, tijeras, pala, escalera)	ECONÓMICO
		11. Grado de adoptabilidad	Con base a la aplicación de una encuesta más amplia para saber el porcentaje de productores que se encuentran en cada sistema	SOCIAL
Autogestión	Capacidad de respuesta a sus necesidades	12. Índice de Seguridad Alimentaria (maíz)	ISAM= ((R)(SS)/NMF)/500* Donde: R= rendimiento de maíz en kg/ha SS= superficie sembrada (ha) NMF= número de miembros en la familia del productor *Factor que equivale a 500 kg de maíz/año ISAM<1: no existe SA ISAM ≥1: se cuenta con SA Damián y Toledo, 2016	SOCIAL
		13. Autosuficiencia genética	Porcentaje de semillas obtenido de la propia parcela para futuras plantaciones.	SOCIAL
		14. Independencia a insumos externos	Cantidad de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas que aplican al sistema (kg/ha y l/ha). Volumen total: kg/ha y/o l/ha de fertilizante + kg/ha y/o l/ha de insecticida + kg/ha y/o l/ha de fungicida + kg/ha y/o l/ha de herbicida	SOCIO-ECONÓMICO
	Participación familiar	15. Mano de obra	Porcentaje de mano de obra proveniente de la familia	SOCIAL

		$\% \text{ mano de obra} = (\text{NIF}/\text{NTJ}) * 100$ Dónde: NIF = Número de integrantes de la familia que participan como jornales en el sistema NTJ = Número total de jornales ocupados en el sistema	
	16. Relevo intergeneracional	Participación de integrantes de la familia más jóvenes a las actividades del agroecosistema $RI = \text{NHP}/\text{NTH}$ Dónde: NHP= número de hijos que participan NTH= número total de hijos	SOCIAL
Situación económica	17. Ingresos del agroecosistema forestal a la unidad familiar	Formula: Porcentaje de Ingresos provenientes del SAF= $IA/IT * 100$ Donde: IA = Ingresos provenientes del agroecosistema IT= Ingresos totales de la unidad familiar Fuentes de ingresos: a) % ingresos que aporta la producción de maíz. b) % de ingresos que aporta la producción de otros cultivos c) % de ingresos que aportan los frutales d) % de ingreso por venta de mano de obra e) % de ingreso por programas sociales f) % de ingreso de otros oficios.	ECONÓMICO
Mercado	18. Diversificación de la venta	Número de productos disponibles para la venta	ECONÓMICO
	19. Canales de comercialización	No. de vías posibles para la venta de sus productos	ECONÓMICO

2.7 Técnicas estadísticas

La investigación está basada en un diseño cuasiexperimental, debido a que se trabajó con sistemas naturales ya constituidos, sobre los cuales se recogió un conjunto de información correspondiente a los diversos indicadores seleccionados. El cuasiexperimento está formado por grupos, en los que sus características (prácticas y especies que los constituyen) definen los tratamientos. Sin embargo, no todas las variables podrán ser analizadas estadísticamente, en algunos casos se analizará como un estudio de caso.

Para la parte del trabajo de investigación que contempla la caracterización de los SAF, se realizó ANOVA para las variables cuantitativas y prueba exacta de Fisher para las variables cualitativas.

Esta investigación es de tipo transversal por lo que se evaluó la sustentabilidad de sistemas agroforestales que emplean componentes y tecnología diferentes en su manejo. Esta evaluación se realizó considerando las actividades involucradas desde la preparación para el inicio del ciclo agrícola hasta la cosecha para el caso de los cultivos; para las especies forestales de tomaran en cuenta las actividades que se hacen antes, durante y después de la cosecha. Se contempló la escala temporal 2018-2019 abarcando las actividades que se llevan a cabo en los diversos cultivos que se encuentran en cada agroecosistema.

La información obtenida se procesó e interpretó a través del programa estadístico SPSS, el cual permite sintetizar e inferir datos.

Literatura citada

- Abler, D. (2004). Multifunctionality, Agricultural Policy, and Environmental Policy. *Agricultural And Resource Economics Review*, 33(1), 8-17
- Acosta, M., Etchevers, J. D., Monreal, C., Quednow, K., y Hidalgo, C. (2001, October). Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. In Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales (pp. 1-5).
- Alarcón, J. B. (1990). Indigenous agroforestry systems in the Latin American tropics. En: Altieri M. A. y Hecht S.B. Eds. *Agroecology and Small Farm Development*, pp. 203-218, CRC Press, Boca Raton.
- Alarcón, C. P. y Toledo, M. V. (2000). Tipología económico–ecológica de los productores rurales de Nahuatzen, Michoacán. En el ajuste estructural en el campo mexicano, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Asociación Mexicana de Estudios Rurales, México.
- Albino, G. R. (2014). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol (Tesis de Doctorado). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo,

- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. *SARANDON, SJ Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires–La Plata*, 49-56.
- Altieri, M. A., y Koohafkan, P. (2008). *Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities* (Vol. 6). Penang: Third World Network (TWN).
- Altieri, M. A., Farrell, J. G., Hecht, S. B., Liebman, M., Magdoff, F., Murphy, B. y Sikor, T. O. (2018). Treditional Agriculture. In *Agroecology*, 107-144. CRC Press.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-83.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), pp. 7-20.
- Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, R., Norgaard, R., y Sikor, T. O. (1997). Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable (No. F08 A48). Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Lima (Peru); Secretariado Rural Peru-Bolivia, La Paz (Bolivia).
- Assis, R. L., y De Jesús, E. L. 2005. Histórico, conceitos e principios da agroecología. In: Padovan M. P., M. A. Urchei, F. M. Mercante, y S. Cardos (eds). *Agroecologia em Mato Grosso do Sul. Principios, Fundamentos e Experiencias*. Embrapa. Dourados. pp: 39-49
- Astier, M. (2006). Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. In *Acta del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Zaragoza*.
- Badii, M. H., Guillen, A., Fernández, L. G., y Abreu, J. L. (2017). La urbanización en relación con el desarrollo sustentable (Urbanization in relation to sustainable developmet). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 12(1), 69-94
- Bartra, A. (2010). Campesindios. Aproximaciones a los campesinos de un continente colonizado. *En Revista Memoria*, 4, 4-13

- Blancas J., Casas A., Rangel, L. S., Moreno, C. A., Torres I., Pérez, N. E., Solís, L., Delgado, L. A., Parra, F., Arellanes, Y., Caballero, J., Cortés, L., Lira, R. y Dávila, P. (2010). Plant management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 64:287-302.
- Bravo, C., D. Benítez, J.C. Vargas-Burgos, R. Alemán, B. Torres y H. Marín. (2015). Socioenvironmental characterization of agricultural production units in the ecuadorian amazon region, subjects: Pastaza and Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(1): 3-31.
- Brundtland, G. (ed.) (1987). Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford, Oxford University Press.
- Camas, G. R. (2012). Erosión hídrica, productividad, captura de carbono y uso de la radiación solar y agua en tres sistemas de manejo para la agricultura de ladera en el trópico subhúmedo de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3(2), 231-243.
- Carolan, M. S. (2013). Reclaiming Food Security. Routledge.
- Casado, G. G., y Hernández, J. M. (2012). Agroecología y agricultura ecológica. Aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. *Agroecología*, 6, 55-62.
- Castillo, R. M., y Chaves, D. M. (2016). Perspectivas de la sustentabilidad: teoría y campos de análisis. *Pensamiento Actual*, 16(26), 123-145.
- Castro, J. A. V. (2018). Agricultura multifuncional: relevancia para el turismo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1494-1507.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2001). Módulos de enseñanza agroforestal. Turrialba, C.R.
- Cortés F. J. I., J. Torres Z., A. Turrent F., E. Hernández R., A. Ramos S. y L. Jiménez S. (2012). Manejo actualizado para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados. 30 p
- Cortés, J. I., A. Turrent, P. Díaz, L. Jiménez, E. Hernández, y R. Mendoza. (2005). Hillside agriculture and food security in Mexico: advances in the sustainable hillside management project. pp. 569-588. In: R. Lal, N. Uphoff, B. A. Stewart, and D. O.

- Hansen. Climate change and global food security. Taylor and Francis. New York, NY, USA
- Cortés, J. I., Mendoza R., Hernández E., Aceves, E., Turrent, A. y N. Estrella. (2004). Manual para técnicos: el sistema agrícola 'Milpa intercalada en árboles frutales (MIAF)' en terrenos planos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Dafermos, G., y Vivero-Pol, J. L. (2015). Agroalimentación: sistema agroalimentario abierto y sustentable en Ecuador. In Buen Conocer-FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador (pp. 293-344). Asociación aLabs.
- DaMatta, F. y Rodriguez, N. (2007). Producción sustentable de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana*, 25 (1), 113-123.
- Damián H.M. y Toledo V.M. (2016). Utopística Agroecológicas Innovaciones Campesinas y Seguridad Alimentaria en Maíz. BUAP. Dirección de Fomento Editorial. P. 125.
- Derero, A., C. Muthuri, E. Barrios, R. Coe, K. Kelemu, A. Gyau, E. Kiptot, K. Hadgu y F. Sinclair. (2014). Farmer motivations and participatory trial design for enhancing food security through developing farm tree resources in Ethiopia. WCA'2014 pdf.
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. M. y Roosevelt, F. D. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. El Sistema Agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados, AMC, Conacyt-UPAEP-IMINAP. San Luis Huexotla, Texcoco, Edo. de México, 63-79
- Farrell, J. G. y Altieri, M. A. (1997). Sistemas agroforestales. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable.* (Ed. MA Altieri). CLADES/ACAO. La Habana, Cuba, 163.
- Feldman, S. y Biggs, S. (2012). International shifts in agricultural debates and practice: an historical view of analyses of global agriculture. En: W.B. Campbell, y S.L. Ortíz (Eds.) Integrating agriculture, conservation and ecotourism societal influences, Vol.2 (pp. 107-161). Dordrecht, Países Bajos: Springer.

- Flores, C. C. y Sarandón, S. J. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de un proceso de transición agroecológica en sistemas de producción hortícolas familiares del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114.
- Flores, L. B., Dussi, M. C., Giménez, G., y Barrionuevo, M. (2018). Aportes a la comprensión de la sustentabilidad en fruticultura. *Cuadernos de Agroecología*, 13(1).
- García, F. G., Escobedo, C. J. F., Gutiérrez, R. N., Parra, I. F., Olvera, P., Valerian, A. B. y Sagarnaga, V. M. L. (2008). Rentabilidad de la producción de durazno en los municipios de Chiautzingo, Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, Puebla. Estudio de caso. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Postgrado de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.
- García T., R. (2000). La Agroecología: ciencia, enfoque y plataforma para su desarrollo rural sostenible y humano. *Revista Agroecología*, Ed. LAV.
- Giraldo, O. F. (2018). Ecología política de la agricultura: agroecología y posdesarrollo. El Colegio de la Frontera Sur.
- Gliessman, S. R., Rosado, M. F. J., Guadarrama, Z. C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E. y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1).
- González de Molina, M. (2011). Algunas notas sobre agroecología y política. *Agroecología*, 6, 9-21.
- Gutiérrez, C. J., Aguilera, G. L. y González, E. C. Gutiérrez, C. J., Aguilera, G. L. y González E. C. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51-87. Recuperado en 31 de agosto de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352008000100004&lng=es&tlng=es
- Guzmán, G., González de Molina, N. M. y Guzmán, S. E. (2000). Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Editorial Mundi-Prensa, España.
- Hecht, S. (1999). La evolución del pensamiento agroecológico. *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*, 4, 15-30.

- Hernández, L. F. J. (2014). Línea base de carbono en suelos con el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y biomasa aérea (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Edafología.
- Herrera, E., del Rayo, I., Barra, E., Dconsejer, J., Hidalgo Moreno, C., y Gonzalez, L. (2007). Carbono en biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio (No. 04; TESIS.). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Edafología.
- Herrera, P. L., Valtierra, P. E., Ocampo, F. I., Tornero, C. M. A., Hernández, P. J. A. y Rodríguez, M. R. (2017). Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(18), 3711-3724.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 1-23.
- INEGI. (2010). Información de las Microrregiones. Puebla. Calpan. En línea: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=21&mun=026> (5 de septiembre de 2020).
- INEGI. (2012). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Andrés Calpan, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21143.pdf>. (5 de octubre de 2019)
- Juárez R. D., Fragoso, C., Turrent, A., Ocampo, J., Sandoval, E., Ocampo, I. y Hernández, E. (2008). Mejoramiento del suelo en la milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). Asociación Ecología, Tecnología y Cultura en los Andes, Lima, Perú.
- Juárez, R. D. (2012). Efecto de la biota edáfica en la fertilidad del suelo en el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) (Tesis). Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Postgrado de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.
- Juárez, R. D., y Fragoso, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta zoológica mexicana*, 30(3), 637-654.

- Kaimowitz, D. (2012). Biodiversidad y agroforestería. Disponible en <http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/121/Resenas.htm>
- Krishnamurthy, L. y Ávila M. (1999). Agroforestería Básica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México, D.F. 340 p.
- López, G. J. (2012). Factores que influyen en los procesos de innovación para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos en la región norte del distrito de Nochixtlan, Oaxaca. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Postgrado de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional,
- López, C. V. (2016). Lo sostenibilidad biofísica de los agroecosistemas: componente básico del desarrollo local. *Interações (Campo Grande)*, 4(6).
- López, J. (2005). Las escuelas de campo en la capacitación de tecnología en el proyecto Manejo Sustentable de Laderas en Comunidades de la Región Mazateca del Estado de Oaxaca. Colegio de Postgraduados, Estudios del Desarrollo Rural, Tesis de Maestría. Montecillo, México.
- López, T. G. (2007). Sistemas Agroforestales. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural Pesca y Alimentación (en línea). Puebla. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/A-08-1.pdf>
- Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell. Cambridge, USA. 256p.
- Marcelino, A. M., Sánchez, G. M. C. y Camacho, A. D. (2017). Bases teórico-prácticas de un modelo de desarrollo sustentable para comunidades rurales con actividades agropecuarias. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1), 47-59.
- Martínez, P. C. C. (2012). El axioma del desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales*, (137).
- Martínez, R. (2004). Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, 1(103-104), 93-102.
- Martínez, C. R. (2008). Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. *Tecnología en Marcha*, 21(3), 3-13.

- Masera, O., Astier, M. y López, R. S. (1999). Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad MESMIS. MundiPrensa – GIRA – UNAM. México.
- Masera, O., Astier, M. y López, R. S. (2000). Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. MundiPrensa-GIRA-UNAM, México. 99 pp.
- Mastache, A., Gerritsen, P., y Morales, J. (2018). Multifuncionalidad de la agricultura familiar en contextos periurbanos: estudio de caso del Occidente de México. *Cadernos de Agroecología*, 13(1).
- Mendieta, L. Marcia y Rocha, M. Raúl. (2007). Sistemas Agroforestales, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Pg. 115
- Migliorati, M. (2016). Agroecología, una alternativa viable. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 42(3), 226-233.
- Molina, A. M. (2015). Perspectivas de la asociación de cultivos anuales en el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Postgrado de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional,
- Montagnini, F. (2015). Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, Serie técnica informe técnico. 402 p.
- Montero, M., y Montagnini, F. (2005). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica*. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Morales, J. G. (2016). La apropiación de la naturaleza como recurso. Una mirada reflexiva. *Gestión y ambiente*.
- Moreno, C. A. I., Galicia, L. V. J., Casas, A., Toledo, V. M., Vallejo, R. M., Santos, F. D., y Camou, G. A. (2015). Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Moreno, C. A. I., Toledo, V. M. y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91(4): 375-398.

- Nair, P. K., Kumar, B. M., y Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172: 10-23. DOI: 10.1002/jpln.200800030.
- Nair, P. R. y D. P. Garrity (Eds.). (2012). *Agroforestry-The future of global land use*. Springer, Nueva York.
- Nielsen, T., Keil, A. y Zeller, M. (2013). Assessing farmers' risk preferences and their determinants in a marginal upland area of Vietnam: a comparison of multiple elicitation techniques. *Agricultural Economics*, 44(3), 255-273.
- Nieto, G. L. E. y Giraldo, D. R. (2017). Enfoque político-económico de la sustentabilidad de la agricultura campesina. *Criterio Libre Jurídico*, 13(2).
- Oncins de Frutos, M. (1999). Encuestas: metodología para su utilización. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. España.
- Ordóñez, M. y Rodríguez-Hernández, P. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultura de México, y sus productores rurales. *Ciencias*. 91: págs. 54-64. <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no91/CNS091000009.pdf>
- Osto, S. J. B., y Guzmán, J. R. (2015). Buscando los rostros campesinos de por acá. Una aproximación desde la noción de vida campesina. *Revista Controversia*, (205), 41-60.
- Otta, S., Quiroz, J., Juaneda, E., Salva, J., Viani, M. y Filippini, M. F. (2016). Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(1), 179-195.
- Paleologos, M. F., Iermanó, M. J., Blandi, M. L. y Sarandón, S. J. (2017). Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *Redes (St. Cruz Sul, Online)*, 22(2), 92-115.
- Pandey, D. N. (2002). Carbon sequestration in agroforestry systems. *Climate Policy*. 2 (4):367–377.
- Pascual, M. S., Manzanero, M. G. I., Saynes, V. A., y Vásquez, D. M. A. (2020). Sistemas agroforestales de una comunidad zapoteca de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Botanical Sciences*, 98(1), 128-144.

- Pech, T. I. (2015). El rol de la EIB en el desarrollo sustentable en la primaria indígena: el rol de la EIB en el desarrollo sustentable en la primaria indígena.
- Pellegrini, P. y Fernández, R.J. (2018). Agricultural intensification, land use, and on-farm energy-use efficiency during the worldwide spread of the green revolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences-U.S.A.*, 115, 2335- 2340.
- Prager, M., Restrepo, J. M., Ángel Sánchez, D. I., Malagón, R. y Zamorano Montañéz, A. (2002). Agroecología: Una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria. *Editorial UN*.
- Quinga, T. E. (2014). *Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción agroecológicos* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
- Renting, H., W.A.H. Rossing, J.C.J. Groot, J.D. Van der Ploeg, C. Laurent, D. Perraud, D.J. Stobbelaar y M.K. Van Ittersum. (2009). Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management*, 90, p.112-123.
- Rivas, A. (2014). Contribuciones conceptuales y metodológicas para estudios multifuncionales de la agricultura familiar campesina en programas de ciencias agrarias en la Universidad Nacional de Colombia. *Rev. Escenarios Latinoam.* 63:29-44.
- Roa, E. C., y Torres, L. E. (2002). Sustentabilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos: 5. Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos.
- Roberts, W. (2013). *The No-Nonsense Guide to World Food* (2nd ed.). New Internationalist
- Rodríguez, L. C., Méndez, S. P., & Jorge, R. L. (2019). La agroecología, ciencia para el desarrollo rural sustentable. Estudio de caso. *InfoCiencia*, 19(2), 1-12.
- Rosset, P. M. (2015). Epistemes rurales y la formación agroecológica en la Vía Campesina. *Ciência & Tecnologia Social*, 2(1), 4-13.
- Rosset, P. M. y Martínez, T. M. (2016). Agroecología, territorio, recampesinización y movimientos sociales Agroecology, territory, re-peasantization and social

- movements. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 25(47), 273-299.
- Ruíz, A. M., L. Jiménez, S. O., Figueroa, R. y M. Morales G. (2012). Adoption of milpa interspersed system in fruit trees by five Mixe municipalities of the state of Oaxaca. *REMEXCA* 3: 1605-1621.
- Ruíz, M. A. D. (2011). La milpa intercalada en árboles frutales; un análisis del proceso de escalamiento PMSL-PEDREL en cinco municipios de la Sierra Mixe del estado de Oaxaca.
- SADER. (2018). Listado de Beneficiarios PROAGRO ciclo primavera-verano 2018. En línea: <http://www.agricultura.gob.mx/listado-de-beneficiarios/ciclo-primavera-verano-2018>
- Salgado, S. R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*. 23(45): págs. 113-140. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100005
- Salvador, M. T. (2013). Respuesta del manzano 'agua nueva' a distintas dosis de NPK bajo el sistema de cultivos intercalados (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Edafología.
- Sampieri, R. H., Fernández, C., y Baptista, L. (2006). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill. México.
- Santiago, M. H. (2014). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): composición varietal del árbol y fertilización de durazno en condiciones de heladas (Doctoral dissertation, Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México).
- Santiago, M. E., Cortés, F. J., Turrent, F. A., Hernández, R. E. y Jaen, C. D. (2008). Calidad del fruto de duraznero en el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales en laderas. *Agric. Tec. Mex.* 34: 159-166.
- Sarandón, S. (2014). El agroecosistema: un ecosistema modificado. En *Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*, pp. 100-130.

- Sarandón, S. J. (2019). Potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como un nuevo paradigma en las ciencias agrarias. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 383-394.
- Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19-28.
- Schmuck, R. (1997). Practical action research for change. Arlington Heights, IL: IRI/Skylight Training and Publishing. E.U.
- SEDESOL. (2010). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Puebla, Calpan. En línea: http://www.dof.gob.mx/SEDESOL/Puebla_026.pdf (5 de septiembre 2020)
- Segrelles, J.A. y Vásquez, J. 2012. Multifuncionalidad rural y nueva ruralidad. La experiencia europea y la potencialidad en Colombia. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Ed.) Madrid, España.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), (2018). http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php
- Silva, P. R. (2010). Multifuncionalidad agraria y territorio. algunas reflexiones y propuestas de análisis. *Eure*, 36(109), 5-33.
- Sotomayor, Á. y Barros, S. (2017). Los sistemas agroforestales en Chile. Instituto Forestal, Chile. p. 458
- Speelman, E., López, R., Colomer N., M. Astier y Masera O. (2006). 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 and World Ecology*
- Sullivan. (2003). Applying the principles of sustainable farming. Fundamentals of Sustainable Agriculture. EUA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), Department of Agriculture. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 12(1), 69-94.

- Toledo, V. M. (1995). Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo rural, [Peasantry, agroindustriality, sustainability: the ecological and historical basis of rural development]. *Cuadernos de trabajo*, 3, 29.
- Toledo, V. M. (2005). La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa Revista de agroecología*, 20(4), 16-19.
- Toledo, V. M., Alarcón, Ch. P., y Barón, L. (1999). Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México. *Estudios agrarios*, 12, 55-90.
- Toledo, V. M. (1990). The ecological rationality of peasant production. En: Altieri M.A. y Hecth S.B. Eds. *Agroecology and Small-farm Development*, pp. 51-58, CRC Press, Boca Raton.
- Tonolli, A. J. (2019). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(2), 381-399.
- Torres, J. Z., Cortés, F. J., Turrent, F. A., Hernández, R. E y Muratalla, L. M. (2008). Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalado con milpa. *Terra Latinoam*. 26: 265-273.
- Torres, G. I., Rendón, S. F. J., Blancas, J., y Moreno, C. A. I. (2019). El género Agave en los sistemas agroforestales de México. *Botanical Sciences*, 97(3), 263-290.
- Turrent, F. J., Albino, G. R., Cortés, F. J. I., Livera, M. M. y Mendoza, C. M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados.
- Turrent, F. A., Cortés, F. J. I., Espinosa, C. A., Hernández, R. E., Camas, G. R., Torres, Z. J. P., y Zambada, M. A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1169-1185.
- Valencia, M. H. F. (2016). El Desarrollo Rural desde la Agroforestería Agroecológica. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(5).

Velázquez, B. R. R. (2015). La vieja agricultura y la nueva ruralidad: enfoques y categorías desde el urbanismo y la sociología rural. *Sociológica México*, (51), 49-71.

Zambada, M. A., N. Francisco, N., Turrent, F. A. y. Cortés F. J. I. (2007). Avances en la generación y difusión del sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) en laderas tropicales de Los Tuxtlas. In: Memoria de Avances de Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano 2007. Veracruz, México. pp:115-124.

III. CAMPELINIDAD Y AGROINDUSTRIALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes-Reyes¹, Ignacio Ocampo-Fletes^{1*}, Benito Ramírez-Valverde¹, Enrique Ortiz-Torres¹, Primo Sánchez-Morales², Miguel Acosta-Mireles³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, akmerr@hotmail.com, ocampoif@colpos.mx, bramirez@colpos.mx, enriqueortiz@colpos.mx

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, primosamo@yahoo.com

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, acosta.miguel@inifap.gob.mx

Publicado como artículo científico en la revista *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.

3.1 Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) son formas de manejo de los recursos naturales de las familias campesinas, y de gran importancia por los diversos beneficios y funciones ambientales que les generan. Sin embargo, las presiones de la modernidad agrícola, los cambios en el uso del suelo y el cambio climático son factores que están afectando su estructura, funciones y beneficios. El objetivo fue determinar el grado de campesinidad y/o agroindustrialidad de los SAF de San Andrés Calpan, Puebla, México. Para generar información se utilizó la encuesta por medio de un cuestionario aplicado en 2018 a una muestra de 81 productores, con sistemas de maíz intercalado en árboles frutales. Se construyó un Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad (ICA) basado en 8 atributos y se formaron tres grupos de acuerdo a su ICA: Campesino Puro, Tradicional y Semitradicional. Se aplicó un test de Fisher y el ANOVA para conocer diferencias entre grupos. Los resultados muestran un ICA de 0.23. Por grupo, 59% de los SAF presentan características del Semitradicional, 22% del Tradicional y 19% del Campesino Puro. Los indicadores que muestran diferencias significativas, son: superficie, procedencia de mano de obra, energía productiva, autosuficiencia productiva y creencias. Se concluye que los SAF conservan las bases sociales, ecológicas y económicas propias del manejo campesino con un ICA de 0.23.

Palabras clave: Agricultura tradicional; Diversidad; Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad; Sistemas de producción familiar

ABSTRACT

Agroforestry Systems (AFS) are natural resource management practices of peasant families, and they have acquired importance due to the various benefits and environmental functions they generate. However, the pressures of agricultural modernity, changes in land use and climate change are factors that are affecting its structure, functions and benefits. The objective was to determine the degree of rural and / or agro-industrialization of the AFS of San Andrés Calpan, Puebla, Mexico. In order to generate information, the survey was used by means of a questionnaire applied in 2018 to a sample of 81 producers, with corn systems interspersed in fruit trees. A Peasant - Agro-industrialization Index (PAI) was constructed based on 8 attributes and three groups were formed according to their PAI: Pure, Traditional and Semi-

traditional Peasant. A Fisher's test and Analysis of variance were applied to determine differences between groups. The results show a PAI of 0.23. By group, 59% of the AFSs present characteristics of the Semi-traditional, 22% of the Traditional and 19% of the Pure Farmer. The indicators that show significant differences are: surface area, origin of labor, productive energy, productive self-sufficiency and beliefs. It is concluded that the AFSs preserve the social, ecological and economic bases of peasant management with a PAI of 0.23.

Key Words: Peasantry Index; family production systems; diversity; traditional agriculture

3.2 Introducción

La diversidad de formas que toma la agricultura familiar en Latinoamérica, está en función de las características culturales de los productores. Por lo que, el modo en que cada comunidad se apropia de los recursos naturales, está directamente relacionado con el agroecosistema que se genera, tanto en la diversidad como en las prácticas que conforman su manejo (Toledo-Manzur y Barrera-Bassols, 2008).

Toledo-Manzur *et al.* (1999) sustentan que predominan dos modos de producción radicalmente diferentes: el modo agrario o campesino y el modo agro-industrial, que representan dos maneras distintas de concebir, manejar y utilizar la naturaleza; es decir, conforman dos racionalidades productivas y ecológicas diferentes. Sin embargo, en la realidad de los espacios rurales no se puede apreciar sistemas que se encuentren exclusivamente de un lado o del otro, ya que los diversos niveles de “modernización” pueden expresarse con diferentes grados de campesinidad o agroindustrialidad, lo cual se logra apreciar a partir de un conjunto de rasgos que definen el modo de apropiación de la naturaleza: 1) el tipo de energía empleada; 2) la escala de las actividades productivas; 3) el nivel de autosuficiencia de la unidad de producción familiar; 4) el tipo de fuerza de trabajo; 5) la diversidad; 6) la productividad ecológica; 7) los desechos; 8) los conocimientos; y 9) la cosmovisión.

Aquellos sistemas de producción que se caracterizan por tener mayor diversidad vegetal, permitirán que las familias puedan responder de mejor manera a los vaivenes económicos, además de disminuir la vulnerabilidad de reducir su seguridad alimentaria (Hanazaki *et al.*, 2013), como la agroforestería que es un sistema de uso de la tierra antiguo y practicado

ampliamente, en el que en los árboles se intercalan espacial y/o temporalmente animales y/o cultivos agrícolas en la misma unidad de tierra generando sistemas de producción sustentables (Farrell y Altieri, 1999).

Los sistemas agroforestales (SAF) son sistemas multifuncionales que pueden proporcionar una gran variedad de beneficios económicos, socioculturales y ambientales. Los huertos familiares, representan uno de los ejemplos clásicos de la agroforestería. Estos constituyen formas altamente eficientes de uso de la tierra, incorporando una gran variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento (Farrell y Altieri, 1997).

En el mundo existen aproximadamente 1,000 millones de hectáreas de SAF, los cuales se encuentran ampliamente difundidos en América Latina ocupando una superficie aproximada de 357 millones de hectáreas, siendo más prominentes los sistemas silvopastoriles (combinación de árboles con pasturas/ganado en la misma unidad de producción) y los de cultivos anuales y perennes bajo sombra (Nair *et al.*, 2010; Montagnini, 2015).

En México, existen aproximadamente 2 millones de hectáreas de SAF con gran diversidad de especies. Una zona importante que conserva estos sistemas es el área cercana a los volcanes Iztá-Popo (Iztaccíhuatl-Popocatepetl) donde viven alrededor de 120,000 habitantes que poseen este tipo de sistemas. Sin embargo, el estudio de los SAF es aún fragmentado, no solo por la escasez de estudios dirigidos específicamente a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino porque esta forma de manejo del agroecosistema se encuentra en constante transformación y desarrollo (Moreno *et al.*, 2013).

Las prácticas antropogénicas de deforestación, la modernización agrícola y la urbanización rural (industrialización y asentamientos humanos), han provocado el deterioro de los sistemas campesinos con base cultural. A pesar de estos procesos degradadores existen territorios como la zona Iztaccíhuatl-Popocatepetl que conservan SAF manejados por los campesinos. Es el caso de la comunidad San Andrés Calpan, municipio de San Andrés Calpan, se encuentran sistemas constituidos por la milpa y con árboles frutales de los que las familias obtienen productos alimenticios como maíz, frijol y chile y productos para la venta como diferentes frutales: tejocote, ciruela, pera, manzana, capulín (Osorio *et al.*, 2015), y diferentes arvenses.

Sin embargo, la industrialización y la urbanización de la zona, ha propiciado la recomposición de la producción agrícola. La agricultura se ha vuelto una actividad de tiempo parcial, y es complementada con otros trabajos (albañilería, plomería, panadería, choferes de taxi, jornaleros, entre otros) lo que ha transformado al territorio y modificado las estrategias de supervivencia de las familias (Pita *et al.*, 2015). Mientras en 1990 la mayor parte de la población se dedicaba al sector primario, actualmente la tendencia muestra que esta actividad está siendo desplazada por el sector terciario de la economía (López-González *et al.*, 2018).

Por la importancia de los SAF como estrategia para la alimentación y la economía de las familias campesinas, el objetivo fue determinar el grado de campesinidad y agroindustrialidad de los Sistemas Agroforestales (SAF) de San Andrés Calpan, Puebla, para plantear futuras acciones orientadas a la sustentabilidad.

3.3 Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad San Andrés Calpan (Figura 3.1), cabecera municipal de Calpan, en el estado de Puebla, México. La comunidad se ubica a 15 km al oeste de la capital del estado, entre los 19° 06' N y 98° 28' O; se encuentra a una altitud entre 2,200 y 3,200 metros sobre el nivel del mar; con temperaturas entre los 8 y 16°C y una precipitación de 900 a los 1,100 mm; sus climas son templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2012).

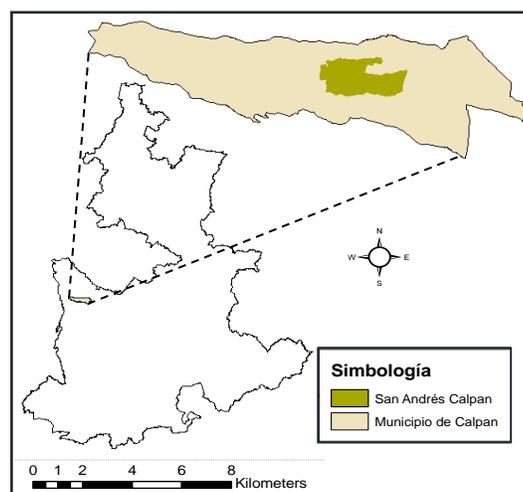


Figura 3.1. Ubicación Geográfica de la localidad de San Andrés Calpan

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 2015

La mayor parte de los terrenos de labor en la localidad están dedicados a la agricultura de temporal (71%), siendo el cultivo de maíz el más importante (INEGI, 2015). Concentra el 52% de la población municipal (7508 habitantes de un total de 14440) (INEGI, 2015).

La población objetivo fueron los productores con sistemas agroforestales y la unidad de análisis los SAF. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó el listado de productores de maíz de PROAGRO de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2018). En esta se identificaron 527 productores de maíz. A partir de esta población se realizó un muestreo utilizando la varianza máxima calculada con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}$$

Donde:

N= Número de productores (527)

$Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (valor de la tabla de la distribución normal)

α =0.05 (confiabilidad del 95%)

d= precisión (0.1)

n= 81

Para seleccionar a los 81 productores se tomó como criterio, “productores que en sus sistemas de producción manejan maíz y al menos una especie frutal”. Al carecer de un registro de productores con frutales, se utilizó la técnica “bola de nieve o muestreo por cadena de referencia”. Con esta técnica el proceso inicia con un participante que puede llevar a otros, y a todos los participantes se les formula la misma pregunta. Se utiliza cadena de referencia a partir de uno o dos sujetos nada más (Mendieta, 2015). Para generar información se utilizó la encuesta. Se aplicó un cuestionario organizado en 57 preguntas durante julio y agosto de 2018.

Para conocer el grado de campesinidad o agroindustrialidad que presentan los SAF, se construyó un Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad (ICA). Desde una perspectiva socio-tecnológica y ecológica, se utilizó la metodología propuesta por Toledo *et al.* (1999), basado en la medición de nueve atributos, de los cuáles para el caso estudiado se evaluaron ocho, a partir de la información recopilada en campo. Los atributos utilizados y su comportamiento en los dos modos extremos de apropiación de los recursos naturales (campesino y agroindustrial) se

muestran en la Cuadro 3.1. Entre estos dos modos se puede encontrar categorías intermedias de apropiación de los recursos naturales.

Cuadro 3.1. Atributos para construcción del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla

Atributo	Descripción	
	Modo Campesino	Modo Agroindustrial
Escala¹	Tiene como límite la escala máxima que pueda manejar los integrantes del núcleo familiar.	Está en relación al acceso que se tenga a máquinas y a más fuerza de trabajo contratada.
Energía²	Uso de energía humana y/o animal.	Uso de energía mecanizada.
Autosuficiencia^{2,3,7}	<i>Alimentaria</i>	
	El volumen producido de sus productos básicos satisface sus necesidades alimenticias, sin hacer un uso más intensivo de la tierra, para una mayor producción.	Mayor volumen de producción (maíz), lo suficiente para autoconsumir y vender el excedente.
	<i>Productiva</i>	
	Obtención de la mayoría de los insumos del mismo sistema.	Dependencia a insumos externos para poder funcionar.
	<i>Genética</i>	
	Uso de semillas provenientes de la propia parcela.	Uso de semillas mejoradas externas.
<i>Financiera</i>		
Enfoca su producción hacia la subsistencia, por lo que puede prescindir de estos servicios.	Depende en mayor medida de apoyos financieros para la producción, procesamiento y/o distribución de sus productos.	

Fuerza de trabajo⁴	Uso de mano de obra familiar.	Contratación de mano de obra para poder cubrir las diferentes labores en extensiones de tierra más grandes.
Diversidad⁵	Variedad de especies. Son sistemas heterogéneos en cuanto a diversidad productiva y de variedades vegetales que no tienen una finalidad agrícola.	Simplificación de los sistemas con la finalidad de conseguir un mayor volumen de la especie de interés económica.
Productividad^{6,7}	<i>Rendimiento</i>	
	Menor rendimiento cuya producción es básicamente para la subsistencia de la unidad de producción familiar.	Mayor rendimiento en la misma superficie, debido al uso de prácticas con mayor cantidad de insumos externos de origen químico y de maquinaria, entre otros.
	<i>Fuentes de ingresos</i>	
	Manifiestan pluriactividad. El sistema productivo está orientado al autoconsumo, por lo que deben cubrir sus demás necesidades a través de la obtención de un ingreso proveniente de otra fuente.	Actividad agrícola como única fuente de ingresos, lo cual se traduce en sistemas que presentan excedentes para poder comercializar en distintos mercados, por lo que el sistema suele representarse como un agro negocio.
Conocimiento⁷	Conjunto de conocimientos basados en hechos y creencias de transmisión limitada y altamente flexibles, que en la mayoría de las ocasiones les han permitido	Asistencia técnica externa con la finalidad de maximizar sus rendimientos, entre otros objetivos, y que está basado en la especialización y suele ser estandarizado.

	mantener en funcionamiento sus sistemas productivos.	
Cosmovisión⁷	La naturaleza se percibe como algo viviente, donde cada elemento está relacionado con seres supremos, con los que se tiene que establecer un diálogo para su apropiación.	La naturaleza es analizada desde un enfoque reduccionista, como un sistema separado de la sociedad, por lo que su explotación está en función exclusivamente de lo que dice la ciencia.

¹ Avellaneda-Cusarúa *et al.*, 2016

² Toledo-Manzur *et al.*, 1999

³ Flores-Hernández y Corona-Martínez, 2016

⁴ Sánchez *et al.*, 2017

⁵ Clavel *et al.*, 2016; Salgado-Sánchez, 2015

⁶ Cedeño-Ruiz, 2015; Flores-Hernández y Corona-Martínez, 2016

⁷Toledo-Manzur, 2002

Fuente: Elaboración propia

Cada atributo está conformado por uno o más indicadores. A cada indicador se le asignaron valores en una escala de cero a uno, donde el cero representa el modo campesino y el uno el modo agroindustrial (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Indicadores para el cálculo del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla

Atributo	Indicador*	Descripción	Clasificación	Valor
Escala	Tamaño en ha (T)	Se interpola el dato a partir de la superficie mínima y máxima encontrada	$T = y_1 + [(x - x_1)/(x_2 - x_1)] * (y_2 - y_1)$ x= superficie x ₁ = superficie mínima x ₂ = superficie máxima y ₁ = 0 y ₂ =1	Valor resultante de la fórmula
			Tipo de energía empleada para la realización de las prácticas en el sistema	Mecánica Mecánica y humana Animal, mecánica y humana Animal y humana
Auto-suficiencia	Alimentaria	Considerando que la producción de maíz cumple sus necesidades, se	Autosuficiencia A.= (100-% de autoconsumo)/100	Valor resultante de la fórmula

		evaluó con respecto al excedente para venta			
	Productiva	Cantidad de insumos externos ocupados para la producción de maíz y frutales (Agroquímicos diferentes)	4 insumos o más	1	
			3 insumos	0.75	
			2 insumos	0.50	
			1 insumo	0.25	
			0 insumos	0	
	Genética	Procedencia de la semilla utilizada	Comprada	1	
			Proveniente de la parcela	0	
	Financiera	Dependencia de créditos para poder llevar a cabo el manejo del sistema	Utiliza créditos	1	
			Utiliza crédito y recursos propios	0.50	
			Utiliza recursos propios	0	
	Fuerza de trabajo	Procedencia de mano de obra	La mano de obra ocupada puede ser familiar, externa, o una combinación	Contratada	1
				Familiar y contratada	0.5
			Familiar	0	
Diversidad	Agrícola anual	Número de cultivos en el sistema	1 cultivo	1	
			2 cultivos	0.5	
			3 cultivos o más	0	
	Agrícola forestal	Número de especies forestales en el sistema	0 especies	1	
			1 especies	0.5	
			2 y 3 especies	0.25	
			4 o más especies	0	
	Biológica vegetal	Número de especies sin finalidad agrícola en el sistema	0 especies	1	
			1 especies	0.66	
			2 especies	0.33	
			3 especies	0	
Productividad	Rendimiento	Rendimiento en t de maíz por ha Interpolando el dato a partir del porcentaje mínimo y máximo encontrado	$P. A. = y_1 + [(x - x_1)/(x_2 - x_1) * (y_2 - y_1)]$ x= rendimiento x ₁ = rendimiento mínimo encontrado x ₂ = rendimiento máximo encontrado y ₁ = 0 y ₂ =1	Valor resultante de la fórmula	
	Fuentes de ingreso	Unidades campesinas	Actividad agrícola más otras actividades	0.5	

		dedicadas exclusivamente a actividades agrícolas	Actividad agrícola	0
Conocimiento	Tipo de conocimientos	Externo en caso de recibir asistencia técnica y aplicar exclusivamente esos conocimientos, e interno en caso de no contar con asistencia técnica, o una combinación de conocimientos	Externo	1
			Combinación	0.5
			Interno	0
Cosmovisión	Creencias en relación a la naturaleza para llevar a cabo su manejo agrícola	Número de creencias para realizar ciertas actividades en sus sistemas	0 creencias	1
			1 creencia	0.75
			2 creencias	0.50
			3 creencias	0.25
			4 creencias o más	0

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de Índice de Campesinidad (IC) de Toledo *et al.* (1999).

*Los indicadores seleccionados corresponden al contexto del estudio, por lo que varían con respecto a los propuestos por Toledo *et al.* (1999).

Los datos para construir el ICA se obtuvieron a partir del promedio de los valores de los indicadores que integran los ocho atributos. Los valores asignados a los distintos indicadores se definieron con la información de los 81 productores.

De acuerdo con Alarcón y Toledo (2000), según el valor del ICA obtenido, los sistemas de producción se pueden clasificar en siete categorías: campesinos puros (0.0 a 0.09), tradicionales (0.10 a 0.20), semitradicionales (0.21 a 0.40), transicionales (0.41 a 0.60), agroindustrial incipiente (0.61 a 0.80), agroindustrial (0.81 a 0.99) y agroindustrial puro (1.0).

Para este estudio se obtuvo el ICA promedio de la muestra, el cual indica la categoría en la que se encuentran los SAF de manera general. De acuerdo al ICA que obtuvo cada SAF de la muestra, se detectaron las diferentes categorías de modo de apropiación de los recursos naturales en la zona, según los rangos establecidos por Alarcón y Toledo (2000). De esta forma fue posible apreciar el ICA promedio que presenta cada una de las categorías detectadas.

Para conocer si existían diferencias significativas entre los indicadores para cada categoría detectada, se realizó un análisis de varianza, seguido de una prueba de Tukey ($p < 0.05$) para los indicadores cuantitativos (superficie y rendimiento). Para el resto de indicadores, al presentar valores en una escala ordinal, se aplicó un test exacto de Fisher ($p < 0.05$). El análisis se realizó con el programa SPSS 18.0.0.

3.4 Resultados y discusión

Características de los productores

Los productores entrevistados (81) tienen una edad entre 32 y 84 años, con un promedio de 58 años. De acuerdo con Ayala *et al.* (2016), en la región centro de México, los productores tienen entre 48 y 52 años, muy cercano a lo encontrado en el estudio, por otra parte, la renovación generacional se está dando de manera muy lenta o incluso se está perdiendo, situación que se observa como un fenómeno general en el Valle de Puebla (Osorio *et al.*, 2015).

El 96 % de los productores entrevistados son del sexo masculino; 73 % sabe leer y escribir, 32 % concluyeron la educación primaria y 31 % la educación secundaria. El 37 % tiene un nivel básico incompleto, o incluso no asistieron a la escuela. Situación semejante con lo encontrado por Gajardo (2014), quien señala que existen diversos estudios, que coinciden en señalar que la distancia cultural entre las familias campesinas y el sistema educativo inciden fuertemente en el fracaso escolar, por su parte Cham *et al.* (2015) comentan que la deserción escolar en este contexto responde a diferentes factores como las condiciones socioeconómicas del núcleo familiar, a un bajo rendimiento académico o por baja autoestima al compararse con sus iguales, por problemas de comportamiento, entre otros, así mismo, el rendimiento escolar puede verse afectado por el número de horas de trabajo o el tipo de trabajo que pudieran realizar los estudiantes (Dorman, 2008).

Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad (ICA)

El valor del ICA resultó de 0.23, que indica que los SAF analizados poseen las características de sistemas semitradicionales de acuerdo a la clasificación de Alarcón y Toledo (2000). Los sistemas agroforestales mantienen un conjunto de indicadores propios de una agricultura familiar campesina. Los valores obtenidos para los atributos que conforman el ICA de los SAF se presentan en la Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad de los SAF de la localidad de San Andrés Calpan en el municipio de Calpan, Puebla

Atributo	Indicador	Valor	Valor final
Escala (Esc)	Tamaño	0.36	0.36
Energía (Eng)	Productiva	0.25	0.25
	Alimentaria	0.14	
Autosuficiencia (Asuf)	Productiva	0.65	0.20
	Financiera	0.00	
	Genética	0.00	
Fuerza de trabajo (FT)	Procedencia de mano de obra	0.16	0.16
Diversidad (Div)	Agrícola anual	0.08	0.18
	Agrícola forestal	0.12	
	Biológica vegetal	0.34	
Productividad (PT)	Rendimiento	0.45	0.26
	Principal fuente de ingreso	0.07	
Conocimiento (Con)	Tipo de conocimientos	0.02	0.02
Cosmovisión (Cos)	Creencias para llevar a cabo su manejo agrícola	0.39	0.39
Índice de campesinidad	$IC = \frac{Esc+Eng+Asuf+FT+Div+PT+Con+Cos}{8}$		0.23

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Los atributos de escala (0.36) y de cosmovisión (0.39) presentaron los valores más altos con respecto a los demás atributos; sin embargo, se encuentran en rango tendiente a la campesinidad como se muestra en la Cuadro 3.3. Para el caso de la escala, el productor con menor superficie agrícola posee un huerto de 975 m², por lo que este valor es equivalente a cero en la escala de campesinidad-agroindustrialidad, mientras que el productor con mayor superficie tiene 3.4 ha, lo que equivale a 1 de acuerdo a la metodología para obtener in ICA; en promedio los productores poseen 1.3 ha.

El valor del atributo de cosmovisión (0.39), significa que las técnicas agrícolas modernas van ganando espacio sobre las prácticas culturales; en este sentido, Toledo-Manzur (1999) refiere que el proceso campesino de apropiación-producción se basa en una visión no materialista de la naturaleza, y este rasgo aparece más claramente en aquellos sectores campesinos que pertenecen a alguna cultura indígena y tiende a desvanecerse en aquellos grupos aculturizados o inmersos en los diversos mecanismos de modernización, como el caso estudiado donde la cosmovisión basada en la cultura local se encuentra más vulnerable a un cambio hacia lo agroindustrial. Si bien en la localidad de estudio no cuentan de manera formal con la presencia de asesoría externa, los productores han dejado a un lado parte de sus conocimientos ancestrales, por la necesidad de ver resultados más rápidos en sus sistemas, lo que lleva a que tomen consejos en muchas de las ocasiones de los vendedores de agroquímicos. En este sentido Torres (2019) refiere que la aculturación ha provocado que en ciertas comunidades las costumbres y conocimientos queden dispersos, dando lugar a que otro tipo de conocimientos prevalezcan repercutiendo en el conjunto de creencias, valores y sistemas de conocimiento que articulan la vida social de los grupos, así como en la relación de los hombres con la naturaleza y su vida comunitaria.

De acuerdo a la clasificación de Alarcón y Toledo (2000) en la zona de estudio se encontraron tres tipos de SAF: Campesino Puro (19 %), Tradicional (22 %) y Semitradicional (59 %) (Cuadro 3.4). El SAF que obtuvo el ICA más alto, presentó un valor de 0.43, por lo que se ubica en la categoría de Transición, con algunas características tendientes a la agroindustrialidad en comparación con los demás; por otro lado, el sistema con el ICA más bajo obtuvo un valor de 0.06, indicador de un sistema Campesino Puro.

Cuadro 3.4. Tipos de sistemas encontrados en la localidad de San Andrés Calpan, Calpan, Puebla

Tipo	Porcentaje
Campesino Puro	19%
Tradicional	22%
Semitradicional	59 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Ordóñez y Rodríguez-Hernández (2008) mencionan que el comportamiento de los atributos en las categorías de Campesino Puro, Tradicional y Semitradicional son muy similares; son pequeñas diferencias de prácticas específicas, lo que incide en que los sistemas analizados obtengan valores más altos y en consecuencia se ubiquen en categorías diferentes; este comportamiento entre grupos también se puede apreciar en la localidad de San Andrés Calpan, las diferencias no suelen ser drásticas; sin embargo, elementos como tamaño de la parcela, el tipo de energía que ocupan para realizar sus actividades (preparación del terreno, siembra, cosecha, podas, etc.), la procedencia de la mano de obra, hacen que los productores se sitúen en categorías diferentes de acuerdo a lo establecido por Alarcón y Toledo (2000).

De manera general, en estos SAF se pueden encontrar prácticas como la preservación selectiva de componentes forestales, los cuales presentan un manejo sencillo (Blancas *et al.*, 2010), elemento de suma importancia en la localidad, como el caso del árbol de capulín, especie frutal que no requiere un manejo exigente y representa una fuente de ingresos para las familias. Son sistemas con un manejo de elementos agrícolas con niveles avanzados de domesticación, como es el caso de maíz, frijol y calabaza que están presentes en estos sistemas, aunado a esto, este tipo de unidades de producción buscan maximizar las interacciones ecológicas entre los elementos agrícolas y forestales del sistema bajo condiciones ambientales, socio-culturales y económicas particulares (Nair, 1998). Las condiciones de esta localidad hacen que el diseño de sus sistemas sea particular, y que responda a la necesidad que tiene cada unidad de producción familiar.

Este tipo de sistemas presentan estrategias múltiples de uso y manejo de la diversidad, por lo que proporcionan beneficios a los seres humanos a escala local, regional y global (Schroth *et al.*, 2004), además de conservar especies nativas, que en muchos de los casos presentan un alto significado cultural (Bhagwat *et al.*, 2008). Otro aspecto que resalta en este tipo de sistemas, es que en ellos se representan las cosmovisiones, los conocimientos, las prácticas y las reglas de uso (Toledo-Manzur, 2002). En este sentido, en la localidad este es uno de los elementos más vulnerables, ya que las únicas prácticas que aún realizan los productores es la bendición de semillas el 2 de febrero, y la creencia de las fases lunares como guía para realizar la siembra y podar de árboles. Blancas *et al.* (2010) resaltan la importancia de los sistemas

tradicionales como espacios para el desarrollo de diferentes estrategias de manejo de especies y paisajes.

Los productores que se encuentran en estas categorías, se caracterizan por el uso de semillas nativas, las cuales pasan por un arduo proceso de selección por parte de los integrantes de la familia (esposas y/o hijos) para poder obtener las de mejor calidad para el siguiente ciclo. Otro fenómeno que se aprecia es la utilización de abonos procedentes de sus animales, ya que sus ingresos son muy limitados para la compra de insumos de origen químicos con costos elevados; este tipo de SAF, presentan diversidad en sus huertos como estrategia productiva para satisfacer sus necesidades. La FAO (2017) afirma que en este tipo de agricultura se encuentra una solución de futuro, más productiva a largo plazo y menos destructiva del ambiente natural.

En este tipo de productores, la relación con la naturaleza se caracteriza por el respeto a su capacidad de regeneración, propiciando la biodiversidad del sistema. En la campesinidad pura los productores eligen sus semillas, respetan la diversidad, operan de forma orgánica, al mismo tiempo que contribuyen a la regeneración de la tierra, factor que no se cumple la agricultura industrial, sino todo lo contrario. Finalmente, se procura el bienestar de los productores (Houtart, 2018). Es importante señalar que ningún sistema está situado en las categorías Agroindustrial Incipiente, Agroindustrial o Agroindustrial Puro.

Las posibilidades de coexistencia de diferentes formas de producción ha sido una temática de los estudios sociales de la agricultura. En el caso de estudio se presentan la existencia de tres tipos de agricultura en una misma zona, lo cual responde a los recursos disponibles de los productores y a los objetivos de las unidades de producción familiar. Guzmán y Woodgate (2013) sostienen que la agricultura familiar combina en la misma entidad una familia y una empresa. Por ello, la familia regula su propensión a trabajar en función de una meta de utilidad estable a través del tiempo.

Esto explica la decisión de la familia por limitar la cantidad de trabajo en tiempos de precios altos, o valorizar internamente su propio trabajo a un precio inferior al del mercado cuando los precios son bajos y, sobre todo, una resistencia mayor a la de la agricultura capitalista en los períodos en que los precios son bajos. En San Andrés Calpan los productores regulan sus

procesos de trabajo en función de las necesidades de la unidad de producción, así como del comportamiento del precio de los productos y de la propia demanda de mano de obra en la zona.

Marzin-Jacques y Rafflegeau (2016) señalan que entre las diferentes formas de producción puede darse en tres escenarios: coexistencia, complementaria o representando conflicto. En este sentido en los SAF estudiados se desarrollan en una relación de coexistencia y complementariedad. Mientras el maíz, el frijol y la calabaza son destinados al autoconsumo familiar y los subproductos a los animales, la diversidad de frutales (tejocote, durazno, ciruela, pera, capulín, chabacano, etc.) son destinados al mercado para la generación de ingresos a lo largo del año.

Como se mencionó, los tres tipos de SAF (Tabla 4) encontrados presentan características muy similares. Dentro de las descripciones reportadas por diversos autores, se señala que incluso pueden considerarse como sistemas que llevan a cabo un tipo de agricultura que generalmente se denomina como tradicional; sin embargo, para conocer cuáles son las diferencias significativas que presentan las tres categorías de SAF, se realizó un ANOVA para los indicadores de superficie y rendimiento (datos cuantitativos) y para el resto de los indicadores al presentar datos cuantitativos, se aplicó la prueba exacta de Fisher (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Comparación de indicadores para la obtención del Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad entre grupos

Atributo	Indicador	CP	T	ST	Significancia*
Escala	Superficie ¹	0.11a	0.31b	0.48c	<0.001
Energía	Productiva	0.04	0.26	0.32	<0.001
	Alimentaria	0.05	0.10	0.33	0.360
Autosuficiencia	Productiva	0.35	0.63	0.71	<0.001
	Genética ²	0.00	0.00	0.00	-
	Financiera ²	0.00	0.00	0.00	-
Fuerza de trabajo	Procedencia mano de obra	0.00	0.06	0.37	<0.001
Diversidad	Agrícola anual	0.03	0.11	0.16	0.855
	Agrícola forestal	0.08	0.15	0.06	0.454

	Biológica vegetal	0.15	0.22	0.45	0.273
Productividad	Rendimiento ¹	0.51	0.49	0.55	0.146
	Fuente de ingreso	0.00	0.03	0.17	0.088
Conocimiento	Tipo de conocimientos	0.00	0.00	0.14	0.762
Cosmovisión	Creencias	0.07	0.24	0.60	<0.001

CP = Campesino Puro; T = Tradicional; TT = Tradicional en Transición.

¹Indicadores evaluados a través de un ANOVA. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (Prueba de Tukey).

²Indicadores que muestran el mismo valor para todos los productores

* $p < 0.05$ existe diferencia significativa (según Prueba exacta de Fisher).

Fuente: Elaborado por el investigador a partir de datos de campo.

Los indicadores de autosuficiencia alimentaria (Autosuficiencia), diversidad agrícola, forestal y biológica vegetal (Diversidad), fuente de ingreso (Productividad), rendimiento (Productividad) y tipo de conocimientos (Conocimiento) no presentaron diferencias significativas con una probabilidad del 95 %, por lo que se concluye que no existe evidencia suficiente para afirmar que los indicadores mencionados presentan diferente comportamiento, entre los grupos de productores detectados.

Con respecto a los indicadores superficie (Escala), energía productiva (Energía), autosuficiencia productiva (Autosuficiencia), procedencia de mano de obra (Fuerza de trabajo) y creencias (Cosmovisión) presentaron diferencias significativas con una probabilidad del 95%, por lo que se concluye que el comportamiento de estos indicadores es diferente en cada uno de los grupos detectados (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.III6. Indicadores con diferencias significativas entre grupos

Atributo	Indicador	General	Campesino Puro	Tradicional	Tradicional en Transición
Escala	Superficie	De 0.1 a 3.4 ha La media es de 1.3 ha por productor	0.47 ha	1.1 ha	1.6 ha

Energía	Energía Productiva	75% uso de animales y maquinaria. 25% uso exclusivo de animales de tiro.	6% uso de animales y maquinaria. 94% uso exclusivo de animales de tiro.	23% uso de animales y maquinaria. 87% uso exclusivo de animales de tiro.	88% uso de animales y maquinaria. 22% uso exclusivo de animales de tiro.
Auto suficiencia	Autosuficiencia productiva	Uso de 3 productos diferentes (fertilizantes, insecticidas, herbicidas)	1 producto	2-3 productos	3- 4 productos
Fuerza de trabajo	Procedencia de mano de obra	80% mano de obra familiar. 20% mano de obra contratada.	100% mano de obra familiar.	89% mano de obra familiar. 11% mano de obra contratada.	52% mano de obra familiar. 48% mano de obra contratada.
Cosmovisión	Creencias	Realización de actividades basadas en diferente número de creencias: 22% - 4 37% - 3 31% - 2 4% - 1 6% - 0	73% - 4 27% - 3	28% - 4 67% - 2 a 3 4% - 1	4% - 4 41% - 2 a 3 4% - 1 10% - 0

Fuente: Elaborado por el investigador a partir de datos de campo.

El indicador superficie muestra el minifundio fraccionado, de acuerdo a la categoría a la que pertenece cada SAF es el tamaño de predio que presenta, siendo menor para los que se encuentran en la categoría de campesino puro y mayor para los semitradicionales. Rello y Saavedra (2013) refieren que existe una tendencia a la fragmentación de la tierra, en parte como resultado de una reforma agraria que generó minifundios y el crecimiento demográfico que provoca la herencia de parcelas cada vez más pequeñas. Este indicador resulta diferenciador clave, además que a partir de la superficie con la que cuenta cada SAF, se verán afectados otros indicadores como el tipo de energía productiva empleada y la procedencia de la mano de obra.

El indicador Energía productiva refiere a que a mayor superficie de producción, los productores se ven en la necesidad de ocupar maquinaria para facilitar sus tareas dentro del sistema, por lo que los SAF ubicados en la categoría de Campesino Puro hacen mayor uso de animales de tiro para sus actividades, en comparación de los SAF Semitradicionales que al contar con una mayor superficie, los productores tienen un arreglo entre árboles y cultivos básicos de tal manera que permite el uso de tractor para ciertas tareas (barbecho y surcado); sin embargo, como comentan Terrones-Cordero y Sánchez-Torres (2010) aún existe gran cantidad de productores que se dedica a la agricultura a pequeña escala, que no permite un uso intensivo de maquinaria agrícola, por lo que los animales son en muchos casos su única opción, de manera general en la localidad el 75% de los productores hacen uso combinado de maquinaria y yunta (animales de tiro).

El indicador de autosuficiencia productiva en los SAF de la categoría de Campesino Puro se traduce en un uso limitado de agroquímicos para sus cosechas en comparación con los SAF Tradicionales y Semitradicionales. Factores como mayor disponibilidad de recursos económicos y mayor superficie del SAF determinan que los productores opten por el uso de este tipo de productos para asegurar sus cosechas, situación que se da en los SAF Tradicionales y Semitradicionales, por lo que presentan una dependencia mayor a diferente tipo de agroquímicos. Este fenómeno coincide con lo que reportan Bernardino-Hernández et al. (2016), quienes refieren que el uso de agroquímicos está relacionado con la modernización de la agricultura y que a su vez está en función de diversos elementos como la superficie, por lo que a mayor superficie los productores se ven en la necesidad de emplear productos químicos para poder controlar de manera más rápida las plagas, o para poder eliminar ciertas arvenses que de manera manual ocuparía mucho tiempo.

La mano de obra empleada es otro indicador clave para distinguir la categoría en que se ubican los SAF de la localidad de San Andrés Calpan. Los SAF de la categoría Semitradicional no obstante de presentar diferencias significativas con respecto a las otras dos categorías, aún siguen empleando la mano de obra familiar; por otra parte, en las épocas de corte de fruta, entre mayor superficie y número de árboles frutales, tienen que contratar mano de obra externa. Los SAF de la categoría Campesina Pura y Tradicionales, basan sus actividades en el uso de mano de obra familiar (infantil, femenil, senil, etc.); en épocas en que se demanda más mano de obra

en otras parcelas, la familia vende su fuerza de trabajo. En este sentido, autores como Cervantes-Herrera *et al.* (2015) refieren que la incorporación de la fuerza de trabajo por parte de todos los integrantes de la familia, no se hace con la finalidad de explotación, sino que es parte de procesos más complejos como una forma de capacitación productiva y de trasmisión de conocimientos. Un elemento que resaltan Turrent-Fernández *et al.*, 2017, es que el tipo de agricultura campesina tradicional se caracteriza por la abundancia relativa de mano de obra proveniente de la familia.

Finalmente, el indicador de creencias muestra que mientras el SAF se encuentre más alejado a la categoría de Campesino Puro, hay productores que van perdiendo esa vinculación y visión que se tiene con los recursos naturales y la productividad que pueda ofrecer estos recursos, en la categoría Tradicional y Semitradicional, existen productores con SAF que conservan creencias; sin embargo, se presentan sistemas que incluso ya no consideran ninguno de estos elementos en sus actividades productivas. En este sentido autores como Camejo-Ruiz (2018) refieren que los productores campesinos han llevado a cabo su actividad agrícola por generaciones, basada en una fuerte vinculación con los recursos naturales que conforman los ecosistemas que han intervenido, a través de los cuales han logrado acumular saberes particulares, por lo que se puede ver al productor campesino tradicional como un eslabón de la cadena que se encuentra en equilibrio con la naturaleza; no obstante, la introducción de elementos tecnológicos externos pueden romper este equilibrio. A pesar de ello, todavía existen campesinos que emplean sus saberes ancestrales, situación que es observada en los tres grupos detectados, aunque en diferentes proporciones, lo que en muchos casos permite la conservación de los recursos naturales.

3.5 Conclusiones

Los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan presentaron en promedio un Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad de 0.23, indicador de una racionalidad de apropiación de los recursos naturales de la categoría semitradicional. Sin embargo, existen diferentes formas de producir, basadas en diversos arreglos de los cultivos para generar funciones y beneficios para las familias. Considerando ocho atributos del Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad, se identificaron tres categorías de los SAF con alguna diferencia en su forma de apropiación de

los recursos naturales; en orden de importancia por su presencia, son: Semitradicionales (59%), Tradicionales (22%) y Campesinos Puros (19%).

Los indicadores que marcan diferencias significativas entre estos grupos son: superficie (Escala), energía productiva (Energía), autosuficiencia productiva, (Autosuficiencia), procedencia de mano de obra (Fuerza de trabajo) y creencias (Cosmovisión).

El manejo de los SAF por las familias responde a las condiciones ambientales, los cultivos de interés, las herramientas que poseen, la disponibilidad de mano de obra, los insumos disponibles y la cosmovisión. Estos elementos son los que determinan el tipo de estrategias que llevan a cabo los productores para poder conseguir los objetivos del SAF. Encontrar diferentes categorías de sistemas de producción en la escala de Campesinidad-Agroindustrialidad, manifiesta un fenómeno que refleja la resistencia de los campesinos a la modernización agrícola, no obstante, a la introducción de algunas prácticas y productos provenientes de la agricultura industrial

3.6 Literatura citada

Alarcón-Chaires, P. y Toledo-Manzur, V. 2000. Tipología económico-ecológica de los productores rurales de Nahuatzen, Michoacán. En el ajuste estructural en el campo mexicano, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Asociación Mexicana de Estudios Rurales, México.

Avellaneda-Cusarúa, A., Monroy, K. y Guzmán, D. 2016. Análisis socio-ecológico de los sistemas agropecuarios en Amazonia Colombiana. Estudio de caso La Macarena-Meta. Colombia. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. 26: págs.: 141-154. http://www.redibec.org/IVO/rev26_10.pdf

Ayala-Garay, A. V., González-González, M., y Limón-Ortega, A. 2016. Mecanización del proceso de producción de maíz y amaranto en la región centro de México. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 25(4), 74-80. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36250.85449>

Bernardino-Hernández, H., Mariaca-Méndez, R., Nazar- Beutelspacher, A., Álvarez-Solís, J., Torres-Dosal, A. y Herrera-Portugal, C. 2016. Factores socioeconómicos y tecnológicos

- en el uso de agroquímicos en tres sistemas agrícolas en los Altos de Chiapas, México. *Interciencia*, 41(6): pp. 382-392.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33945816003>
- Bhagwat, S., Willis, K., Birks, J. and Whittaker, R 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23: págs. 261-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Blancas, J., Casas, A., Rangel-Landa, S., Moreno-Calles, A., Torres, I., Pérez-Negrón, E., Solís, L., Delgado-Lemus, A., Parra, F., Arellanes, Y., Caballero, J., Cortés, L., Lira, R. y Dávila, P. 2010. Manejo de plantas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Economic Botany*. 64: págs. 287-302. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-010-9133-0>
- Camejo-Ruiz, J. 2018. Saberes campesinos para el desarrollo agroecológico sostenible desde la cosmovisión de los actores sociales. *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*. 16(2): págs. 1-7.
http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2018_esp/Articulo%201.pdf
- Cedeño-Ruiz, S. 2015. De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 4(2): págs. 137-145. DOI: 10.15640/jaes.v4n2a16
- Cervantes-Herrera, J., Castellanos, J. A., Pérez-Fernández, J. y León-Cruz, A. 2015. Tecnologías tradicionales en la agricultura y persistencia campesina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2: págs. 381-389.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263141553048>
- Cham, H., Hughes, J. N., West, S. and Hee, Im, M. 2015. Effect of retention in elementary grades on grade 9 motivation for educational attainment. *Journal of School Psychology* 53, 7–24. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2014.10.001>
- Clavel, D., Bazile, D., Bertrand, B., Sounigo, O., Vom Brocke, K. y Trouche, G. 2016. Biodiversidad agrícola y sistemas campesinos de producción de semillas. En *Las*

- agriculturas familiares y los mundos del futuro. Sourisseau, Jean Michel (ed.). 81-101. San José: IICA-AFD. <https://agritrop.cirad.fr/583962/1/capitulo16.pdf>
- Dorman, P. 2008. Child Labour, Education and Health: a review of the literature. International Programme on the Elimination of Child Labour (IPEC), Geneva, Noviembre, p. 27. https://www.researchgate.net/profile/Peter_Dorman2/publication/255583310_Child_labour_education_and_health_A_review_of_the_literature/links/573ff40408aea45ee845044e/Child-labour-education-and-health-A-review-of-the-literature.pdf
- Farrell, J. G., y Altieri, M. A. 1997. Sistemas agroforestales. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana Cuba: Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Farrell, J. G., y Altieri, M. A. 1999. Sistemas agroforestales. En Altieri, M. A. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo, págs. 229-243.
- Flores-Hernández, J. Á. y Corona-Martínez, B. 2016. Reproducción campesina y conocimiento local en contextos de fragilidad social y ambiental. Estrategias familiares y comunitarias en la cordillera del Tenzó, México. *Mundo Agrario*. 17(35): págs. 1-18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84547331010>
- Gajardo, J. 2014. Educación y desarrollo rural en América Latina: reinstalando un campo olvidado de las políticas educativas. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*. 7(3): págs. 15-27. <https://revistas.uam.es/index.php/riee/article/view/3099/3298>
- Guzmán, E. S. y Woodgate, G. 2013. Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica. *Agroecología*. 8(2): págs. 27-34. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212161>
- Hanazaki, N., Berkes, F. and Seixas, C. 2013. Livelihood diversity, food security and resilience among the Caicara of Coastal Brazil. *Human Ecolog.* 42: págs. 153-164. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-012-9553-9>
- Houtart, F. 2018. La agricultura campesina e indígena como una transición hacia el bien común de la humanidad: el caso de Ecuador. *Desacatos*. 56: págs. 177-187.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-050X2018000100177

- INEGI, 2012. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Andrés Calpan, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21143.pdf>. (5 de octubre de 2019)
- INEGI, 2015. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21> (12 de mayo de 2020).
- López-González, J. L., Méndez-Espinoza, J. A., Rappo-Miguez, S., Damián-Huato, M., Álvarez-Gaxiola, J. y Paredes-Sánchez, J. 2018. Transformaciones territoriales y estrategias de supervivencia: el caso del municipio de Calpan, Puebla-México 1990-2015. Papeles de población. 24(97): págs. 255-283. DOI: <http://dx.doi.org/10.22185/24487147.2018.97.32>
- Marzin-Jacques, D. B., Rafflegeau, S. 2016. Agriculturas familiares y otros tipos de agricultura. En Las agriculturas familiares y los mundos del futuro. Sourisseau Jean-Michel (ed.), 81-101. San José: IICA-AFD (Agricultura y retos mundiales). <http://www.iica.int/es/publications/las-agriculturas-familiares-y-los-mundos-del-futuro>
- Mendieta, I. G. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones ANDINA*, 17(30):1148-1150. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2390/239035878001.pdf>
- Montagnini, F. 2015. Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, Serie técnica informe técnico. 402 p.. https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ_296869f/UQ296869f_OA.pdf?Expires=1578862919&Key-Pair-Id=APKAJKNB4MJBNC6NLQ&Signature=EGjB7zjLdG~s3hw370T6HcyIwINJddZgTmNm4OjQituLp74AbVPOuIU1ihC8W-

mAKAC5R0geFjZMCXZzk3te5saT16EyJ~3-lhBmYYBh5X9H-
n9gE1yXJ0IWvDqxamRbvjUaOQ0rixakk3RCsWPmXrvfdFAchMhf-
jYuMhauW465fDE3PwwhAJ55-
EEfYcKSPaROhOW4bPYIBIfb45Gy2vDFRz8nyImXovM2Y7vxrErJQy5k5-
QdO4UhMBcjWX2JmcVnVYH0AbS6HQzzhpKPtswLmrQGUxgM8Y6SX6M84epU
fz9OcYGvLEBZrEgeKqfd-BmMYecGSwDi8SfKnpa8WQ__#page=276

- Moreno-Calles, A. I., Toledo-Manzur, V. y Casas, A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*. 91(4): págs. 375-398. <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v91n4/v91n4a1.pdf>
- Nair, R. 1998. Directions in tropical agroforestry research: past, present, and future. *Agroforestry Systems*. En: Nair P.K.R., Latt C.R. (eds) *Directions in Tropical Agroforestry Research*. *Forestry Sciences*. 53: págs. 223-246. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9008-2_10
- Nair, R., Nair, V. Kumar, M. and Showalter, J. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Advances in Agronomy* 108: págs. 237-307. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- Ordóñez, M. y Rodríguez-Hernández, P. 2008. Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultura de México, y sus productores rurales. *Ciencias*. 91: págs. 54-64. <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no91/CNS091000009.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. El futuro de la alimentación y de la agricultura. Tendencias y desafíos, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf> (25 de septiembre de 2019).
- Osorio-García, N., López-Sánchez, H., Ramírez-Valverde, B., Gil-Muñoz, A., y Gutiérrez-Rangel, N. 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova scientia*, 7(14), 577-600. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200577&script=sci_arttext

- Pita-Morales, L. A., Gonzalez-Santos, W., y Segura-Laiton, E. D. 2015. Aproximación al desarrollo rural desde la nueva ruralidad. *Ciencia y Agricultura*, 12(1), 15-25. <https://doi.org/10.19053/01228420.4110>
- Rello, F., y Saavedra, F. 2013. Diversificación productiva y transformación estructural en México: estudios de caso de tres regiones. *Investigación económica*. 72(284): págs. 111-129. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672013000200005
- SADER, 2018. Listado de Beneficiarios PROAGRO ciclo primavera-verano 2018. En línea: <http://www.agricultura.gob.mx/listado-de-beneficiarios/ciclo-primavera-verano-2018>
- Salgado-Sánchez, R. 2015. Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*. 23(45): págs. 113-140. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100005
- Sánchez, L., Ulloa-Cortázar, S. y Barragán, M. 2017. Determinación de la relación entre la seguridad alimentaria y la economía/agricultura familiar en la zona rural del cantón Santo Domingo de los Colorados en Ecuador. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(2): págs. 1-18 <http://files.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/200003762-0d1040e0ba/18.1.64%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20relaci%C3%B3n%20entre%20la%20seguridad.....pdf>
- Schroth, G., Da Fonseca, G.A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L. and Izac, A.N. 2004. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington, DC. 523 p.
- Terrones-Cordero, A. y Sánchez-Torres, Y. 2010. Demandas de insumos de la producción agrícola en México, 1975-2011. *Universidad y ciencia* 26.1: págs. 81-91. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100006
- Toledo-Manzur V., Alarcón-Chaires, P., y Barón, L. 1999. Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México. *Estudios*

agrarios, 12, 55-90.
<https://colectivolatinoamericano.files.wordpress.com/2010/10/toledo-1999-estudiar-lo-rural.pdf>

Toledo-Manzur, V. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología e Desarrollo Rural Sustentável*, 3(2): págs. 27-36. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/V.%20Toledo%20La%20superioridad%20de%20la%20peque%C3%B1a%20pr%20ducci%C3%B3n%20familiar.pdf>

Toledo-Manzur, V. y Barrera-Bassols, N. 2008. *La Memoria Biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria editorial. Barcelona, España. 207 p.

Torres, R. P. M. 2019. La cosmovisión de las comunidades autóctonas en México y su falta de armonización con las normas del Estado. *Revista Latinoamericana de Derecho y Religión*, 4(1), 1-21.
<http://www.revistahistoria.uc.cl/index.php/RLDR/article/view/4972>

Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Espinosa-Calderón, A., Hernández-Romero, E., Camas-Gómez, R., Torres-Zambrano, J. P., y Zambada-Martínez, A. 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5): págs. 1169-1185.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263152411014>

IV. LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA, MÉXICO

**Ana Karen Reyes-Reyes¹, Ignacio Ocampo-Fletes^{1*}, Benito Ramírez-Valverde¹, Enrique
Ortiz-Torres¹, Primo Sánchez-Morales², Miguel Acosta-Mireles³**

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, akmerr@hotmail.com, ocampoif@colpos.mx,
bramirez@colpos.mx, enriqueortiz@colpos.mx

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, primosamo@yahoo.com

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,
acosta.miguel@inifap.gob.mx

4.1 Resumen

La agricultura familiar es uno de los ámbitos de mayor importancia en el que se debe prestar atención por los aportes que pueden tener para la sociedad y el ambiente. La multifuncionalidad de los sistemas de producción constituye un atributo de la agricultura y los territorios, además de cumplir con la generación de productos para la venta, también generan bienes y servicios no ponderados monetariamente. Un tipo de agroecosistema en los cuales puede apreciar la diversificación de funciones que se llevan a cabo, son los sistemas agroforestales (SAF). Los SAF de interés se ubican en la localidad de San Andrés Calpan, la cual está localizada en el municipio de Calpan, en el Valle de Puebla. El objetivo es conocer la multifuncionalidad de los SAF y las aportaciones a la unidad familiar. La metodología seleccionada está basada en el Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA). A través de la evaluación de doce funciones, se obtuvo el valor de cada uno de los cuatro ámbitos de la multifuncionalidad. Los SAF tradicionales presentan mayores aportes a su multifuncionalidad, siendo esta de categoría media alta, lo que explica porque la dominancia de ese tipo de SAF en la localidad, mientras que el SAF especializado se encuentra en un rango de multifuncionalidad vulnerable.

Palabras clave: Agricultura familiar, Biodiversidad, Sistemas tradicionales.

Abstract

Family agriculture is one of the most important areas in which attention should be paid for the contributions they can have. The multifunctionality of production systems is an attribute of agriculture and territories, in addition to complying with the generation of products for sale, they also generate goods and services that are not monetarily weighted. One type of agroecosystem in which you can appreciate the diversification of functions that are carried out, are agroforestry systems (SAF). SAFs of interest are located in the town of San Andrés Calpan, which is located in the municipality of Calpan in the Puebla Valley. The objective is to know the multifunctionality of the SAF and the contributions to the family unit. The selected methodology is based on the Agricultural Production Systems Multifunctionality Index (IMSPA). Through the evaluation of the twelve functions, the value of each of the four areas of multifunctionality was obtained. Traditional SAFs are located in category IV, which is why they

have the greatest contributions to their multifunctionality, this being of a higher category, which explains why the dominance of this type of SAF in the locality, while the specialized SAF is in a range of vulnerable multifunctionality.

Key words: Family agriculture, Biodiversity, Traditional systems.

4.2 Introducción

La agricultura familiar es uno de los ámbitos de mayor importancia para la que se debe prestar atención por los aportes que pueden tener para alcanzar un desarrollo rural, no solo por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria, también por las diferentes funciones que cumple en las áreas económica, ambiental, social y cultural (Sánchez, 2016).

El sector de la agricultura familiar integra las actividades agrícolas, forestales, pesqueras, pastoriles y acuícolas que lleva a cabo una familia y cuya fuerza de trabajo, proviene principalmente de la familia, donde participan hombres, mujeres, niños y personas de la tercera edad. Este tipo de agricultura además de encargarse de la producción de alimentos, también cumple un papel importante en los aspectos socioeconómico, ambiental y cultural; sin embargo, existen factores clave para que se desarrolle de forma exitosa: condiciones agroecológicas, demográficas, socioculturales y territoriales, el acceso a los mercados, a la financiación, a la tierra y a los recursos naturales (FAO, 2014).

Sin embargo, la apreciación reduccionista de la agricultura, enfocada en la parte productiva, ignora las características multifuncionales que históricamente ha cumplido (Holmes, 2006; Moyano, 2008), ya que además de contribuir con la economía, se ocupa de la protección del hábitat y la biodiversidad, así como a la conservación del patrimonio cultural.

La multifuncionalidad de los sistemas de producción constituye un atributo de la agricultura y los territorios, además de cumplir con la generación de productos para la venta, también generan bienes y servicios no ponderados monetariamente. La multifuncionalidad permite reconocer y valorar los múltiples aportes de la agricultura (Bjørkhaug y Richards, 2008).

En este sentido, un tipo de agroecosistema en los cuales puede apreciar la diversificación de funciones que se llevan a cabo, son los sistemas agroforestales (SAF), los cuales se definen como sistemas productivos en los que en un mismo espacio se encuentran por lo menos dos especies vegetales, una de las cuales debe ser leñosa perenne, incluso cuando no se aproveche la madera, y por lo menos una de estas especies sea de interés económico (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Mendieta y Rocha, 2007; ICRAF, 2013; Montagnini *et al.*, 2015). Dentro del aprovechamiento económico, aparte de su comercialización directa, las plantas se utilizan como fuente de alimentación para el autoconsumo o fuente de alimentación para el ganado.

La agroforestería puede mejorar la fertilidad del suelo y promover la sostenibilidad en estos agroecosistemas a través de la combinación de sistemas apropiados de manejo agroforestal y cultivos de cobertura seleccionados (Buyer *et al.*, 2017), así mismo el manejo y uso de la biodiversidad en estos sistemas son los que sustentan los servicios agroecosistémicos multifuncionales tales como el aprovisionamiento de alimentos, forrajes, leña, madera, combustibles, fibra y recarga de acuíferos, entre otros (Navarro *et al.*, 2012).

Los SAF de interés se ubican en la localidad de San Andrés Calpan, del municipio de Calpan, Puebla. Es un área geográfica notable del estado, ya que reúne las condiciones agroclimáticas para la producción de un cultivo de gran importancia como el maíz, y de otras especies, además de contar con varios tipos de sistemas agroforestales. Estos SAF tienen formas heterogéneas en su manejo, las cuales están en función del grado de diversidad que presentan estos sistemas y con el destino de su producción. Se pueden diferenciar dos tipos de SAF, los tradicionales que son los que predominan en la localidad, y otro tipo de SAF que tiende a la especialización en de cultivos, este último, se rige bajo un modelo establecido a partir de investigaciones por parte de instituciones como el Colegio de Postgraduados y el INIFAP.

El objetivo es conocer la multifuncionalidad de los SAF y las aportaciones a la unidad familiar. Se planteó la hipótesis que los SAF con características más tradicionales en su manejo generan mayores aportes a la unidad familiar que aquellos más especializados.

4.3 Metodología

El estudio se realizó en la localidad de San Andrés Calpan (Figura 4.1), cabecera municipal del municipio de Calpan, en el estado de Puebla, México. Esta localidad está ubicada a 15 km al oeste de la capital del estado, entre los 19° 06' de latitud Norte y 98° 28' de longitud Oeste; se encuentra a una altitud entre 2,200 y 2,300 msnm; con temperaturas entre los 8 y 16°C y una precipitación de 900 a 1,100 mm; predominan dos tipos de clima: templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2012).

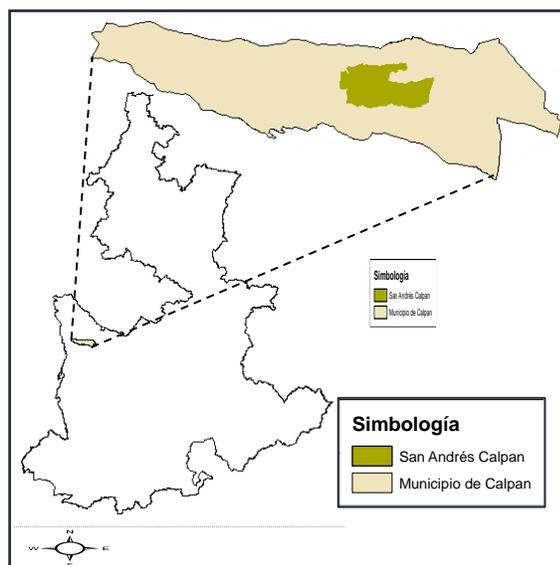


Figura 4.1. Ubicación geográfica de la localidad de San Andrés Calpan

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2015

En esta zona los SAF se encuentran constituidos por frutales como: capulín (*Prunus salicifolia*), tejocote (*Crataegus mexicana*), pera (*Pyrus communis*), ciruela (*Prunus domestica*), nogal (*Juglans regia*), higo (*Ficus carica*) y durazno (*Prunus pérsica*), y cultivos anuales como maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Se seleccionaron los SAF con un manejo tradicional (manejo campesino) y los SAF especializados que su principal especie frutal es la manzana, estos SAF utilizan la tecnología generado por los investigadores en el modelo MIAF, y tienen el objetivo de replicar el modelo con los productores. La diferenciación tuvo la finalidad de comparar ambos sistemas y conocer los aportes de cada uno a la unidad familiar, así como definir el de mayor multifuncionalidad.

A través de un muestreo no probabilístico se obtuvieron los sistemas evaluados. El primer grupo es el que tiene árboles frutales de manzano, ya que es la especie que proponen los investigadores en el modelo MIAF, este grupo de SAF de Manzana (SAFM) fue considerado como el especializado. Los otros dos grupos fueron elegidos de acuerdo a los resultados de una caracterización previa de los productores de la localidad desarrollada en el capítulo III de este trabajo de investigación, la cual se basó en una propuesta de Toledo *et al.* (1999), la cual arrojó como resultado que existen diferentes formas de producir, basadas en diversos arreglos de los cultivos para generar funciones y beneficios para las familias. Se identificaron tres categorías de los SAF con alguna diferencia en su forma de apropiación de los recursos naturales; en orden de importancia por su presencia, son: Semitradicionales (59%), Tradicionales (22%) y Campesinos Puros (19%).

La población objetivo fueron los productores con sistemas agroforestales y la unidad de análisis los SAF. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó el listado de productores de maíz de PROAGRO de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2018). En esta se identificaron 527 productores de maíz. A partir de esta población se realizó un muestreo utilizando la varianza máxima calculada para definir el tamaño de muestra con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}$$

Dónde:

N= Número de productores (527)

$Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (valor de la tabla de la distribución normal)

α =0.05 (confiabilidad del 95%)

d= precisión (0.1)

n= 81

Para seleccionar a los 81 productores propietarios de los sistemas que fueron caracterizados, se tomó como criterio, “productores que en sus sistemas de producción manejan maíz y al menos una especie frutal”. Al carecer de un registro de productores con frutales, se utilizó la técnica “bola de nieve o muestreo por cadena de referencia”. Con esta técnica el

proceso inicia con un participante que puede llevar a otros, y a todos los participantes se les formula la misma pregunta. Se utiliza cadena de referencia a partir de uno o dos sujetos nada más (Mendieta, 2015). Para generar la información se utilizó la encuesta. Se aplicó un cuestionario organizado en 57 preguntas durante julio y agosto de 2018.

Se eligieron aquellos agroecosistemas con amplia representatividad en la zona y que se encontraron en la categoría tradicional, siendo los SAF con capulín (SAFC) y tejocote (SAFT) los seleccionados. El frutal de capulín y tejocote son las dos especies de principal interés económico en la zona, por lo que se decidió tomar las dos para hacer una comparación entre SAF tradicionales al mismo tiempo que la realizada con el SAF especializado. De cada uno de los SAF se eligieron dos huertos, resultando seis.

La metodología utilizada está basada en el Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA) propuesta por Salcido *et al.* (2016). Este Índice retoma una perspectiva sistémica de la actividad agrícola al definir como nivel de análisis al propio sistema de producción agrícola, que contempla cuatro componentes:

1. Territorial: involucra el espacio donde se desarrolla el sistema.
2. Ambiental: considera los recursos naturales disponibles.
3. Económico: integrado por los instrumentos de producción.
4. Social: ser humano como fuente generadora de mano de obra.

Estos cuatro componentes no son excluyentes, son complementarios y se encuentran interactuando, lo que permite generar un sistema de producción que contempla entradas y salidas, donde tiene lugar la multifuncionalidad al dar origen a subproductos que abarcan los ámbitos, territorial, ambiental, económico y social, además del producto objetivo. En cada uno de estos componentes se reconocen las funciones principales que repercuten en el propio sistema o fuera de él (Cuadro 4.1) (Salcido *et al.*, 2016).

Cuadro 4.1. Composición del IMSPA

Ámbito	Función	Variable	Indicador	Valor
Territorial	Configuración del paisaje	Heterogeneidad espacial (excluyente)	No. de cultivos establecidos en el último año	1 cultivo = 1.75
				2 cultivos = 5.25
				3 cultivos = 8.75

				Mayor a 4 cultivos = 10.5
	Conectividad espacial	Fuente de abastecimiento (excluyente)	Procedencia de las semillas para cultivo básico	Comprada = 0 Intercambio=2.75 Propia parcela= 5.5
	Historia agrícola	Tendencia de cambio (excluyente)	Orientación del sistema determinado por el no. de cultivos desarrollados a través del tiempo	Simplificación (reducción de cultivos) = 3 Estable (número de cultivos igual) = 6 Complejidad (aumento de cultivos) = 9
Ambiental	Provisión de refugio y hábitat	Resguardo de fauna (aditiva)	Avistamiento de animales	Valor por tipo = 1.5 En estrato arbóreo En los límites de la parcela En el cultivo
	Conservación de suelo y agua	Estrategias sustentables (aditiva)	Ejecución de prácticas favorables	Valor por práctica = 1.438 Incorporación de materia orgánica Prácticas de lombricultura De rehabilitación de suelo Cultivos de cobertura Surcado en contorno Rotación de cultivos Labranza mínima Riego por goteo
	Preservación de biodiversidad	Fomento de diversidad (aditiva)	Prácticas para propiciar la biodiversidad	Valor por practica = 3 Incorporación de más de una variedad por cultivo Uso de 2 o más cultivos diferentes Uso de especies forestales en márgenes y/o dentro del sistema
Económico	Viabilidad rural	Empleo (excluyente)	Tipo y duración de empleo generado	Empleo familiar temporal = 2.5 Empleo familiar constante = 5 Empleo familiar constante y externo temporal = 7.5

				Empleo familiar y externo constante = 10
	Fortalecimiento o economía local	Mercadeo (excluyente)	Producción integrada al mercado local	Sin distribución = 1.875 Distribución externa a la localidad = 3.75 Distribución local y externa = 5.625 Solo distribución local = 7.5
	Seguridad alimentaria	Autoconsumo (excluyente)	Producción para autoconsumo directo o indirecto (maíz)	Consumo directo = 2.5 Consumo indirecto = 5 Consumo directo e indirecto = 7.5
Social	Protección patrimonial cultural	Cosmovisión agrícola (aditiva)	Disponibilidad y/o practica del productor	Valor por opción = 1.75 Usar diversos cultivos en el tiempo y espacio Producir sin insumos químicos ni maquinarias Usar relaciones ecológicas para prevenir plagas y enfermedades Producir en ambiente adverso por temperatura, inclemencias climáticas y/o pendiente del terreno Usar plantas medicinales de la parcela
	Arraigo territorial	Aprecio local (excluyente)	Sentido de pertenencia	Terreno rentado o prestado y procedencia externa = 1.875 Terreno propio y procedencia externa = 3.75 Terreno rentado o prestado y procedencia local = 5.625 Terreno propio y procedencia local = 7.5
	Cohesión social	Participación (excluyente)	Grado de participación en plataformas sociales	Sin integración = 0 Si pertenece a algún grupo = 2.1875 Si asiste a las reuniones = 4.375

Si participa en acuerdos
= 6.5625

Forma parte del grupo
organizativo = 8.75

Fuente: Modificado a partir de Salcido *et al.* (2016)

El valor del IMSPA por sistema se integra del resultado obtenido en cada uno de los cuatro ámbitos. Los valores máximos que un sistema puede alcanzar en cada ámbito se obtienen a través de la realización de una ponderación de acuerdo a lo observado en campo (Salcido *et al.*, 2016).

$$\text{IMPSA} = \text{AT} + \text{AA} + \text{AE} + \text{AS}$$

Donde:

AT (Ámbito territorial) = \sum funciones 1, 2, 3 (Valor máximo = 25)

AA (Ámbito ambiental) = \sum funciones 4, 5, 6 (Valor máximo = 25)

AE (Ámbito económico) = \sum funciones 7, 8, 9 (Valor máximo = 25)

AS (Ámbito social) = \sum funciones 10, 11, 12 (Valor máximo = 25)

Este índice maneja una escala que va del 0 al 100, entre más cercano se encuentre del 100, mayor será la multifuncionalidad. Se divide en cinco categorías que permiten definir el grado de multifuncionalidad que un sistema de producción agrícola genera (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Categorías del IMSPA

Rango	Categoría	Definición
I (<20)	Multifuncionalidad baja	Estado crítico debido al aporte mínimo de funciones tanto dentro como fuera del mismo, situados en el extremo de la convencionalidad de su forma de producción.
II (20.1-40)	Multifuncionalidad media baja	Sistema que en su mayor proporción se manejan de forma convencional, pueden tener un aporte marcado en alguno de los cuatro ámbitos.
III (40.1-60)	Multifuncionalidad intermedia	Sistema en un estado vulnerable ante la mejora o retroceso en cuanto a la producción de funciones.

IV (60.1-80)	Multifuncionalidad media alta	Sistema en un camino favorable para la producción de funciones en los diversos ámbitos, aunque no de manera proporcional. Se considera que estos sistemas definieron su rumbo hacia la diversificación, y desarrollan prácticas que benefician la multifuncionalidad del sistema.
V (80.1-100)	Multifuncionalidad alta	Categoría que define un estado excelente en cuanto al aporte de funciones en los cuatro ámbitos y que tienen un impacto positivo en el ambiente y sociedad.

Fuente: Salcido *et al.* (2016)

4.4 Resultados y discusión

En la localidad de San Andrés Calpan, los SAF presentan particularidades que están relacionadas con su proceso de desarrollo histórico y con las diversas formas de apropiación de la naturaleza por parte de los agricultores.

Los productores de San Andrés Calpan que manejan los SAF presentan una edad entre 32 y 84 años, con un promedio de 58 años, reflejando que la mayoría de los productores son adultos mayores, factor que permite ver que la renovación generacional se está dando de manera muy lenta o incluso que se está perdiendo, situación que se ve reflejada para el Valle de Puebla en general (Osorio *et al.*, 2015); con respecto a su alfabetización, 73% sabe leer y escribir, siendo 32% los que concluyeron la educación primaria y el 31% los que concluyeron la educación secundaria, el porcentaje restante presentan una educación de nivel básico incompleto, o incluso nunca asistieron a la escuela, este fenómeno puede explicarse con lo que ha encontrado Gajardo (2014), quien señala que existen diversos estudios al respecto, los cuales también señalan que la distancia cultural entre las familias campesinas y el sistema educativo inciden fuertemente en el fracaso escolar.

Los SAF analizados se encuentran constituidos por diferentes componentes (Cuadro 4.3); para el caso de los tres SAF (manzano, tejocote y capulín) el cultivo básico principal es el maíz, los cultivos asociados a éste cambian de acuerdo a lógica de cada productor, siendo el SAF de capulín donde se encuentran más diversidad de cultivos asociados; en el caso de los frutales en cada sistema, es el SAF de capulín nuevamente el que presenta mayor diversidad de

especies. Estos elementos son los que determinan la forma de manejo, situación que influye en el índice de multifuncionalidad de cada sistema.

Cuadro 4.3. Composición de los SAF en la localidad de San Andrés Calpan

	Especializado		Tradicionales	
	SAFM ¹	SAFT ²	SAFC ³	
Cultivo principal	Maíz	Maíz	Maíz	
Cultivos complementarios		Calabaza	Calabaza	
		Frijol	Frijol	
			Haba	
			Chile	
Frutal principal	Manzana	Tejocote	Capulín	
Frutales complementarios		Capulín	Tejocote	
		Durazno	Durazno	
		Nogal	Pera	
			Ciruela	
			Nogal	

¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín
Fuente: Elaboración propia con información de campo

Multifuncionalidad de los SAF

Con respecto a los cuatro ámbitos que conforman el IMSPA, se presentan los valores obtenidos (Cuadro 4.4) para los tres sistemas analizados, con la finalidad de hacer la comparación final entre los SAF tradicionales y el SAF especializado.

Cuadro 4.4. Comparación de indicadores para la evaluación de la multifuncionalidad en los SAF de San Andrés Calpan

Indicador	Especializado		Tradicional	
	SAFM	SAFT	SAFC	
Territorial				
No. de cultivos establecidos	3.5	5.25	7	
Procedencia de las semillas para cultivo básico	5.5	5.5	5.5	

Orientación del sistema determinado por el número de cultivos desarrollados a través del tiempo	2.33	7	7
Ambiental			
Avistamiento de animales	3	4.5	4.5
Ejecución de prácticas favorables	1.438	4.314	4.314
Prácticas para propiciar la biodiversidad	3	6	6
Económico			
Tipo y duración de empleo generado	7.5	7.5	7.5
Producción integrada al mercado local	5.625	5.625	5.625
Producción para autoconsumo directo o indirecto	5	7.5	7.5
Social			
Disponibilidad y/o practica del productor	3.5	5.25	5.25
Sentido de pertenencia	7.5	7.5	7.5
Grado de participación en plataformas sociales	0	0	0

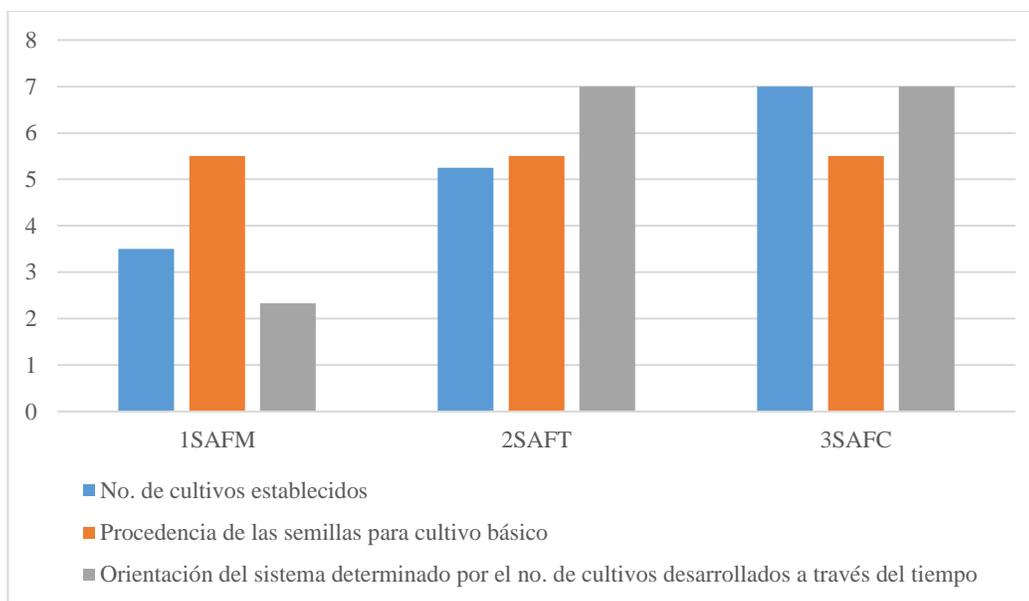
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Ámbito Territorial

La complejidad que puedan tener los sistemas agrícolas depende de diversos factores, en este caso se hace énfasis en que responde a los objetivos de la unidad de producción familiar. Respecto al número de cultivos establecidos, se observa que aquellos sistemas con manejo tradicional optan por la diversificación de sus sistemas, mientras el sistema especializado apuesta por el manejo de una sola especie frutal, el manzano, como lo indica el modelo que se ha establecido a partir de la investigación. Si bien, se puede colocar a un mayor precio en el mercado, requiere un manejo más estricto por lo que la atención del productor se centra en esta especie y no opta por más frutales. En este sentido Clemente y Álvarez (2019) refieren que cuando se opta por la simplificación de los sistemas agrícolas, buscando su intensificación, se modifica y simplifica el paisaje agrícola alterando los servicios ecosistémicos que la biodiversidad proporciona a los agroecosistemas, especialmente el control biológico de plagas.

El número de cultivos establecidos en los diferentes sistemas es el otro indicador diferenciador del ámbito territorial, ya que el SAF especializado ha reducido el número cultivos a solo un cultivo básico (maíz) en combinación con un árbol frutal (manzano), mientras los SAF tradicionales han optado por la diversificación y aumento de los mismos, siendo el SAFC el que presenta mayor número de especies, teniendo al maíz como cultivo básico en combinación con hasta cuatro cultivos diferentes como calabaza, frijol, haba, chile, etc., y diferentes árboles frutales además del capulín, como tejocote, ciruela, pera, nogal, durazno entre otros, situación que les permite obtener ingresos en diferentes etapas del año, además de disminuir el riesgo de pérdida por alguna inclemencia climática o presencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

Por su parte, López *et al.* (2020) refieren que las sociedades rurales modifican sus estructuras, en este caso de los sistemas de producción, en respuesta a los cambios que se presentan en el contexto en el que se desarrollan, donde están presentes elementos como la complejidad, la diversidad, las restricciones y los rendimientos que se consideran a cada momento para poder adaptarse a las necesidades que se les presentan. Es así que aquellos sistemas de producción que optan por la diversificación de la producción agrícola pueden lograr una mayor variedad en la producción vegetal, además de obtener beneficios como reducir el riesgo de plagas y arvenses, mejorar la distribución del agua y los nutrientes a través del perfil del suelo. Con respecto a la procedencia de las semillas, en los tres casos se obtienen las semillas que ocupan de cultivo básico de sus propias parcelas. González *et al.* (2019) reportan que en el municipio de Calpan se da esta práctica de manera general, la cual consiste en hacer una selección de la semilla criolla inmediatamente después de la cosecha, los campesinos seleccionan la semilla de maíz desde el granero, considerando elementos como el tamaño de la mazorca, tamaño de olote y forma de la semilla. La suma del valor obtenido de los tres indicadores del ámbito territorial, muestran que los SAF tradicionales se encuentran por encima del SAFM (Fig. 4.2), es decir, los SAF tradicionales poseen mayor número de cultivos establecidos, situación que se ha ido dando a través del tiempo, además de que las semillas que utilizan proceden de la propia parcela, a diferencia del SAFM, donde se emplean semillas combinadas, y el número de cultivos presentes es reducido.



¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín

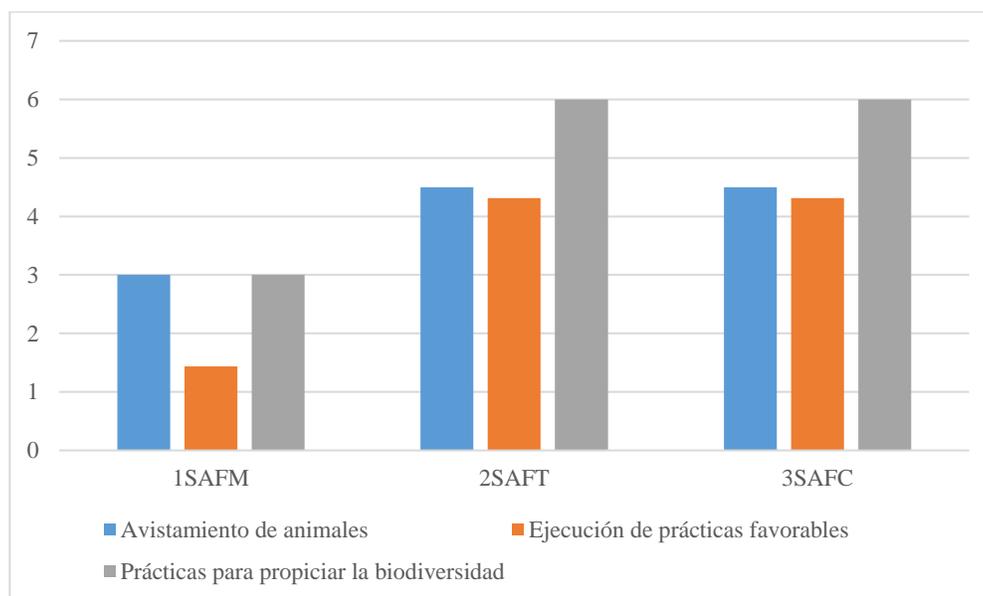
Figura 4.2. Valor por indicador para el ámbito territorial por sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Ámbito Ambiental

En el ámbito ambiental el valor de cada uno de los indicadores establecidos (Cuadro 4.1) y la sumatoria de los tres indicadores para cada sistema es superior en los SAF tradicionales en comparación con el SAF especializado (SAFM) (Figura 4.3). Es decir, que la capacidad de estos sistemas para albergar especies de animales, así como la biodiversidad con la que cuentan y la ejecución de prácticas favorables para el sistema, se dan en mayor proporción que en el sistema que ha sido especializado. Los sistemas con un manejo orientado a lo tradicional, representan un sitio que propicia condiciones más óptimas para la existencia de mayor biodiversidad vegetal, además permiten establecer diferentes condiciones que permiten hospedar para ciertas especies animales, como parte del sistema por lo que presentan un valor de 4.5, estos elementos que no se observan en el SAFM, ya que al ser un sistema especializado presenta más limitaciones con respecto al tipo de prácticas que permitan la presencia de especies animales obteniendo un valor de tres en la escala propuesta; sin embargo, también es importante mencionar que algunas de las especies de fauna que llegan a observarse en los SAF, pueden significar un peligro para los productores, ya que pueden causar daños, tanto al cultivo como a los frutales, situación por la que en muchas ocasiones se opta por realizar prácticas que logren disminuir las poblaciones de ahuyentar a dichas especies.

En este sentido González *et al.* (2019) señalan que, a pesar de conocer el valor de los SAF para la conservación, la diversidad biológica asociada a este tipo de agroecosistemas en América sigue sin ser lo suficientemente estudiada y menos aún se sabe de sistemas agroforestales diseñados para mejorar su eficiencia, tanto productiva como de conservación de la vida silvestre. Por otra parte, en el indicador de prácticas favorables para la salud del agroecosistema, los SAF tradicionales obtuvieron un valor de 4.31, mientras que el SAF especializado obtuvo un valor de 1.43 al solo llevar a cabo una de las prácticas que se consideraron como favorables. En este sentido, Nicholls *et al.* (2015) refieren que en la agricultura actual se ha optado por la sustitución de las especies vegetales naturales por cultivos uniformes, situación que no contribuye a la implementación de prácticas favorables. La manipulación y alteración de los ecosistemas con el objetivo de cumplir con estándares de producción, ha transformado a los agroecosistemas en sistemas muy simplificado, lo cual hace que difieran mucho de los ecosistemas naturales; sin embargo, para los nuevos sistemas de cultivo que buscan ser rediseñados no es suficiente el cambiar el tipo de prácticas que conforman el manejo, debe buscarse que estas prácticas realmente sean favorables a través de la aplicación de principios agroecológicos. Dichos principios pueden traer como consecuencia efectos en la productividad, estabilidad y flexibilidad del agroecosistema.



¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín

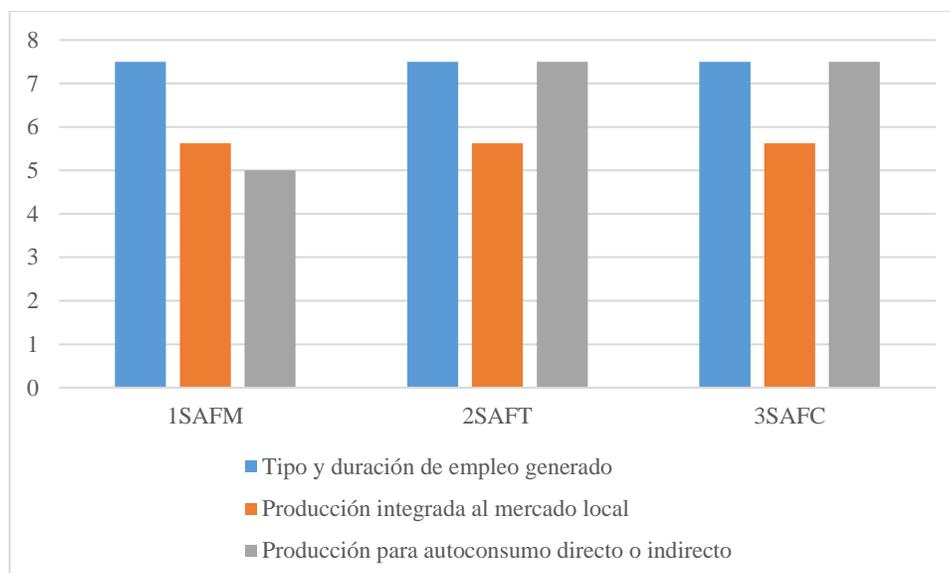
Figura 4.3. Valor por indicador para el ámbito ambiental por sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Ámbito Económico

Los SAF tradicionales presentan los mejores resultados en la parte económica con respecto al SAF especializado siendo en este ámbito en el cual los SAF en general se encuentran más cercanos al valor máximo (25) que puede alcanzar la sumatoria de los indicadores de este ámbito; es decir, cuando los indicadores se encuentran en el valor máximo que pueden obtener, representando esto un beneficio para el sistema (Figura 4.4). El indicador que refiere a la seguridad alimentaria muestra que los SAF tradicionales obtuvieron un valor más alto (7.5), al ser sistemas que manejan mayor grado de diversidad obtienen diferentes productos para el autoconsumo, además se propicia un autoconsumo indirecto, ya que parte de lo que producen en los SAF es destinado para los animales, los cuales también le proveen a las familiar de ciertos tipos de alimentos, es así que los SAF tradicionales son los que se encuentran más fortalecidos en este indicador; por su parte, los SAF especializados obtuvieron un valor más bajo (5), esto puede ser resultado de la reducción que han hecho en su diversidad lo que los limita a contar con más opciones para su autoconsumo. En este sentido Calisto (2016), señala que cuando hay pérdida de biodiversidad, incluyendo la agrobiodiversidad, se contribuye directamente a la inseguridad alimentaria, ya que limita la diversidad de nutrientes disponibles para las necesidades humanas y reduce los rendimientos agrícolas al restringir la resiliencia y adaptabilidad del sistema alimentario.

Con respecto a la producción integrada al mercado local, los tres sistemas tienen el mismo valor (5.62). Los productos de estos SAF son comercializados en el mercado local, pero también son colocados en mercados regionales. Lo mismo sucede con el indicador del empleo generado en el cual los SAF tuvieron un valor de 7.5, los SAF de la localidad de San Andrés Calpan, generan trabajo constante para los miembros de la familia, y trabajo ocasional para gente externa a los miembros de la propia familia. El fenómeno de contratación de mano de obra externa se emplea en las temporadas de corte de frutales. Autores como Posadas (2018) hace énfasis en que una familia no sólo depende de las decisiones individuales, familiares y sociales, para ofrecer su fuerza de trabajo, sino también de la demanda que ésta tenga en la producción y sus características, como la economía, la cultura, en este caso, dinámicas como el corte y venta de fruta en diferentes épocas del año, permite que hay oferta de trabajo en los sistemas durante todo el año.



¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín

Figura 4.4. Valor por indicador para el ámbito económico por sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Ámbito Social

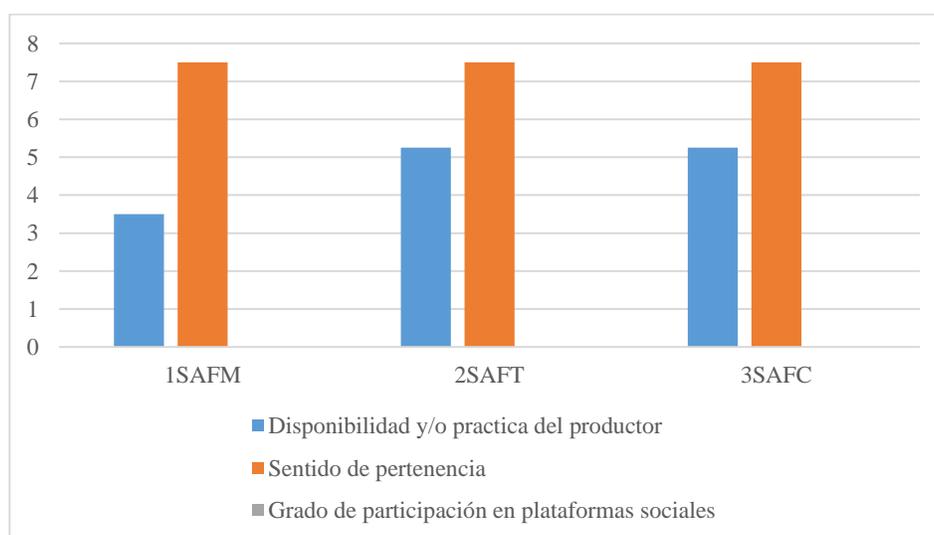
Con respecto al ámbito social, los SAF tradicionales se encuentran por encima del SAF especializado (Figura 4.5), en este sentido los sistemas tradicionales presentan solo una superioridad en el indicador de disponibilidad y/o práctica del productor el cual está relacionado con la cosmovisión que tiene el productor para realizar sus prácticas.

En la localidad de San Andrés Calpan no existe una red o asociación de productores que se encarguen de buscar mejores opciones para la producción de sus sistemas, es decir, no se cuenta con ningún tipo de asociación u organización que les permita tomar decisiones o realizar estrategias para poder tener un mejor resultado económico en sus sistemas. Un elemento al que hacen referencia los productores es la falta de confianza que hay entre ellos y también el fenómeno de que los integrantes más jóvenes de cada familia optan por migrar a empleos fuera del campo, ya que ellos consideran que quedarse trabajando en el campo es símbolo de estancamiento, lo cual hace que sea más complicado formar un grupo de productores interesados en el bienestar común, De Grammont (2016) señala que desde hace varios años el trabajo agrícola ha pasado a ser sustituido y/o complementado por otro tipo de actividades desempeñadas en los sectores secundarios y terciarios. En el sector agrícola, las familias han optado por el camino de buscar actividades complementarias (actividades ajenas al sistema

agrícola) elementos que dificultan que exista una cohesión entre los personajes que se encargan de las decisiones agrícolas de cada unidad de producción.

Con respecto al sentido de pertenencia, se manifiesta el mismo resultado para los dos tipos de sistemas: especializado y tradicional (7.5), ya que en los productores son de procedencia local y los terrenos donde se encuentran establecidos sus sistemas agroforestales, les pertenecen a ellos, por lo que se traduce en que hay un mayor arraigo al territorio.

Finalmente, la variable referente a la cosmovisión agrícola referenciada con el indicador de disponibilidad y/o práctica del productor, contempla el aporte a la preservación del conocimiento sobre cómo cultivar la tierra, por tanto se relaciona directamente con el conocimiento que posee el productor, presentado un mayor valor en los SAF tradicionales (5.25) con respecto al especializado (3.5), reflejado en la cantidad de especies que presenta cada Sistema lo que permite que algunas de ellas puedan ser usada como medicinales. En este sentido, un evento que coadyuva a la pérdida de estas prácticas que permiten la protección del patrimonio cultural, es la aculturación, la cual D'Alessandro y González (2017) definen como un fenómeno que tiende a la uniformización y homogeneización de las prácticas de las poblaciones tradicionales, donde se interrumpe el proceso de transmisión y reproducción de su cosmovisión y saberes originarios, es decir, aquellos elementos que están asociados a la construcción de sus objetos culturales y la significación que guía su relación naturaleza-comunidad.



¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín

Figura 4.5. Valor por indicador para el ámbito social por sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Integración del IMSPA

A través de la evaluación de las doce funciones, se obtuvo el valor de cada uno de los cuatro ámbitos de la multifuncionalidad, para la integración del Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola, se realizó la sumatoria de sus respectivos valores (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Integración del IMSPA.

Sistema	Territorial (25)	Ambiental (25)	Económico (25)	Social (25)	IMSPA (0-100)	Categoría
¹ SAFM	11.33	7.43	18.12	11	47.89	III
² SAFT	17.75	14.81	20.62	12.75	65.94	IV
³ SAFC	19.5	14.81	20.62	12.75	67.69	IV

¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo

Los SAF tradicionales al ubicarse en la categoría IV (multifuncionalidad media alta), presentan mayores aportes a su multifuncionalidad, siendo esta de categoría media alta, lo que explica porque la dominancia de ese tipo de SAF en la localidad, mientras que el SAF especializado se encuentra en la categoría III (multifuncionalidad intermedia), lo que significa que está en un rango de multifuncionalidad vulnerable, por lo que se encuentra propenso a que al tener ciertos cambios negativos pierda aportes que lo hacen de interés para las unidades de producción familiar. En este orden de ideas, radica la importancia de entender la agricultura como una actividad multifuncional capaz de contribuir en la elaboración o fortalecimiento de esquemas que permitan mantener o mejorar el desarrollo de las comunidades agrícolas, por lo que promover esta multifuncionalidad implica aumentar la capacidad de respuesta para los diversos problemas que aquejan al campo (Salcido *et al.*, 2016).

4.5 Conclusiones

Los sistemas agroforestales tradicionales presentaron un índice de multifuncionalidad más alto (SAFT: 65.94 y SAFC: 67.69) colocándolos en la categoría de multifuncionalidad media alta, mientras los SAF especializados (SAFM: 47.89) se encuentran en la categoría de multifuncionalidad intermedia.

De acuerdo a los anterior, el índice de multifuncionalidad se ve favorecido en sistemas diversos, en el caso de la localidad de San Andrés Calpan, este índice es alto en aquellos sistemas denominados tradicionales, ya que presentan una mayor biodiversidad que aquellos sistemas que han optado por especializarse, factor que se traduce en una reducción de la seguridad alimentaria del sistema, así como limitaciones para llevar a cabo prácticas que permitan la conservación de biodiversidad, además de que también segmentan el conocimiento tradicional y obstaculizan su preservación. Otro elemento que se ve limitado es la oferta de mano de obra por este tipo de sistemas, a pesar de que en todos existe una oferta constante par mano de obra familiar, son los SAF tradicionales los que permiten ofrecer trabajo a gente de la localidad en diferentes épocas del año ya que se cuenta con una diversidad de especies frutales que requieren trabajo externo en el corte de las frutas.

La multifuncionalidad que presentan los sistemas permite observar porque la persistencia de ciertos SAF a través del tiempo y ante diversas adversidades, ya que, al tener un índice de multifuncionalidad alto, los aportes que ofrecen a las unidades de producción familiar serán más altos y acordes a los objetivos que se plantea cada productor.

4.6 Literatura citada

- Bjørkhaug, H. y Richards, C. (2008). Multifunctional agriculture in policy and practice? A comparative analysis of Norway and Australia. *Journal of Rural Studies*, 24, 98-111.
- Buyer, J. S., Baligar, V. C., He, Z., Arévalo, G. E. (2017). Soil microbial communities under cacao agroforestry and cover crop systems in Peru. *Applied Soil Ecology*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.009>.
- Calisto, F. M. (2016). Comercio justo, seguridad alimentaria y globalización: construyendo sistemas alimentarios alternativos. *Íconos Revista de Ciencias Sociales*. 55(20), 215-240
- Clemente, O. G., y Álvarez, H. A. (2019). La influencia del paisaje agrícola en el control biológico desde una perspectiva espacial. *Revista Ecosistemas*, 28(3), 13-25.
- D'Alessandro, R., y González, A. A. (2017). La práctica de la milpa, el ch'ulel y el maíz como elementos articuladores de la cosmovisión sobre la naturaleza entre los tzeltales de Tenejapa en los Altos de Chiapas. *Estudios de Cultura Maya*, 50, 271-297.

- De Grammont, H. C. (2016). Hacia una ruralidad fragmentada: La desagrarización del campo mexicano. *Nueva sociedad*, (262), 1-11. https://nuso.org/media/articles/downloads/2.TC_de_Grammont_262.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming-2014/es/>
- Gajardo, J. (2014). Educación y desarrollo rural en América Latina: reinstalando un campo olvidado de las políticas educativas. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 7(3), 15-27.
- Holmes, J. (2006). Impulses towards a multifunctional transition in rural Australia: gaps in the research agenda. *Journal of Rural Studies*, 22, 142- 160.
- ICRAF. (2013). An Agroforestry Guide for Field Practitioners. (J. Xu, A. Mercado, y J. y. He, Edits.) East Asia: Centro Mundial de Agroforestería. 72 p.
- INEGI, 2012. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Andrés Calpan, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21143.pdf>. (5 de octubre de 2019)
- INEGI, 2015. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21> (12 de mayo de 2020).
- González, J. L. L., Gaxiola, J. F. Á., Miguez, S. E. R., Huato, M. Á. D., Espinosa, J. A. M., y Sánchez, J. A. P. (2019). Huertos familiares y seguridad alimentaria: el caso del municipio de Calpan, Puebla, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 351-371.
- Krishnamurthy, L., y Ávila, M. (1999). Agroforestería Básica. (R. d. Caribe, Ed.) México, México. 337 p.
- López, M. I. R., Hernández, J. A. E., Quiñonez, R. E., & García, R. R. M. (2020). Aproximación teórica y aplicada al modelo de diversificación integral de cultivos para el desarrollo

- agrícola y económico en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, República del Ecuador. Mikarimin. *Revista Científica Multidisciplinaria*. 6, 241-258.
- Mendieta, M., y Rocha, L. (2007). Definición, Perspectivas y Potencialidad de los Sistemas Agroforestales. págs. 4-29. En: *Sistemas Agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p
- Moyano, E. (2008). Multifuncionalidad, territorio y desarrollo de las áreas rurales. *Ambienta*, 81, 6-20. Recuperado de http://www.mma.es/secciones/biblioteca_publicacion/publicaciones/revista_ambienta/n81/pdf/06-19_Espania_CSIC.pdf
- Navarro, H., Santiago, A., Musálem, M. Á., Vibrans, H. y Pérez, M. A. (2012). La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revistas Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 43(1):71-86
- Nicholls, C. I., Henao, A., y Altieri, M. A. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7-31.
- Osorio, G. N., López, S. H., Ramírez, V. B., Gil, M. A., y Gutiérrez, R. N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova scientia*, 7(14), 577-600. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200577&script=sci_arttext
- Posadas, S. F. (2018). Mercado de trabajo de los jornaleros agrícolas en México. *Región y sociedad*, 30(72).
- SADER. (2018). Listado de Beneficiarios PROAGRO ciclo primavera-verano 2018. En línea: <http://www.agricultura.gob.mx/listado-de-beneficiarios/ciclo-primavera-verano-2018>
- Salcido, R. S., Gerritsen, P. R., y Hernández, A. M. (2016). Evaluación de la multifuncionalidad de sistemas de producción agrícola en el sur de Jalisco, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 16 (31), 17-45. https://www.researchgate.net/profile/Peter_RW_Gerritsen/publication/308995011_Eva

luacion_de_la_multifuncionalidad_de_sistemas_de_produccion_agricola_en_el_sur_d
e_Jalisco_Mexico/links/57fd3fa408ae6750f8065d7a.pdf

Sánchez, R. J. J. (2016). Multifuncionalidad de la agricultura familiar agroecológica campesina en el centro del Valle del Cauca (Tesis). Pontificia Univesidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Colombia.

Toledo, V. M., Alarcón, Ch. P., y Barón, L. (1999). Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México. *Estudios agrarios*, 12, 55-90.

V. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes-Reyes¹, Ignacio Ocampo-Fletes^{1*}, Benito Ramírez-Valverde¹, Enrique Ortiz-Torres¹, Primo Sánchez-Morales², Miguel Acosta-Mireles³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, akmerr@hotmail.com, ocampoif@colpos.mx, bramirez@colpos.mx, enriqueortiz@colpos.mx

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, primosamo@yahoo.com

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, acosta.miguel@inifap.gob.mx

5.1 Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) son sistemas multifuncionales que pueden proporcionar una gran variedad de beneficios económicos, socioculturales y ambientales. Los SAF al combinar elementos de agricultura y de forestaría en la misma unidad de tierra, los convierte en sistemas de producción encaminados a la sustentabilidad. Estos sistemas resultan de interés ante la problemática que surgen en muchos sistemas agrícolas, ya que a pesar de que producen la mayoría de los alimentos, provocan una degradación ambiental significativa. El objetivo es evaluar la sustentabilidad de sistemas agroforestales con diferente manejo. El estudio se realizó en la localidad de San Andrés Calpan, en el municipio de Calpan, localizado en la parte centro oeste del estado de Puebla. Se llevó a cabo un muestreo a partir de listado de PROAGRO para obtener a los productores que trabajan maíz y al menos una especie frutal. Se obtuvieron tres grupos para comparar: SAFT (tejocote) y SAFC (capulín) considerados tradicionales y el especializado SAFM (manzano). La herramienta metodológica utilizada para evaluar la sustentabilidad de los tres tipos de sistemas agroforestales fue el MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad). Se analizaron 19 indicadores. Los SAF tradicionales (SAFC) son lo que tiene un mayor estado de sustentabilidad con un porcentaje de 66% y 61% (SAFT), por su parte el sistema alternativo (SAFM) obtuvo un valor de 45%. Económicamente y ecológicamente el SAFC obtuvo los mejores valores, en segundo lugar, se encuentra el SAFT, siendo superior únicamente en la parte social en un 4% con respecto al SAFC. Se concluye que los SAF tradicionales son más sustentables que los SAF especializados.

Palabras Clave: Agroecosistema, capulín, sustentabilidad, tejocote, campesino, milpa.

Abstract

Agroforestry systems (SAF) are multifunctional systems that can provide a wide variety of economic, socio-cultural and environmental benefits. Home gardens represent one of the classic examples of agroforestry. The SAF by combining elements of agriculture with elements of forestry in the same unit of land, converts them into production systems aimed at sustainability. These systems are of interest given the problems that arise in many agricultural systems, since despite the fact that they produce most of our food, they cause significant

environmental degradation. The objective is to evaluate the sustainability of agroforestry systems with different management. The study was carried out in the town of San Andrés Calpan, in the municipality of Calpan, located in the central western part of the state of Puebla. A sampling was carried out from the PROAGRO list to obtain the producers who work corn and at least one fruit species. 3 groups were obtained to compare: SAFT and SAFC (traditional) and SAFM (apple-specialized). The methodological tool used to evaluate the sustainability of the three types of agroforestry systems was the MESMIS (Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems incorporating Sustainability Indicators). 19 indicators were analyzed. Traditional SAFs are the ones with a higher state of sustainability with a percentage of 66% (SAFC) and 61% (SAFT), for its part the alternative system (SAFM) obtained a value of 45%. Economically and ecologically, the SAFC obtained the best values, in second place is the SAFT, being superior only in the social part by 4% compared to the SAFC. It is concluded that traditional SAFs are more sustainable than specialized SAFs.

Key Words: Agroecosistem, Capulín, MIAF, Sustentability, Tejocote

5.2 Introducción

Actualmente la agricultura enfrenta nuevas demandas sociales, relacionadas con la seguridad alimentaria y la producción de productos no alimentarios, al mismo tiempo deben lidiar con la globalización del comercio y la marginación de muchos de los actores agrícolas (Meynard *et al.*, 2012).

En este sentido han surgido modelos alternativos de agricultura, dibujando diferentes líneas de exploración, con la intención de aprovechar las regulaciones ecológicas y biológicas *in situ*. A pesar de esto, la agricultura industrial se enfrenta a un gran desafío en todo su régimen de diseño, con la finalidad de hacer que el sistema aproveche de manera más eficiente los recursos con los que se cuentan (Prost *et al.*, 2017). La agricultura se puede gestionar de tal forma que se logren hacer contribuciones positivas a pesar del consumo que hace de los recursos naturales, ya que al mismo tiempo puede potenciar los servicios ecosistémicos (DeClerck *et al.*, 2016).

Existe suficiente evidencia sobre los diseños y prácticas agroecológicas y de su ayuda a sistemas tradicionales de manera considerable en la estabilidad y productividad del sistema, siendo los Sistemas Agroforestales (SAF) un ejemplo de este tipo de diseños (Altieri y Koohafkan, 2008).

En este orden de ideas los sistemas agroforestales son aquellos sistemas y tecnologías de uso de la tierra en los que se combinan plantas leñosas perennes (como árboles, arbustos, palmas o bambús) con cultivos agrícolas o animales en la misma parcela de tierra con algún tipo de disposición espacial y cronológica (Navia, 2017). Los sistemas agroforestales son sistemas multifuncionales que pueden proveer una gran variedad de beneficios económicos, socioculturales y ambientales (Altieri y Farrell 1997 y García *et al.*, 2016). La agroforestería puede ser especialmente importante para los pequeños agricultores ya que genera diversos productos y servicios en una zona de tierra limitada (FAO, 2017).

Los huertos familiares, representan uno de los ejemplos clásicos de la agroforestería. Estos constituyen formas altamente eficientes de uso de la tierra, incorporando una gran variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento, dando como resultado una estructura similar al bosque con diversas especies y una configuración por estratos (Farrell y Altieri, 1997). Por su parte Timoteo *et al.* (2016) refieren que este tipo de sistemas combinan de manera simultánea o secuencial los árboles y las plantas de cultivos alimenticios, ofreciendo soluciones para los problemas productivos y el uso sostenible de la tierra en las zonas rurales.

En el mundo existen alrededor de 400 millones de hectáreas manejadas bajo sistemas agroforestales (SAF), donde el amplio espectro de asociaciones vegetales potencia la producción de madera, leña, frutas, alimentos, medicinas, forraje, aceites y plantas ornamentales que son utilizados para el hombre y el ganado (Torres *et al.*, 2019)

Los SAF al combinar elementos de agricultura con elementos de forestería en la misma unidad de tierra, los convierte en sistemas de producción encaminados a la sustentabilidad (Farrell y Altieri, 1997).

La sustentabilidad ofrece una oportunidad para mejorar el bienestar humano conservando los recursos naturales. Mientras que los sistemas agrícolas producen la mayoría de

nuestros alimentos, provocan una degradación ambiental significativa. Esta tensión entre los objetivos de desarrollo y conservación ambiental no es un resultado inmutable ya que los sistemas agrícolas son a la vez dependientes y proveedores de servicios ecosistémicos. Reconocer esta dualidad permite la integración de los objetivos ambientales y de producción, y aprovecha los servicios del ecosistema agrícola para lograr los objetivos de sostenibilidad (DeClerck *et al.*, 2016). En este sentido, Conway (1985) considera la sustentabilidad de la agricultura como “la capacidad de un agroecosistema para mantener su producción a través del tiempo superando, por un lado, las tensiones y forzamientos ecológicos y, por otro, las presiones de carácter socioeconómico”.

Sullivan (2003) refiere que la agricultura sustentable consiste en el manejo de ecosistemas o agroecosistemas donde tienen lugar interacciones complejas entre suelo, agua, plantas, animales, clima y seres humanos; donde el objetivo es integrar todos estos factores en un sistema de producción que es apropiado para el ambiente, la sociedad y las condiciones económicas donde se localiza. Etchevers *et al.* (2016) mencionan que se entiende por manejo agrícola sustentable a un tipo de gestión que permite tener una producción de alimentos, fibra u otros productos vegetales o animales, empleando técnicas que protegen el medio ambiente, la salud pública, las comunidades humanas y el bienestar de los animales.

Este tipo de gestión de los sistemas agrícolas permite que exista una producción de alimentos de calidad, dejando las condiciones idóneas para que las generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades de alimento en las mismas condiciones. Sin embargo, existen diversos y complejos desafíos para tener una transición hacia sistemas agrícolas más sostenibles, ya que se enfrentan a una competencia de recursos (agua, energía, biodiversidad, tierra), preocupaciones socioeconómicas (medios de vida rurales, desarrollo comunitario, mercados emergentes), de salud humana y medio ambiente (salud del ecosistema, justicia ambiental, cambio climático) (Pigford *et al.*, 2018). Pueden encontrarse diversas definiciones de agricultura sustentable, las cuales manejan ciertos objetivos en común: producción estable y eficiente de los recursos productivos, seguridad y autosuficiencia alimentaria, uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo, preservación de la cultura local y la pequeña propiedad, asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión, un alto nivel de

participación de la comunidad, y la conservación y regeneración de los recursos naturales (Altieri y Nicholls, 2000).

La aplicación de este tipo prácticas, o la combinación de unas con otras hacen que la agricultura campesina sea heterogénea, enmarcada en una diversidad de estrategias que los campesinos aún utilizan para manejar sus agroecosistemas (Altieri *et al.*, 2012). En la zona de estudio puede observarse esta heterogeneidad en los SAF, los cuales han sido transformados de acuerdo a los objetivos que tiene cada unidad de producción familiar, esta heterogeneidad se ve reflejada en el manejo y en la diversidad de especies que componen sus sistemas.

En la zona de estudio existen SAF muy diversos, algunos de ellos con características orientadas a un manejo más tradicional, que están constituidos por un cultivo básico principal, que en este caso es el maíz, el cual está intercalado con otros cultivos como calabaza, frijol, chile y haba entre otros y con diversos árboles frutales. Estos sistemas son denominados MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales). Existe una modalidad de este tipo de sistema MIAF, que para fines de este trabajo se ha denominado como especializado, el cual es propuesto desde un modelo de investigación institucional y está constituido únicamente por tres especies, el árbol frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y frijol u otra especie comestible, de preferencia leguminosa (sotocultivo) en intensa interacción agronómica y que tiene como propósitos la producción de maíz y frijol que son estratégicos para la seguridad alimentaria de las familias rurales, incrementar de manera significativa el ingreso neto familiar, aumentar el contenido de materia orgánica, controlar la erosión hídrica del suelo y con ello lograr un uso más eficiente del agua de lluvia y la mano de obra familiar (Cortés *et al.*, 2005).

En este sentido, no hay investigaciones que integren todos los aspectos que marca la sustentabilidad, y que indiquen el estado del sistema, para saber cuáles son sus fortalezas y sus debilidades para un correcto planteamiento de estrategias en función de mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores. Otro aspecto de interés del sistema MIAF especializado es que ha presentado una replicación limitada. En este sentido, se busca comparar el nivel de sustentabilidad de los SAF que han replicado esta tecnología en una localidad cercana a donde está establecido el MIAF experimental, con respecto a otros SAF de la misma zona que se encuentran bajo un manejo diferente (especies y prácticas).

Conocer el estado de sustentabilidad de los sistemas agroforestales es un tema importante, ya que han sido planteados como una alternativa productiva encaminada hacia la sustentabilidad, además brindan otros beneficios como son diversos servicios ambientales, entre los que se encuentra la captura de carbono. Un elemento de suma importancia para poder conocer el estado de estos sistemas es la integración de múltiples indicadores, los cuales son una herramienta crítica para lograr evaluarlos, por lo que su formulación debe ser acorde al contexto de estudio con la finalidad de no afectar la medición en el sistema, además de que permiten evaluar si las estrategias implementadas están logrando efectivamente sus objetivos (Wu y Wu, 2012; Gan *et al.*, 2017; Wilson y Wu, 2017).

Los SAF de interés se encuentran en la localidad de San Andrés Calpan, la cual se ubica en el municipio de Calpan en el Valle de Puebla. Es un área geográfica importante del Estado, ya que reúne las condiciones agroclimáticas para la producción de un cultivo de gran importancia como el maíz, y de otras especies, además de contar con varios tipos de sistemas agroforestales. Los SAF de esta localidad son manejados con diferentes prácticas las cuales están relacionadas con el grado de diversidad que presentan estos sistemas y con el destino de su producción. En este sentido, la forma en que aprovechan sus recursos va a diferir según el grado tecnológico con el que se maneja cada SAF, por lo que se pueden diferenciar dos tipos de SAF, los tradicionales, que son muy diversos en cuanto a composición y manejo, pero que para fines de comparación en este trabajo se han agrupado como tradicionales además de ser lo que predominan en la localidad, y otro tipo de SAF que tiende a la especialización en cuanto a las especies presentes, este último es aquel que se considera una réplica del modelo MIAF de investigación..

Esta investigación tiene por objetivo evaluar la sustentabilidad de sistemas agroforestales con diferente manejo, por lo que se parte de la hipótesis que los sistemas con características más tradicionales en su manejo son más sustentables que aquellos SAF que se han especializado hacia menos especies agrícolas.

5.3 Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad de San Andrés Calpan, localizada en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 06'36" y 19°

41'12" de latitud norte y los meridianos 98° 23'54" y 98° 32'24" de longitud occidental, con una altitud entre 2,200 y 3,200 metros sobre el nivel de mar. En San Andrés Calpan se encuentran agroecosistemas con diversidad de árboles frutales intercalados con cultivos anuales, estos SAF pueden presentar un manejo tradicional o pueden haber sufrido transformaciones a lo largo de su historia, situación que los ha llevado a una especialización de su diversidad, por lo que el manejo de sus recursos se da con diferente tecnificación. Los frutales que constituyen los diversos SAF en la zona son principalmente: capulín (*Prunus salicifolia*), tejocote (*Crataegus mexicana*), pera (*Pyrus communis*), ciruela (*Prunus domestica*), nogal (*Juglans regia*), higo (*Ficus carica*) y durazno (*Prunus pérsica*). Y los cultivos anuales son principalmente: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabacita (*Cucurbita pepo*) y haba (*Vicia faba*).

Los SAF de interés son aquellos que se encuentran bajo un manejo tradicional y los SAF especializados que son los que trabajan el frutal de manzana y reciben asesoría externa, con la finalidad de replicar el sistema MIAF que proponen los investigadores, siendo este sistema bajo investigación el que se utilizó para generar el óptimo de varios indicadores.

Para la selección de los sistemas evaluados se llevó a cabo un muestreo de tipo no probabilístico. El primer grupo es el que tiene árboles frutales de manzano, ya que es la especie que proponen los investigadores en el modelo MIAF, este grupo de SAF de Manzana (SAFM) fue considerado como el especializado. Para la selección de los SAF con manejo tradicional, se partió de una caracterización previa de productores de la localidad. Para generar esta información se realizó un muestreo a partir del registro de PROAGRO de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2018), el cual tiene registrado a 527 productores de maíz. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente expresión matemática considerando la varianza máxima:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 (0.25)}$$

Dónde:

- N= Número de productores
- $Z_{\alpha/2}$ = 1.96 (valor de la tabla de la distribución normal)
- α =0.05 (es decir, se tiene una confiabilidad del 95%)

➤ d= precisión (0.1)

$$n = \frac{527 (1.96^2) (.25)}{527 (0.1)^2 + (1.96^2) (.25)} \quad n= 81$$

La elección de los 81 productores a los que se les aplicó el cuestionario fue dirigida debido a que no se cuenta con un listado en el que se haga referencia aquellos productores que poseen sistemas agroforestales, por lo que se fueron eligiendo a aquellos que en sus agroecosistemas tuvieran árboles frutales en combinación con maíz.

Los dos grupos pertenecientes a los SAF considerados como tradicionales fueron elegidos de acuerdo a los resultados de la caracterización propuesta por Toledo *et al.* (1999), eligiendo aquellos con amplia representatividad en la zona y que se encontraron en la categoría tradicional: capulín (SAFC) y tejocote (SAFT), estos fueron comparados con el SAFM que es el especializado De cada uno se eligieron a dos huertos para tener dos repetición por SAF, teniendo en total seis parcelas (2 SAFC, 2 SAFT y 2 SAFM).



Figura 5.1. Imagen satelital de las parcelas evaluadas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo.

Los SAFM están constituido únicamente por el cultivo básico (maíz) y una sola especie frutal (manzana). Los SAF tradicionales (SAFT y SAFC) están constituidos por el cultivo básico

(maíz), el frutal de interés (capulín y tejocote respectivamente) y además otras especies frutales (ciruela, durazno, pera, nogal, etc.), así como diferentes cultivos anuales (frijol, calabaza, haba). Los sistemas elegidos están constituidos por el cultivo de maíz en combinación con los frutales de manzana para el caso de los SAF especializados, y en el caso de los SAF tradicionales estuvieron constituidos por el cultivo de maíz y como frutal principal el tejocote y el capulín.

El enfoque utilizado fue el agroecológico, en el cual se emplearon técnicas cuantitativas y cualitativas para poder analizar los aspectos ambientales, económicos y sociales en términos de evaluar la sustentabilidad de los sistemas seleccionados (Tonolli *et al.*, 2019).

Técnicas cuantitativas:

1) La encuesta: Fue aplicada a un total de 81 productores, a través de cuestionario conformado por 57 preguntas de las dimensiones social, económica y ambiental.

2) Medición de captura de carbono: Consistió en un análisis de carbono almacenado en las especies forestales de cada uno de los seis agroecosistemas seleccionados. Como primera etapa se realizó un muestreo previo de ramas (30 - 40) de diferentes tamaños de cada especie de interés para obtener su biomasa seca y poder calcular la cantidad de carbono que contienen (50%). Con estos datos se pudo establecer la ecuación correspondiente a cada especie para el cálculo total de carbono almacenado por sistema.

3) Cuasi-experimento: la investigación está basada en un diseño cuasiexperimental, debido a que trabajándose trabajó con sistemas naturales ya constituidos, sobre los cuales se recogió un conjunto de información correspondiente a los diversos indicadores seleccionados. Ya que se trata de un cuasiexperimento, se formaron grupos con las parcelas. Los tratamientos se determinaron de acuerdo a sus características, el tipo de manejo que se les da (prácticas y especies que los constituyen) de las parcelas. Sin embargo, debido a su naturaleza no todas las variables pudieron ser analizadas estadísticamente.

Técnicas cuantitativas:

1. Observación directa: En el caso en estudio se visitó a los productores de las seis parcelas seleccionadas para observar sus sistemas de producción, el manejo de sus recursos naturales,

las prácticas tecnológicas que realizan durante el año, la organización familiar para el trabajo de campo, la relación con el mercado, entre otros aspectos.

La herramienta metodológica utilizada para evaluar la sustentabilidad fue el MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad) propuesto por Masera *et al.* (1999). Se analizaron 19 indicadores que integran aspectos ambientales, económicos y sociales, los cuales fueron determinados mediante revisión bibliográfica y un seguimiento que se le dio a cada parcela a evaluar durante al año agrícola, con la finalidad de registrar todas las prácticas llevadas a cabo desde la preparación de la parcela hasta la cosecha y corte de frutos (Cuadro 5.1). Se asignó un valor ponderado a cada uno de estos indicadores para poder integrar los resultados y representarlos gráficamente, considerando el 100% al valor del óptimo establecido.

La escala temporal fue de dos años: 2018 y 2019, y la espacial comprendió las seis parcelas donde se encontraban los SAF de interés en la localidad de San Andrés Calpan. Se compararon tres SAF: capulín, tejocote y manzano.

Cuadro 5.1. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad

Atributo	Criterio	Indicador	Dimensión
Productividad	Eficiencia productiva	1. Rendimiento del cultivo básico	ECOLÓGICA
		2. Índice del rendimiento del frutal	ECOLÓGICA
		3. Eficiencia Relativa de la Tierra	ECOLÓGICA
	Eficiencia económica de los cultivos	4. Relación Beneficio/Costo	ECONÓMICA
Resiliencia, Estabilidad y Confiabilidad	Conservación de los recursos	5. Índice de Prácticas Agroecológicas	ECOLÓGICA
	Biodiversidad	6. Diversidad biológica vegetal	ECOLÓGICA
	Impacto al ambiente	7. Captura de carbono	ECOLÓGICA

	Mecanismos de distribución de riesgos	8. Acceso a créditos y seguros	ECONÓMICO
Adaptabilidad	Apropiación tecnológica	9. Índice de apropiación de innovaciones tecnológicas	SOCIAL
	Equidad	Distribución de recursos	10. Índice de equipo por productor
			11. Grado de adoptabilidad
Autogestión	Capacidad de respuesta a sus necesidades	12. Índice de seguridad alimentaria	SOCIAL
		13. Autosuficiencia genética	SOCIAL
		14. Independencia a insumos externos	SOCIO-ECONÓMICO
	Participación familiar	15. Mano de obra familiar	SOCIAL
		16. Índice de relevo intergeneracional	SOCIAL
	Situación económica	17. Ingresos del agroecosistema forestal a la unidad familiar	ECONÓMICO
	Mercado	18. Diversificación de la venta	ECONÓMICO
19. Canales de comercialización		ECONÓMICO	

Descripción de los indicadores de sustentabilidad

1) Rendimiento del cultivo básico: Cantidad en toneladas cosechadas por hectárea de maíz.

$$R = t \text{ ha}^{-1}$$

2) Índice del Rendimiento del Frutal (RF): Relación entre el mejor rendimiento del frutal de interés en la zona (capulín, tejocote, manzana) con respecto al rendimiento obtenido en los sistemas seleccionados.

$$RF = ROF/MRF$$

Dónde:

MRF= Mejor rendimiento de cada frutal en t ha⁻¹

ROF= Rendimiento obtenido de cada frutal en t ha⁻¹

3) Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT): Área total requerida en cultivo simple para alcanzar los rendimientos obtenidos en policultivo. Una ERT mayor a uno significa que el cultivo intercalado es mejor que el cultivo simple; mientras más alto sea el valor de ERT el cultivo intercalado será más ventajoso (Turrent *et al.*, 2015).

$$ERT = RMi/RMu + RAFi/RAFu$$

Dónde:

RMi*= Rendimiento de maíz intercalado;

RAFi*= Rendimiento del árbol frutal intercalado;

RMu*= Rendimiento de maíz en monocultivo;

RAFu*= Rendimiento de árbol frutal en monocultivo.

*En t ha⁻¹

4) Relación Beneficio-Costo: Representa la eficiencia económica de los recursos utilizados y mostrar la cantidad de dinero que retorna por cada unidad monetaria invertida durante un período determinado (Herrera *et al.*, 1994).

$$R = B/C$$

Dónde:

B= Beneficio

C= Costo

5) Índice de Prácticas Agroecológicas (IA): Número de prácticas agroecológicas de manejo del agroecosistema en relación con el total de prácticas que se llevan a cabo.

$$IA = NPA / NPT$$

Dónde:

NPA= No. de prácticas agroecológicas

NPT= No. de prácticas totales realizadas en el agroecosistema (11 prácticas)

De acuerdo a Herrera *et al.* (2017), cuando:

IA = 1 El sistema es agroecológico

1 > IA ≥ 0.75 El sistema es altamente agroecológico

0.75 > IA ≥ 0.5 El sistema es medianamente agroecológico

0.5 > IA ≥ 0.25 El sistema es pobremente agroecológico

0.25 > IA El sistema no es agroecológico

6) Diversidad biológica vegetal: Es la abundancia de las especies encontradas en una determinada unidad de estudio. Se utilizó el índice de Shannon (Magurran, 2004).

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie respecto al total de individuos (n_i / N)

n_i = número de individuos de la especie i

N= número de todos los individuos de todas las especies

7) Captura de carbono: Cantidad de biomasa por hectárea capturada, la cual está en función de la heterogeneidad de los componentes del sistema. El carbono almacenado se expresa en tC/ha (Arévalo *et al.*, 2003).

$$C_{total} = \sum C \text{ contenido en cada individuo del sistema}$$

Para cada especie se desarrolló la ecuación pertinente a partir de un muestreo previo de ramas de cada especie de interés.

$$\text{Manzano: } B = -0.5562(D^2L)^2 + 74.23(D^2L) - 77.905$$

$$\text{Tejocote: } B = 29.422(D^2L) + 118.35$$

$$\text{Capulín: } B = 325.97D - 941.34$$

Dónde:

B= biomasa

D = diámetro

L = longitud

8) Acceso a créditos y seguros: Número de créditos y/o seguros que posee el productor en relación a su sistema agroforestal.

9) Índice de Apropiación de Innovaciones Tecnológicas (IAIT): Cantidad de prácticas diferentes que el agricultor realiza en su sistema.

$$IAIT= PN/PT$$

Donde:

PN= número de prácticas nuevas

PT= número de prácticas totales

De acuerdo con Herrera (2017) se establece el siguiente criterio para clasificar al sistema según el número de prácticas nuevas que realiza, donde se considera altamente innovador cuando se tenga arriba de un 70% de prácticas nuevas (8 prácticas) con respecto al número de prácticas totales (11 prácticas):

No. de prácticas nuevas > 8 = altamente innovador

Entre 4 y 7 = medianamente innovador

Entre 1 y 3 = Escasamente innovador

0= Sin innovación

10) Índice de Equipo por Productor (IEP): Relación entre los equipos que posee el productor con respecto a los equipos que ocupa (tractor, yunta, machete, bomba, azadón, tijeras, pala). Asignando un valor ponderado de acuerdo a la contribución del equipo para la sustentabilidad del sistema, y a su necesidad de uso.

$$IEP= T (0.1) + B (0.1) + Y (0.5) + I (0.3)$$

Dónde:

T= tractor

B= bomba para aplicar agroquímicos

Y= yunta

I= Implementos (azadón, machete, tijeras, pala, escalera)

11) Grado de adoptabilidad: Porcentaje de productores en la localidad que han adoptado los diferentes sistemas evaluados

12) Índice de Seguridad Alimentaria (maíz):

$$\text{ISAM} = \frac{(\text{R})(\text{SS})/\text{NMF}}{500^*}$$

Dónde:

ISAM

R= rendimiento de maíz en kg/ha

SS= superficie sembrada (ha)

NMF= número de miembros en la familia del productor

*Factor que equivale a 500 kg de maíz por año.

Cuando (Damián y Toledo, 2016):

ISAM < 1: no existe SA

ISAM ≥ 1: se cuenta con SA

13) Autosuficiencia genética: Porcentaje de semilla de cultivo básico ocupada en este ciclo, que se obtuvo del sistema evaluado de ciclos anteriores.

14) Independencia a insumos externos: Cantidad de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas que aplican al sistema (kg ha⁻¹) que provienen del exterior del agroecosistema.

Volumen total: kg ha⁻¹ de fertilizante + kg ha⁻¹ de insecticidas + kg ha⁻¹ de fungicidas + kg ha⁻¹ de herbicidas

Para los agroquímicos en presentación líquida, se consideró su densidad para realizar la conversión a su peso en kg (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2. Densidad de agroquímicos utilizados

Agroquímico	Densidad
Malathion	1.25 g/cm ³
Cipermetrina	1.28 g/cm ³
Velcron 60	1.22 g/cm ³
Poliquel	1.32 g/cm ³
Super K60	1.49 g/cm ³

15) Mano de obra: Porcentaje de mano de obra proveniente de la familia.

$$\text{Porcentaje de mano de obra} = (\text{NIF}/\text{NTJ}) * 100$$

Dónde:

NIF = Número de integrantes de la familia que participan como jornales en el sistema

NTJ = Número total de jornales ocupados en el sistema

16) Índice de Relevo Intergeneracional (RI): Participación de integrantes de la familia más jóvenes a las actividades del agroecosistema

$$\text{RI} = \text{NHP}/\text{NTH}$$

Dónde:

NHP= número de hijos que participan

NTH= número total de hijos

17) Ingresos del agroecosistema forestal a la unidad familiar:

$$\text{Porcentaje de Ingresos provenientes del SAF} = \text{IA}/\text{IT} * 100$$

Donde:

IA = Ingresos provenientes del agroecosistema

IT= Ingresos totales de la unidad familiar

Fuentes de ingresos:

- a) % ingresos que aporta la producción de maíz.
- b) % de ingresos que aporta la producción de otros cultivos anuales
- c) % de ingresos que aportan los frutales
- d) % de ingreso por venta de mano de obra
- e) % de ingreso por programas sociales
- f) % de ingreso de otros oficios.

18) Diversificación de la venta: cantidad de productos diferentes provenientes del sistema que están disponibles para la venta.

19) Canales de comercialización: vías posibles que el productor tiene para poder colocar sus productos en los diferentes mercados.

5.4 Resultados y discusión

Productividad

Los resultados de los sistemas evaluados con respecto a un óptimo establecido de acuerdo a la zona, el SAFM que se ha denominado como especializado, corresponde al sistema alternativo. Los SAFT y SAFC son los sistemas tradicionales, es decir, los sistemas de referencia (Cuadro 5.3). Para el caso de rendimiento de cultivo básico, el SAFM es el que se encuentra más cercano al óptimo (6 t ha^{-1}) con una producción de 4.5 t ha^{-1} mientras los SAFT y SAFC presentaron un resultado más bajos, con una producción de 2.5 y 2.75 t ha^{-1} , en este sentido, de acuerdo a lo que se observó en campo, los SAFM al trabajar con una especie frutal (manzana) intercalada en callejones con el maíz (cultivo básico), tienen mayor espacio en su agroecosistema para este último cultivo, por lo que se puede ver reflejado en las toneladas que se cosechan, rendimiento que se encuentra por encima del promedio para el municipio de Calpan (2.4 t ha^{-1}) (SIAP, 2018); además de que son los únicos que reciben asesoría externa. En este sentido los SAFT y SAFC prestan mayor diversidad de frutales en sus agroecosistemas ya que son su principal fuente de ingresos, siendo el maíz básicamente para autoconsumo; sin embargo, también se encuentran con rendimientos por encima del promedio reportado para el municipio.

Con respecto al índice de rendimiento del frutal, el SAFT se encuentra por arriba del alternativo y del otro tradicional, es decir, que estos sistemas (tejojote) presentan los rendimientos (5.9 t ha^{-1}) más cercanos al óptimo encontrado en la zona (7 t ha^{-1}), seguido por los SAFC (3 t ha^{-1} óptimo = 3.9 t ha^{-1}), mientras los SAFM se encuentran con un 7% con respecto al 100%, presentando un rendimiento promedio de 1 t ha^{-1} contra las 15 t ha^{-1} (óptimo) reportadas por los investigadores del MIAF experimental. Un elemento determinante de este resultado es que los SAF tradicionales tienen especies que han sido manejadas desde hace muchos años, mientras que la manzana es una especie que está siendo reintroducida en la zona con otras variedades, además de requerir un manejo más estricto para poder alcanzar los rendimientos que reportan los investigadores, y para el caso de los SAFM evaluados,

En cuanto a la ERT, los SAF tradicionales tienen valores muy semejantes, 1.26 para el SAFT y 1.24 para el SAFC, lo que indica que se requiere de 1.26 y 1.24 hectáreas de monocultivo para alcanzar los rendimientos obtenidos en una hectárea del policultivo, encontrándose más cercano al valor óptimo de 1.5. Con respecto al SAFM, el valor obtenido fue de 0.79, lo que significa que solo se requieren 0.79 ha de monocultivo para alcanzar el rendimiento obtenido en una ha de policultivo, esto se puede explicar por el manejo que se le da a los SAFM, mientras que en los SAFC y SAFT la ERT solo considera el cultivo simple y la respectiva especie frutal de interés, dejando a lado la variedad de frutales que están presentes en estos sistemas, debido a su complejidad en estructura y diversidad, no se han considerado. Una ERT mayor a uno significa que el cultivo intercalado es mejor que el cultivo simple y viceversa. Mientras más alto sea el valor de ERT el cultivo será más ventajoso (Albino *et al.*, 2015), en este sentido los SAF tradicionales son mejores que el SAFM.

La relación beneficio-costos (ingresos entre costos), el SAFM obtuvo un valor de 1.56, por lo que fue el SAF más alejado del óptimo, el cual tiene un valor de 3, es decir que por cada peso invertido se tiene una ganancia de 2 pesos. Los SAF tradicionales presentan mayor ventaja, en especial para el SAFT que resultó superior al SAFC solo en un 6%, con un valor de 2.32, es decir, que de cada peso invertido se obtienen una ganancia de 1.32 pesos mientras que el SAFC obtuvo un valor de 2.13 resultando más rentable los SAFC y SAFT, debido a que en capulín la inversión es mínima, obteniendo ganancias de la venta del fruto, y en caso de que se “agusanse” se vende la semilla (hueso de la fruta). Con respecto a los SAFT, el tejojote es un frutal que se

encuentra bien colocado en el mercado, por lo que los intermediarios van directo a las parcelas a comprarlo, ya que el municipio de Calpan es conocido por su alta producción de tejocote con una superficie sembrada de 58 ha y una producción de 291 toneladas anuales (SIAP, 2018), este frutal es una fuente de pectina de buena calidad, con posibles aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y otras (Lozano *et al.*, 2016).

Resiliencia y Estabilidad

En el índice de prácticas agroecológicas el SAFC es el que se encuentra más cercano al óptimo (Cuadro 5.2). Se encontró que 8 de 11 prácticas se clasifican como agroecológicas, estas prácticas son: deshierbes manuales, surcado con yunta, barbecho con yunta, siembra manual, cosecha manual, amogotar para conservación de humedad, corte de frutales de forma manual y realización de podas integrando los residuos al suelo. El SAFT presenta un índice de 0.6 lo que significa que 7 de 11 prácticas realizadas se clasifican como agroecológicas, con respecto al SAFM presenta un índice de 0.5, es decir, que 5 de las 11 prácticas realizadas son consideradas como agroecológicas, en este sentido, los productores de SAFM hacen la mayoría de sus actividades con tractor a diferencia del SAFC que hacen un mayor uso de yunta, además de que el uso de agroquímicos en capulín es casi nulo, a diferencia del tejocote y manzana que requieren mayores cantidades de este tipo de insumos. Los tres sistemas se encuentran por debajo de óptimo (11 prácticas) en una proporción semejante, lo que se traduce que de manera general realizan el mismo manejo con respecto al cultivo básico, es decir, el empleo de cierta cantidad de agroquímicos es necesaria para el control de plagas y fertilización, las diferencias se encuentran en el manejo que se le da al suelo y al frutal. De acuerdo con Herrera *et al.* (2017) los SAFM y SAFT se encuentran dentro de una categoría de medianamente agroecológicos, mientras que el SAFC es altamente agroecológico.

Respecto a la diversidad (Cuadro 5.2), los SAFC presentan un índice de Shannon de 1.21, siendo los que se encuentran más cercano al óptimo (1.23), estos SAF conservan una gran variedad de especies para su consumo y venta. Los SAFT a pesar de ser considerados como tradicionales, se encuentran en segundo lugar con respecto al óptimo, por lo que se refleja una reducción en su diversidad (índice = 0.16) y es que, a pesar de contar con otras especies en su sistema, es evidente que el productor apuesta por el tejocote como producto central para su

venta, dejando en menor proporción a las otras especies. En el caso de los SAFM como se había referido anteriormente, al contar solo con el cultivo básico y una especie frutal, su biodiversidad vegetal se ve reducida obteniendo un índice de 0.06.

El indicador de almacenamiento de carbono (Cuadro 5.2) muestra que los SAF tradicionales se encuentran por encima del especializado, almacenando 0.68 t para el caso del SAFT y 1.63 t para el SAFC, estando por abajo del óptimo encontrado en campo (1.77 t); la diferencia radical se encuentra con el SAFC, ya que, al tratarse árboles de mayor tamaño en cuanto a diámetro y altura, la cantidad de biomasa que poseen es mucho mayor, con respecto al SAFT. El SAFM se encuentra por abajo almacenando una cantidad de 0.45 t, los resultados no distan mucho entre sí con el SAFT. Cabe destacar que el número de individuos en el caso de SAFC (60 árboles de capulín en promedio) es mucho menor que en el SAFM (200 árboles de manzana en promedio). Otro elemento que debe mencionarse es que, en el procedimiento para la obtención de las ecuaciones correspondientes para el cálculo de carbono almacenado para cada frutal, en el caso de capulín, se tuvieron limitaciones al momento de la obtención de muestras más variadas, debido al tamaño de este árbol; factores que intervienen en el modelo obtenido. De manera general la importancia de los SAF radica en que proveen bienes y servicios ecosistémicos, tal como la mitigación del cambio climático al capturar carbono en biomasa (Forero *et al.*, 2018). En este sentido Pocomucha y Alegre (2014), refieren que la inclusión de árboles en las parcelas agroforestales no está valorándose adecuadamente en función del potencial de carbono almacenado, si no para otros beneficios adicionales como la mejora de ingresos económicos y el nivel de vida familiar, situación que se ve reflejada en la zona de estudio.

En cuanto al acceso a créditos y seguros, lo que se espera para que el sistema sea sustentable es que no dependa económicamente de algún tipo de prestación, en este sentido, ninguno de los SAF evaluados cuenta con acceso a este tipo de “beneficios”, los productores hacen referencia que al tratarse de sistemas de policultivos es difícil conseguir algún tipo de beneficio, ya que generalmente este tipo de créditos o seguros están enfocados a monocultivos, por lo que ellos han tenido que implementar diferentes estrategias para ir solventando los gastos que se generan, sin la necesidad de contar con un crédito.

Adaptabilidad

El índice de apropiación de innovaciones, para los sistemas tradicionales se encuentran en 0 prácticas con respecto al óptimo (11 prácticas), esto ocurre debido a diferentes circunstancias, estos sistemas son trabajados por personas entre los 61 y 79 años, factor que determina que al ser de mayor edad basen sus prácticas en lo saberes, experiencia y conocimiento que poseen, siendo en algunos casos poco flexibles al cambio drástico de éstas. Toledo (2013) señala que el conocimiento, cosmovisiones, reglas, normas, y saberes tecnológicos, son apropiados a través de un proceso determinado por las relaciones sociales establecidas, por lo que la apropiación de un elemento nuevo se vuelve complejo sobre todo para personas de mayor edad quienes han estado inmersos en estos procesos sociales por más tiempo. Otro factor es la escolaridad, que, para el caso de estos productores, es de primaria no concluida, en este sentido González y Coelho (2014) menciona que la edad del productor como la escolaridad son variables que afectan en la decisión del productor sobre la adopción de innovaciones. El SAFM cuenta con una sola innovación, la cual es el introducir una variedad nueva de frutal en la zona (Manzana variedad Agua Nueva), la introducción de esta especie se debe a que los productores contaron con apoyo para adquirir la plántula del frutal, además de que las prácticas relacionadas a este las realiza personal enviado por el asesor, quién da las indicaciones de cómo llevar a cabo el manejo, así que ciertos costos no son asimilados por los productores. A pesar de que ya no son parcelas experimentales como el MIAF de investigación, las decisiones sobre el manejo del frutal no son tomadas por el productor. De acuerdo con la escala que propone Herrera *et al.* (2017), los SAF tradicionales (SAFT y SAFC) son sistemas sin innovación, mientras que el SAFM se puede considerar como escasamente innovador.

Equidad

El índice de equipo por productor posiciona a los tres SAF en un rango muy similar con respecto al óptimo (1), presentando un índice de 0.9, es decir, que dependiendo el tipo de maquinaria que utilizan es la ponderación que se hizo, resultando mejores aquellos que basan sus prácticas en el uso de yunta y herramientas manuales, siendo uno de los tradicionales (SAFC) el que se encuentra más cercano al óptimo al realizar todas sus actividades con yunta. Un elemento similar para los tres SAF es que una de las prácticas que siempre es realizada con

tractor es el barbecho, por lo que tienen que rentar este equipo, por otra parte, la realización de los surcos para la siembra se hace con yunta, y es que los productores refieren que al realizarse con yunta se obtienen mejores resultados que con tractor.

Un aspecto de suma importancia es el grado de adoptabilidad que presenta cada sistema, este es uno de los indicadores donde existe mayor diferencia entre el SAFM (alternativo) y los SAFC y SAFT (tradicionales), siendo solo el 2.5% los que han adoptado el MIAF propuesto desde un modelo de investigación, contra el 97.5% de productores que poseen sistemas tradicionales, dentro de estos el sistema que predomina en la zonas en donde el Tejocote es la especie frutal principal, ya que los productores refieren que esta especie tiene mejor colocación en el mercado en comparación con el Capulín.

Autogestión

En cuanto al índice de seguridad alimentaria (Cuadro 5.2), el SAFM obtuvo un valor de 2.05, que fue el más cercano al óptimo (2.5) superando a los SAFT que obtuvieron un valor de 1.46 para el caso de los SAFT y 1.55 para el SAFT, lo cual es resultado de los rendimientos de maíz que presentan por ha (4.5 t ha^{-1} para los SAFM, 2.5 t ha^{-1} para los SAFT y 1.45 t ha^{-1} para los SAFC), ya que la cantidad de personas dependientes del sistema es de 4 a 5 en todos los casos. Como se ha señalado anteriormente, el SAFM posee mayor superficie para el cultivo de maíz, ya que estos sistemas solo involucran el frutal de manzana a diferencias de los SAF tradicionales que poseen un mayor número de árboles frutales intercalados con el maíz, factor que se refleja en los rendimientos. Sin embargo, de acuerdo a la clasificación de Damián y Toledo (2016), tanto el SAF alternativo (SAFM) como los de referencia (SAFT y SAFC) poseen seguridad alimentaria al tener valores mayores a 1.0. González *et al.* (2019) reportan que el municipio de Calpan posee en promedio un ISAM de 1.44, y para el caso particular de la localidad de San Andrés Calpan un ISAM de 1.58, valores muy próximos a los que se obtuvieron en los SAF evaluados.

Con respecto a la autosuficiencia genética, los tres SAF se encuentran en el óptimo, es decir que el 100% de sus semillas en los tres casos se obtienen de las semillas que ocupan de cultivo básico de sus propias parcelas. López *et al.* (2019) reportan que en el municipio de Calpan se da esta práctica de manera general, la cual consiste en hacer una selección de la

semilla criolla inmediatamente después de la cosecha, los campesinos seleccionan la semilla de maíz desde el granero después la cosecha, considerando el tamaño de la mazorca, tamaño de olote y forma de la semilla.

La independencia a insumos externos en este caso referido al uso de agroquímicos en el agroecosistema para el manejo del maíz y de los frutales, deja ver que el SAFM es más alejado del óptimo (considerado como cero, ya que sería cuando no se haga uso de este tipo de insumos, es decir que se tiene una independencia a estos productos) al ser el sistema que ocupa mayor cantidad de agroquímicos para la fertilización, y el control de plagas y enfermedades (1259 kg ha⁻¹). De acuerdo con los productores de la zona esto responde a la necesidad que contar con una buena presentación de la manzana para que pueda ser colocada a un mejor precio en el mercado, por el contrario en el caso de SAFT (1062 kg ha⁻¹) y SAFC (964 kg ha⁻¹), los frutales no necesitan contar con la mejor presentación, si bien es importante el tamaño de estos, la apariencia estética no es un factor determinante para su venta, sin embargo, puede observarse que en los tres casos hay una dependencia al uso de este tipo de insumos químicos. Aunado a esto, se presenta otro fenómeno que también es reportado por Guzmán *et al.* (2016) quienes refieren que existe una ausencia de conocimiento técnico y capacitación en el manejo y uso de agroquímicos. Esta ausencia ha provocado la reproducción del conocimiento empírico del productor, el cual ha pasado de generación en generación y con ello el manejo no apropiado de estos productos químicos. Esta situación ha generado consecuencias irreversibles en la salud del humano y del ambiente.

Los SAF tradicionales presentan un porcentaje mayor de mano de obra familiar (58%), es decir, que de los 66 jornaleros que ocupan para las diversas tareas que se tiene que hacer durante el ciclo agrícola, 38 provienen de la familia en comparación del SAF alternativo (SAFM) (16%), en el cuál de 88 jornaleros requeridos, solo 13 provienen de la familia. En ambos casos no se alcanza el óptimo, donde el 100% de la mano de obra ocupada proviniera de la familia. En el caso de los SAF tradicionales, la mayor parte de sus prácticas son realizadas por miembros de la familia (hijos, esposa, hermanos, sobrinos, tíos); sin embargo, en la época de corte de los frutales, se ven en la necesidad de contratar mano de obra externa a la familia para la recolección de fruta, situación que se repite en la siembra y cosecha del maíz. Para el SAFM como se ha mencionado, la familia no interviene en el frutal y se concreta a las practicas

referentes al maíz. Gonzáles *et al.* (2019) y Vallejo (2011) mencionan que este tipo de agricultura depende de una abundante mano de obra familiar, que en muchos casos proviene de los hijos, esto es coordinado por el jefe de quien se encarga de distribuir las tareas de acuerdo al sexo y la edad.

Con respecto a este último punto de la participación de los hijos en las actividades de la parcela, se manejó un índice de relevo intergeneracional, en el que puede observarse que para los tres SAF, el valor es bajo (menor a 25%), es decir, en promedio cuentan con 5 hijos, de los cuales 1 es el que continúa con las tareas correspondientes del manejo del sistema, en algunos casos, ninguno de los hijos continúa con estas tareas; esto indica que, aunque en los tres sistemas hay participación de los hijos, no es del total de hijos del productor, ellos refieren que los hijos mayores son los que siguen con la tarea de la parcela, o en su caso los que no estudiaron ningún oficio o profesión. Las nuevas generaciones optan por migrar a empleos fuera del campo, ya que ellos consideran que quedarse trabajando en el campo es símbolo de estancamiento; en este sentido De Grammont (2016) señala que el empleo agrícola ha pasado a ser sustituido y/o complementado por actividades desempeñadas en los sectores secundarios y terciarios. La gente del sector agrícola rural ha ido por el camino de la pluriactividad (actividades ajenas al sistema agrícola) como resultado de buscar estrategias para contrarrestar los efectos negativos de la crisis agrícola.

Un indicador que refleja la importancia de las especies frutales en el sistema, es el aporte económico de estas a la economía familiar. El SAFM se encuentra muy alejado del 100%, representando solo un 15% del ingreso en estos sistemas, mientras los tradicionales basan su economía en la venta de los productos obtenidos de sus especies frutales lo cual representa para ellos un 65% en el caso del SAFT y un 80% en los SAFC. Este escenario se debe a que lo SAFM no basan su economía en el sector agrícola, los productores de este tipo de sistemas poseen algún tipo de oficio o comercio que es lo que sustenta su economía y en el caso de los SAF tradicionales, aunque se da la pluriactividad de los integrantes de la familia, su principal actividad sigue siendo la agrícola.

La diversificación de la venta es un elemento que le permite a los productores tener menores riesgos debido a que su venta está compuesta por elementos más diversos, en este caso

son los SAFC los que poseen un mayor número de componentes para la venta (10), en segundo lugar, se encuentra los SAFT (5), dejando más alejado del óptimo al SAF alternativo (SAFM) (2). El SAFC es el más cercano al óptimo. El óptimo se obtuvo de un sistema en el cual se reportaron hasta 11 elementos diferentes para consumo y venta, entre los que se encuentran cultivos como el maíz, frijol, calabaza, haba, chile, entre otros, y frutales como capulín, tejocote, pera, ciruela, durazno, nogal entre otros. Una mayor diversidad de productos en el sistema representa un bajo riesgo de una pérdida completa de la cosecha en caso de una perturbación, además de una mejor utilización del tiempo por el productor, ya que no todos los cultivos se desarrollan simultáneamente, lo que a su vez permite percibir un ingreso en diferentes épocas del año (Ebel, 2017).

Los posibles canales de comercialización son en promedio 2 para los tres sistemas: el mercado local y la venta directa a intermediarios en la parcela; existe un tercero que reportaron algunos productores: mercados regionales ubicados fuera del municipio.

Cuadro 5.3. Integración de los indicadores de sostenibilidad de los sistemas agroforestales Manzana, Tejocote y Capulín en San Andrés Calpan, Puebla

Indicador	Criterio para el óptimo	Óptimo	SAFM	SAFT	SAFC
1. Rendimiento de cultivo básico	De acuerdo con la información proporcionado por los investigadores del MIAF, 2019. Datos en t ha ⁻¹	6 100%	4.50 75%	2.50 42%	2.75 46%
2. Índice del rendimiento del frutal	El óptimo es considerado 1 El mejor rendimiento de cada frutal se obtuvo de: Manzana: Información del MIAF, 2019 (15 T) Tejocote: SIAP, 2018 (7 T) Capulín: SIAP, 2018 (3.9 T)	1 100%	0.07 7% 1.05 t ha ⁻¹	0.84 84% 5.9 t ha ⁻¹	0.78 78% 3.05 t ha ⁻¹
3. Eficiencia Relativa de la Tierra en rendimiento /ha (ERT)	De acuerdo con Cortés y Turrent, 2018.	1.3 100%	0.79 53%	1.26 84%	1.24 82%
4. Relación Beneficio/Costo (R B/C)	Se consideró cuando las ganancias fueran el doble de lo que se invirtió, es decir una R B/C 2:1	3 100%	1.56 52%	2.32 77%	2.13 71%

5. Índice de Prácticas Agroecológicas	Valor máximo posible. La relación es en función a las 11 prácticas registradas.	1 100%	0.60 60%	0.60 60%	0.75 75%
6. Diversidad biológica vegetal	Valor máximo encontrado en campo unidades	1.23 100%	0.06 5%	0.16 13%	1.21 98%
7. Captura de carbono	Valor máximo encontrado en campo unidades	1.77 100%	0.45 25%	0.68 38%	1.63 92%
8. Acceso a créditos y seguros	Valor máximo posible	0 100%	0 100%	0 100%	0 100%
9. Índice de apropiación de innovaciones tecnológicas	Valor máximo posible. La relación es en función a las 11 practicas registradas.	1 100%	0.09 9%	0 0%	0 0%
10. Índice de equipo por productor	Valor máximo posible	1 100%	0.9 90%	0.9 90%	0.95 95%
11. Grado de adoptabilidad	Valor máximo posible	100%	2.5%	65%	32.5%
12. Índice de seguridad alimentaria	Valor máximo encontrado en campo	2.5 100%	2.05 82%	1.45 58%	1.55 62%
13. Autosuficiencia genética	Valor máximo posible	100 100%	100 100%	100 100%	100 100%
14. Independencia a insumos externos	Valor máximo posible	0 100%	1259 0%	1062 16%	964 23%
15. Mano de obra	Valor máximo posible	100 100%	16 16%	58 58%	58 58%
16. Índice de relevo intergeneracional	Valor máximo posible. La relación es en función del número de hijos que trabajan en el agroecosistema.	1 100%	0.10 10%	0.20 20%	0.13 13%
17. Ingresos del agroecosistema forestal a la unidad familiar	Valor máximo posible	100 100%	15 15%	65 65%	80 80%
18. Diversificación de la venta.	Valor máximo encontrado en campo	11 100%	2 18%	5 45%	10 91%
19. Canales de comercialización	Valor máximo encontrado en campo	3 100%	2 67%	2 67%	2 67%

Nota: Los valores presentados en el Cuadro anterior, para el caso de algunos indicadores no representan el dato directo, es decir, se establecieron rangos, o porcentajes inversos para poder asignar un valor que representara lo que se desea con respecto a niveles de sostenibilidad.

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

Finalmente, para comparar integralmente las bondades y las limitaciones de los sistemas de manejo evaluados, se eligió una representación tipo Amiba (Fig. 5.1), que muestra de forma gráfica los resultados de los indicadores tanto cualitativos como cuantitativos. La evaluación del estado de sustentabilidad de los SAF permite ver que son los sistemas tradicionales los que

tienen un mayor estado de sustentabilidad con un porcentaje de 66% (SAFC) y 61% (SAFT), por su parte el sistema alternativo (SAFM) obtuvo un valor de 45%. Económicamente y ecológicamente el SAFC obtuvo los mejores valores, en segundo lugar, se encuentra el SAFT, siendo superior únicamente en la parte social en un 4% con respecto al SAFC.

El SAFC (tradicional) supera al SAFM (alternativo) en 12 de los 19 indicadores evaluados. El SAFT supera al SAFM en 10 de los 19 indicadores. EL SAFM obtuvo el valor más alto en 2 indicadores; rendimiento del cultivo básico y por consiguiente en el índice de seguridad alimentaria.

Indicadores como acceso a créditos y seguros, autosuficiencia genética y canales de comercialización tienen el mismo comportamiento en los tres sistemas.

Estos resultados explican porque los SAF tradicionales tienen un grado de adoptabilidad mayor que el alternativo, además de que ecológicamente son mejores. Un aspecto interesante es que los productores que tienen los SAFM, han señalado que no se sienten completamente identificados ni seguros de este sistema, lo que su replicación ha sido limitada; sin embargo, han accedido a implementarlo por la asesoría que brindan y el apoyo en los costos del manejo del frutal. Este sistema representa una segunda opción para los productores que lo han adoptado, ya que su fuente principal de ingresos deriva de algún comercio o de otro SAF con características tradicionales.

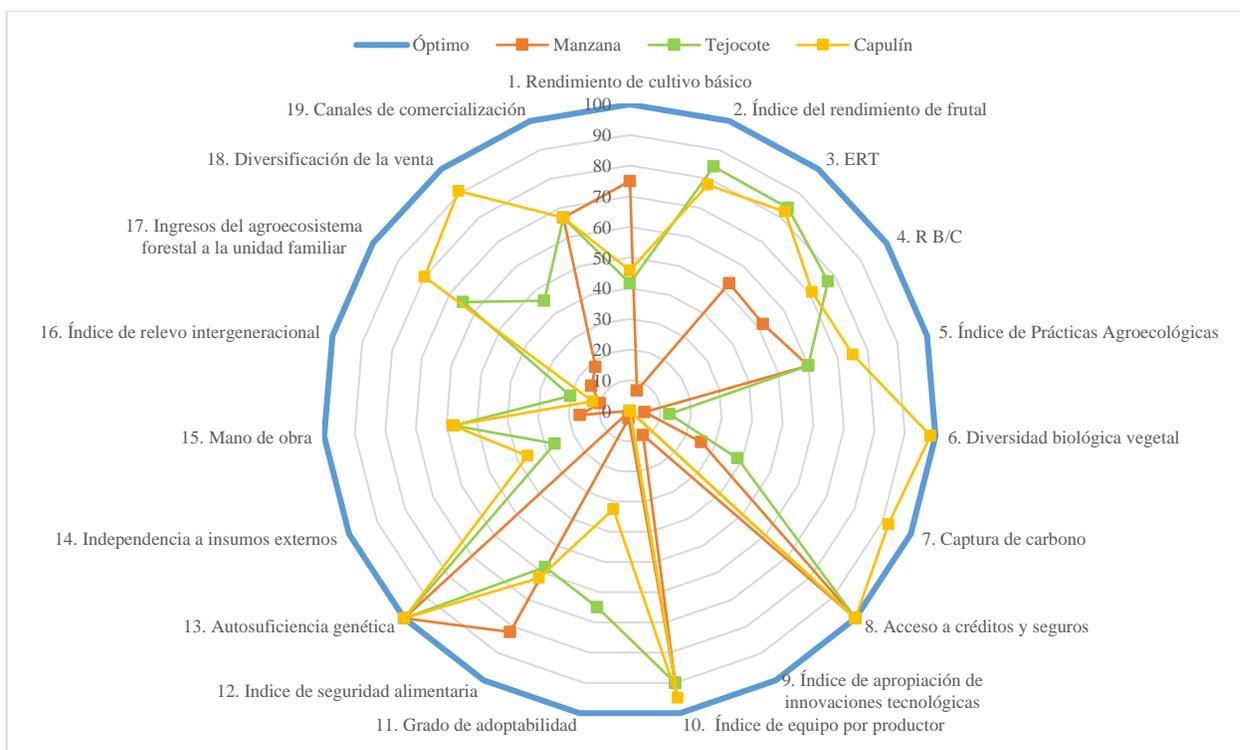


Figura 5.2. Estado de sustentabilidad de los Sistemas Agroforestales: Manzana, Tejocote y Capulín, en San Andrés Calpan, Puebla
 Fuente: Elaboración propia con información de campo

5.5 Conclusiones

Los SAF tradicionales, es decir, los SAF de capulín (66%) y los SAF de tejocote (61%) son más sustentables que el SAF alternativo (manzana) 45%, el cual es un sistema propuesto a partir de un modelo de investigación. Este modelo reporta muchas bondades, por lo cual deben analizarse los aspectos que están impidiendo que estos beneficios se reflejen en los sistemas ya establecidos como réplica en la localidad.

Los tres agroecosistemas campesinos evaluados (SAFM, SAFT y SAFC) en la localidad de San Andrés Calpan, a través Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), tienen características similares en el componente social, pero presentan diferencias en aspectos tecnológicos y de manejo de las practicas del agroecosistema, mostrando contraste tanto en la diversidad biológica vegetal, la productividad y en la rentabilidad.

Este fenómeno explica la falta de adopción del SAF alternativo por otros productores en la localidad, quienes optan por sistemas con especies predominantes de la zona como es el caso del capulín y tejocote, en los que poseen mayor experiencia para su manejo, además de que prefieren sistemas con mayor diversidad de frutales, situación que no se observa en el SAF alternativo, cuyo modelo tiene como única especie frutal al manzano.

5.6 Literatura citada

Albino, G. R., Turrent, F. A., Cortés, F. J. I., Livera, M. M., y Mendoza, C. M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513-531.

Altieri, M. A., Funes, F., Henao, A., Nicholls, C., León, T., Vázquez, L., y Zuluaga, G. (2012). Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. Documento preliminar de trabajo. Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático. 21p. <https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2012/03/Hacia-una-metodolog%C3%ADa-para-la-identificaci%C3%B3n-diagn%C3%B3stico-y-sistematizaci%C3%B3n-de-sistemas-agr%C3%ADcolas-resilientes-a-eventos-clim%C3%A1ticos-extremos.pdf>

Altieri, M. A., y Koohafkan, P. (2008). *Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities* (Vol. 6). Penang: Third World Network (TWN).

Altieri, M., y Nicholls, C. I. (2000). Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. *Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México*, 235. <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a5.pdf>

Arévalo, L., Alegre J., Palm, CH. (2003). Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC CGIAR Ministerio de Agricultura. Pucallpa, Perú, Miguel Alvarez. 24 p.

Conway, G. R. (1985). Agroecosystem analysis. Agricultural Administration. DOI: [https://doi.org/10.1016/0309-586X\(85\)90064-0](https://doi.org/10.1016/0309-586X(85)90064-0)

- Cortes, F. J., y Turrent, F. A. (2018). MIAF: Una Tecnología Multiobjetivo Sustentable para la Agricultura Tradicional. En J. Calva, Soberanía Alimentaria y Desarrollo del Campo. 1ra ed., p. 199. México: Juan Pablos https://www.researchgate.net/publication/335432938_SOBERANIA_ALIMENTARIA_Y_DESARROLLO_DEL_CAMPO_CONSEJO_NACIONAL_DE_UNIVERSITARIOS
- Cortés, J. I., Turrent, A., Díaz, P., Hernández, E., Mendoza, R. y Aceves, E. (2005). Manual para el establecimiento y manejo del Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados, México.
- Damián, H. M. y Toledo, V. M. (2016). Utopística Agroecológicas Innovaciones Campesinas y Seguridad Alimentaria en Maíz. BUAP. Dirección de Fomento Editorial. P. 125.
- De Grammont, H. C. (2016). Hacia una ruralidad fragmentada: La desagrarización del campo mexicano. *Nueva sociedad*, (262), 1-11. https://nuso.org/media/articles/downloads/2.TC_de_Grammont_262.pdf
- DeClerck, F. A., Jones, S. K., Attwood, S., Bossio, D., Girvetz, E., Chaplin-Kramer, B. y Noriega, I. L. (2016). Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? *Current opinion in environmental sustainability*, 23, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.016>
- Ebel, R., Pozas, C. J., Soria, M. F. y Cruz, G. J (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149-160. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlng=es.
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. M. y Roosevelt, F. D. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. México. pp, 63-79.*
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2017). *Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes*, Roma

- Farrell, J. G., y Altieri, M. A. (1997). Sistemas agroforestales. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana Cuba: Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo.
- Forero, S. P., Santos, L. N. S., Castañeda, H. J. A., y Madrigal, M. A. S. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 121-134. <https://doi.org/10.22490/21456453.2312>
- Gan, X., Fernandez, I. C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B. and Wu, J. (2017). When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 81, 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>
- García, F. J. C., Gutiérrez, C. J. G., Balderas, P. M. Á. y Araújo, S. M. R. (2016). Estrategia de vida en el medio rural del altiplano central mexicano: el huerto familiar. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(4), 621-641.
- González, S. R. y Coelho, de S. G. (2014). Agricultura familiar: mercantilización y su repercusión en la seguridad alimentaria y nutricional familiar. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, (24), 95-116.
- González, J. L. L., Gaxiola, J. F. Á., Miguez, S. E. R., Huato, M. Á. D., Espinosa, J. A. M., & Sánchez, J. A. P. (2019). Huertos familiares y seguridad alimentaria: el caso del municipio de Calpan, Puebla, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 351-371.
- Guzmán, P. P., Guevara, G. R. D., Olguín, L. J. L. y Mancilla, V. O. R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia (Arica)*, 34(3), 69-80.
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H. y Radulovich, R. (1994). Fundamentos de análisis económico: guía para investigación y extensión rural. *Serie Técnica, Informe Técnico No. 228; CATIE*. Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- Herrera, P. L., Valtierra, P. E., Ocampo, F. I., Tornero, C. M. A., Hernández, P. J. A. y Rodríguez, M. R. (2017). Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos

sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(18), 3711-3724.

- López, G. J., Damián, H. M., Álvarez, G. J., Méndez, E., J., Rappo, M. S. y Paredes, S. J. (2019). Innovaciones radicales y progresivas en el manejo del maíz en Calpan, Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 277-288. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v10i2.802>
- Lozano, G. M. A., Valle, G. S., Aguirre, M. E., Lobato, C. C. S. y Huelitl, P. F. (2016). Películas basadas en emulsiones de pectina de frutos de tejocote (*Crataegus spp.*) y cera de candelilla: caracterización y aplicación en *Pleurotus ostreatus*. *Agrociencia*, 50(7), 849-866.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell. Cambridge, USA. 256p.
- Sullivan, P. (2003) "Applying the principles of sustainable farming" *Fundamentals of Sustainable Agriculture*. EUA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), Department of Agriculture. https://ipm.ifas.ufl.edu/pdfs/Applying_the_Principles_of_Sustainable_Farming.pdf?pub=295%5D
- Masera, O., Astier, M. y López, R. S. (1999). Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad MESMIS. Mundiprensa – GIRA – UNAM. México.
- Meynard, J. M., Dedieu, B. y Bos, B. (2012). Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In: Darnhofer I, Gibbon D, Dedieu B (eds) *Farming systems research into the 21st century: The new dynamic*. Springer, Berlin, pp 405–429
- Navia, E. J. F. (2017). La Agroforestería frente al Cambio Climático. *FAGROPEC-Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 9(2), 51-56.
- Pigford, A. A. E., Hickey, G. M. y Klerkx, L. (2018). Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. *Agricultural Systems*, 164, 116-121. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.04.007>

- Pocomucha, V. y Alegre, J. (2014). La interacción de carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huánuco, Perú. *RevIA*, 3(1).
- Prost, L., Berthet, E. T., Cerf, M., Jeuffroy, M. H., Labatut, J., y Meynard, J. M. (2017). Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Research in engineering design*, 28(1), 119-129.
- SADER. (2018). Listado de Beneficiarios PROAGRO ciclo primavera-verano 2018. En línea: <http://www.agricultura.gob.mx/listado-de-beneficiarios/ciclo-primavera-verano-2018>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), (2018). http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php
- Sullivan. (2003). Applying the principles of sustainable farming. Fundamentals of Sustainable Agriculture. EUA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA), Department of Agriculture. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 12(1), 69-94.
- Timoteo, K., Remuzgo, J., Valdivia, L., Sales, D. F., García, S. D., y Abanto, R. C. (2016). Estimación del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el departamento de Huánuco. *Folia amazónica*, 25(1), 45-54.
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socio-ecológica. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*. 34(136):41-71. <http://www.redalyc.org/pdf/137/13729711004.pdf>
- Toledo, M. V., Alarcón, C. P., y Barón, L. (1999). Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México. *Estudios agrarios*, 12, 55-90. <https://colectivolatinoamericano.files.wordpress.com/2010/10/toledo-1999-estudiar-lo-rural.pdf>
- Tonolli, A., Greco, S., y Sarandón, S. J. (2019). Algunos aspectos emergentes y de importancia para la construcción del enfoque agroecológico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 205-212.
- Torres, A. A., Vásquez, G. G., Piedrahita, D. C., y Vásquez, V. S. (2019). Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Journal of Science and Research*:

Revista Ciencia e Investigación. ISSN 2528-8083, 4(4), 10-21.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3473533>

- Turrent, F. J., Albino, G. R., Cortés, F. J. I., Livera, M. M., y Mendoza, C. M. C. (2015).
Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados.
Agrociencia, 49(5),513-531
- Wilson, M. C. y Wu, J. (2017). The problems of weak sustainability and associated indicators.
Int. J. Sustain. Dev. World Ecol., 24 (1) pp. 44-51
- Wu, J. y Wu, T. (2012). Sustainability indicators and indices: an overview. *Handbook of Sustainable Management*, Imperial College Press, London, pp. 65-86

VI. PROPUESTA DE REDISEÑO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL SISTEMA AGROFORESTAL MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FUTALES (MIAF)

Ana Karen Reyes-Reyes¹, Ignacio Ocampo-Fletes^{1*}, Benito Ramírez-Valverde¹, Enrique Ortiz-Torres¹, Primo Sánchez-Morales², Miguel Acosta-Mireles³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, akmerr@hotmail.com, ocampoif@colpos.mx, bramirez@colpos.mx, enriqueortiz@colpos.mx

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, primosamo@yahoo.com

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, acosta.miguel@inifap.gob.mx

6.1 Resumen

Actualmente nos enfrentamos a un deterioro severo de los recursos naturales. La agricultura de los últimos 70 años, particularmente la que tiene un mayor grado de tecnificación dejó de ser una actividad que hacía un uso racional de los recursos naturales. Con base en lo anterior, es necesario realizar un análisis del manejo de estos sistemas de producción desde una perspectiva holística, para poder proponer un rediseño del MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales) tradicional a partir de las bondades que presentan estos sistemas y el MIAF propuesto desde la investigación. El sistema de interés es el MIAF, el cual es una propuesta conjunta del Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuyo desarrollo se inició en el Valle de Puebla. Para que este tipo de sistema alcance el estado de sustentabilidad deseado hay aspectos que deben considerarse para que se trate de una estrategia integral. El diseño de este sistema, debe ser adecuado a las particularidades de la región, buscando responder las necesidades de los productores, por lo que la participación de ellos en el rediseño del sistema es fundamental para conseguir el éxito en su replicación, sin perder de vista la importancia de partir del fortalecimiento y/o implementación de prácticas agroecologías pertinentes al lugar.

Palabras Clave: Agroecosistema, cultivos intercalados, prácticas agrícolas.

Abstract

We are currently facing severe deterioration of natural resources. The agriculture of the last 70 years, particularly the one with a higher degree of technification, stopped being an activity that made a rational use of natural resources. Based on the above, it is necessary to carry out an analysis of the management of these production systems from a holistic perspective, in order to propose a redesign of the traditional MIAF based on the benefits presented by these systems and the MIAF proposed by the research. The system of interest is the MIAF, which is a joint proposal of the College of Postgraduates and the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP), whose development began in the Puebla valley. In order for this type of system to reach the desired state of sustainability, there are aspects that must be considered for it to be a comprehensive strategy. The design of this system must be appropriate to the particularities of the region, seeking to respond to the needs of the producers,

so their participation in the redesign of the system is essential to achieve success in its replication, without losing sight of the importance of starting from the strengthening and / or implementation of agroecological practices relevant to the place.

Key Words: Agroecosistem, Interleaved Crops, MIAF, Agricultural Practices

6.2 Introducción

La agricultura de los últimos 70 años, en especial la que tiene un mayor grado de tecnificación pasó a ser una actividad con un uso poco racional de los recursos naturales. Hoy, la capacidad de las plantas para transformar energía luminosa en energía química y biomasa, mediante la fotosíntesis, se encuentra condicionada por recursos que no pueden considerarse totalmente renovables (Etchevers *et al.*, 2016).

Es necesario realizar un análisis del manejo de estos sistemas de producción desde una perspectiva holística, por lo que un sistema de producción agrícola debe ser entendido como un ecosistema intervenido es decir como un agroecosistema.

Los agroecosistemas (Masera *et al.*, 1999), son concebidos como sistemas ecológicos modificados por el hombre para hacer uso de los recursos naturales en los procesos de producción agropecuaria (Vilaboa *et al.*, 2006). Es a través de estos que el ser humano logra el objetivo de producir bienes y servicios de origen vegetal, animal y forestal que le permiten satisfacer sus necesidades (Masera *et al.*, 1999).

En Latinoamérica desde los años 80s surgió un movimiento agroecológico que promueve agroecosistemas sustentables y sugiere que la base para su estudio es la Agroecología, la cual brinda los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos, conservando los recursos naturales, y social y económicamente viables (Altieri, 2002). Se busca desarrollar sistemas que potencien las interacciones benéficas entre sus componentes y que tiendan a la sustentabilidad (Astier, 2006).

Actualmente, llegar a un estado de sustentabilidad es un objetivo que se busca en cualquier actividad económica (Ruíz *et al.*, 2012) y el caso de las actividades del sector agropecuario no son la excepción.

En el contexto de la agricultura campesina la sustentabilidad significa poder lograr agroecosistemas que sean productivos, estables, adaptables, confiables y resilientes, que distribuyan sus costos y beneficios de manera equitativa y generen procesos auto-gestivos y autónomos (Maserá *et al.*, 1999).

Esto representa un importante desafío teniendo en cuenta que la interpretación del concepto de sustentabilidad es algo complicado, debido a la complejidad y multidimensionalidad del término, por lo que conocer el estado de sustentabilidad de los diferentes agroecosistemas implica la construcción de indicadores pertinentes a la realidad de cada sistema.

A pesar de que hay varias definiciones, todas concuerdan en que una agricultura sustentable debe cumplir simultáneamente con requisitos económicos, ambientales y sociales. Se considera que la agricultura es sustentable cuando mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan (Sarandón *et al.*, 2006).

Es de vital importancia reconsiderar los sistemas agrícolas tradicionales que practican los productores. Los estudios sobre agricultura tradicional mexicana han demostrado la diversidad de sistemas que los productores han practicado durante cientos de años, por lo que muchos de ellos pueden traducirse en sistemas con un estado elevado de sustentabilidad (Sánchez *et al.*, 2014).

Una alternativa son los sistemas agroforestales, que son sistemas antiguos de uso de la tierra y ampliamente practicado, en el que los árboles se combinan espacial y/o temporalmente con cultivos agrícolas y/o con animales. Esta combinación de elementos de agricultura y de forestería, se traduce en sistemas de producción que tienden a la sustentabilidad, ya que cubren positivamente diferentes puntos de las dimensiones ambiental, económica y social, aspectos que ocurren en la misma unidad de tierra. Sin embargo, se han desarrollado conceptos modernos de agroforestería, uno de ellos es el de ICRAF (*International Centre for Research in Agroforestry*):

«La agroforestería es un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultánea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local» (Farrell y Altieri, 1997).

El tipo de sistemas que se desarrollan en la agroforestería producen un beneficio directo para la sociedad. Incluyen biodiversidad silvestre y domesticada, principalmente animales y vegetales, manejados por seres humanos; se sabe que la agroforestería ha sido practicada desde los inicios de la agricultura, pero su reconocimiento como disciplina científica no tiene más de 30 años (Nair y Garrity, 2012). En México el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales es aún fragmentado, no sólo por la escasez de estudios dirigidos específicamente a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino también porque esta forma de manejo de los ecosistemas y paisajes se encuentra en constante creación, transformación y desarrollo (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

A pesar de las diversas modalidades de los SAF que se practican a nivel mundial, su aplicación es más extendida en los trópicos. Aproximadamente el 20% de la población mundial (1,200 millones de personas), dependen directamente de los productos agroforestales y de sus servicios en los países en desarrollo (Pandey, 2002).

Actores importantes en la investigación de estos sistemas son los investigadores del Colegio de Postgraduados y del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), ya que retomaron este tipo de sistemas para desarrollar la tecnología denominada Milpa Intercalada en Árboles Frutales. Inicialmente fue puesta en marcha en las comunidades Cuicatecas, Mazatecas y Mixes del Estado de Oaxaca con el proyecto Manejo Sustentable de Laderas en el año de 1999, en donde se probó su capacidad para superar las limitaciones de los productores de milpa tradicional de laderas. Debido a los buenos resultados, se amplió el programa del PMSL y el MIAF hacia las regiones Costa, Sierra sur, Mixteca y Valles centrales del estado de Oaxaca (Cortés *et al.*, 2005).

En ciertas regiones del estado de Puebla, se ha trabajado conjuntamente entre productores e investigadores del Colegio de Postgraduados, una propuesta tecnológica sobre sistemas agroforestales, donde el agroecosistema comprende una especie arbórea que generalmente es un frutal, asociado con cultivos anuales, esta compleja interacción de cultivos es un tipo de MIAF, con componentes sugeridos a través de la investigación institucional.

El sistema MIAF modificado por los investigadores ha sido una tecnología que presenta muchos beneficios (Cortés *et al.*, 2004), esto puede confirmarse con diversos estudios que se han llevado a cabo donde el tema central son los SAF, que consisten en la revisión de aspectos como la productividad y relaciones económicas, sin embargo, no existen investigaciones que aborden el sistema desde un enfoque holístico. Abordar este fenómeno de manera holística permitirá detectar los puntos débiles sobre los que hay que trabajar. Este tipo de estudios daría a conocer el estado de sustentabilidad del sistema.

Considerando lo anterior y por la creciente necesidad de evaluar de manera tangible el grado de sustentabilidad de los agroecosistemas existentes en México y dada la importancia que estos tienen desde los enfoques ambiental, económico, social y cultural, el objetivo es proponer un rediseño para el manejo sustentable del sistema agroforestal Milpa Intercalada en Árboles Frutales, a partir de los conocimientos de los campesinos y de las recomendaciones tecnológicas generadas por la investigación.

6.3 Descripción y análisis del sistema MIAF

Los sistemas agroforestales pueden ser definidos como una forma de uso de la tierra, en la cual plantas leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con distintos cultivos, siendo el propósito fundamental el diversificar y optimizar la producción (Mendieta y Rocha, 2007). En la zona de estudio existen SAF muy diversos, algunos de ellos con características orientadas a un manejo más tradicional, que están constituidos por un cultivo básico principal, que en este caso es el maíz, el cual está intercalado con otros como calabaza, frijol, haba, chile, etc., y con diversos árboles frutales. Estos sistemas pueden ser denominados como MIAF. Desde finales del siglo pasado se desarrolló un tipo de sistema MIAF especializado, el cual es un tipo de sistema agroforestal, que se ha propuesto como una tecnología alternativa y sustentable para pequeños productores (Turrent *et al.*, 2017), el cual está constituido

únicamente por tres especies, el árbol frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y frijol u otra especie comestible, de preferencia leguminosa (sotocultivo) en intensa interacción agronómica y que tiene como propósitos la producción de maíz y frijol que son estratégicos para la seguridad alimentaria de las familias rurales (Cortés *et al.*, 2005).

El sistema MIAF especializado es una propuesta conjunta del Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, cuyo desarrollo se inició en el valle de Puebla y, a partir del año 1999, en el Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) y en microcuencas de la parte norte del estado de Oaxaca y ahora en Chiapas. Este sistema se plantea como una alternativa de producción para las áreas planas y también para zonas de cultivos con laderas de diferentes pendientes. La milpa le permite al pequeño productor enfrentar posibles fenómenos que amenacen su producción, liberando a su vez al cultivo del maíz de la presión económica de la cual es objeto; al tiempo que es una alternativa viable para la conservación de los recursos naturales.

El MIAF se ha planteado como una tecnología para la intensificación del manejo sustentable de la tierra, que es compatible con el paradigma de la agricultura tradicional de México. La intensificación se da en los sentidos del espacio y el tiempo con varios objetivos: a) incrementar significativamente el ingreso, el empleo y la seguridad alimentaria familiar aprovechando los saberes campesinos y sus semillas nativas; b) proteger y acrecentar la calidad de los recursos suelo, agua y biodiversidad; c) incrementar la eficiencia relativa de la tierra de labor (Turrent *et al.*, 2017).

El modelo del sistema MIAF para el caso de terrenos con una pendiente menor a 20%, consiste de tres franjas de 4.8 m de ancho cada una. La franja central está ocupada por los árboles frutales y las franjas laterales por el maíz o frijol en seis surcos de 0.80 m de ancho cada uno (alternando dos surcos de maíz seguido de dos surcos de frijol). En esta distribución espacial, los cultivos ocupan un tercio de terreno cada uno. Se recomienda que en el primer año de plantación de los árboles dejar por lo menos una franja 1.6 m a cada lado y a partir de ahí sembrar los cultivos básicos (14 surcos de 0.8 m de separación). La repetición de este módulo a lo ancho del terreno da lugar a una separación entre hileras de 14.4 m, con 12 surcos de maíz y frijol entre ellas en el segundo año. Los árboles se plantan al centro de la franja

con una separación de 1.00 m (en condiciones de riego y temporal) y con una sola rama de estructura en forma alterna (Cortés *et al.*, 2005).

El MIAF es un sistema al cual le han atribuido las siguientes cualidades: a) Capacidad para secuestrar carbono de manera similar a la de otros sistemas vegetales que usan especies forestales, en vez de frutales; b) La capacidad para mejorar la producción de alimentos prácticamente desde la instalación del sistema; y c) La posibilidad de incidir en el incremento de los ingresos de los productores a través de participar en el mercado de fruta fresca a mediano y largo plazos (López, 2005).

En el MIAF, en promedio, se calcula que la producción puede ser 1.45% mayor que la de cualquiera de las especies producidas en forma de monocultivo, por otro lado, si alguno de los cultivos MIAF tuviera bajos rendimientos por cuestiones climatológicas, se tienen las otras especies en cultivo para satisfacer las necesidades de las familias campesinas (Juárez *et al.*, 2008).

En el municipio de Huejotzingo, ubicado en el Oeste del estado de Puebla, localizado en las cercanías del Volcán Popocatepetl (19°14' - 19° 16' N; 98°20' - 98E38' W) a una elevación de 2,260 msnm, se encuentra establecido un módulo del sistema MIAF. En la zona el clima es templado subhúmedo con estación lluviosa en el verano entre abril y octubre, con una temperatura anual promedio de 15.7°C, y una precipitación pluvial anual de 868.2 mm (INEGI, 2010). En este municipio del Valle de Puebla, se presentan en mayor parte áreas dedicadas a la agricultura de temporal, mientras que al oriente se localizan extensas zonas de regadío y en la ribera áreas reducidas de bosques de pino, pino- encino y pastizales (INAFED, 2016).

Actualmente los investigadores, dentro del módulo, hacen ensayos con una gran diversidad de especies perennes y anuales, para definir otras estrategias y técnicas que permitan, dentro del enfoque MIAF, el mejor aprovechamiento de la radiación solar, la sombra, la humedad y los nutrientes del suelo (Juárez *et al.*, 2008).

Por otro lado, el MIAF implementado por los productores responde a las condiciones ambientales, los cultivos de interés, las herramientas que poseen, la disponibilidad de mano de obra, los insumos disponibles y la cosmovisión de las familias. Estos elementos son los que

determinan el tipo de estrategias que llevan a cabo los productores para poder conseguir los objetivos del SAF. Este MIAF que responde a características más tradicionales se caracterizan por el uso de semillas nativas, las cuales pasan por un arduo proceso de selección por parte de los integrantes de la familia (esposas y/o hijos) para poder obtener las de mejor calidad para el siguiente ciclo. Hacen uso de abonos procedentes de sus animales, ya que sus ingresos son muy limitados para la compra de insumos de origen químicos con costos elevados; este tipo de SAF, presentan diversidad en sus huertos como estrategia productiva para satisfacer sus necesidades.

Entender las diversas interacciones que se dan en este tipo de sistemas es complejo, ya que se cuentan con diversos componentes que pueden ser analizados como subsistemas (Fig.6.1), sin embargo, es fundamental entender que sucede entre estos componentes para poder rediseñar la estructura de este tipo de agroecosistema.

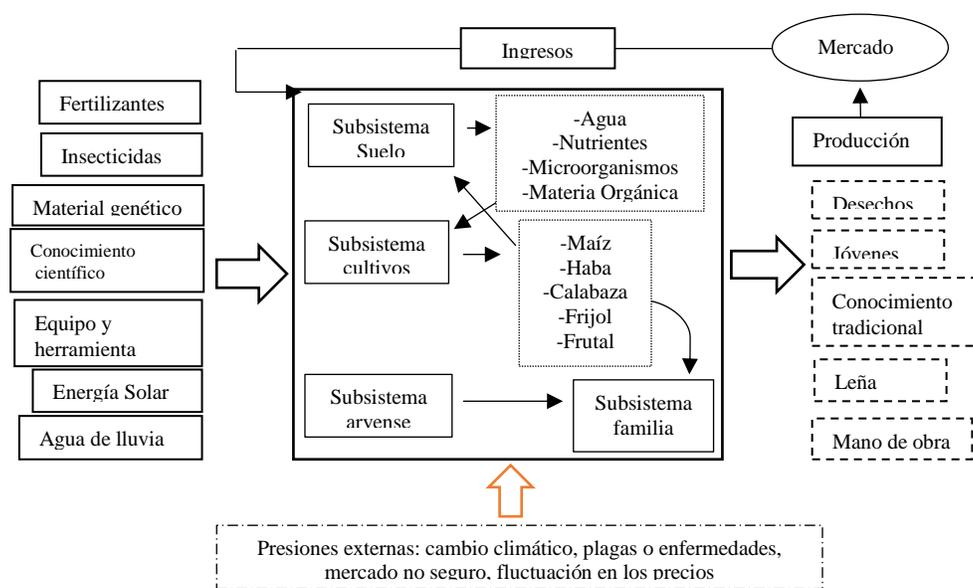


Figura 6.1. Componentes del sistema MIAF tradicional

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos de campo

El sistema milpa intercalado con árboles frutales tiene beneficios en el aspecto productivo y económico, sin embargo, existen elementos sociales, culturales y ambientales, además de las interacciones entre estos factores, que no se están abordando de una manera óptima, teniendo como consecuencia aspectos sociales y ecológicos vulnerables.

6.4 Sustentabilidad en el sistema MIAF

Es importante destacar que la investigación de los sistemas agroforestales de las diversas regiones del planeta, en donde se han implementado desde hace muchos años, permite recuperar el conocimiento campesino acumulado durante décadas o quizás siglos.

En México el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales es aún fragmentado, no solo por la escasez de investigaciones dirigidas específicamente a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino también porque esta forma de manejo de los ecosistemas y paisajes se encuentra en constante creación, transformación y desarrollo (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Los sistemas agroforestales tradicionales y sus prácticas incluyen: a) la conservación selectiva de biodiversidad forestal, principalmente de animales y plantas silvestres, o bajo manejo incipiente; b) el manejo de biodiversidad agrícola, principalmente de plantas y animales domesticados o con niveles avanzados de domesticación; c) la articulación e integración de los componentes abióticos del sistema, como el clima, el agua y el suelo, en relación con el manejo de los componentes agrícolas y forestales; y d) los seres humanos, organizados en unidades sociales, quienes tienen un papel protagónico en dirigir las interacciones de los componentes en el sistema (Moreno *et al.*, 2015).

Para poner en contexto lo que se tiene en México con respecto a los estudios sobre los sistemas agroforestales, se hace referencia a lo que encontraron Moreno-Calles *et al.* (2013) donde reporta que se han encontrado un total de 265 registros en que se especifica el grupo cultural que mantiene el sistema agroforestal estudiado. Dichos trabajos hicieron referencia a un total de 27 grupos culturales, de los cuales 25 son pueblos originarios. Los otros dos hacen referencia a grupos mestizos o a un grupo particular que se autodenominan rancheros.

Este tipo de sistemas, donde se hace un uso de frutales en las cercanías de las casas o en los terrenos de los productores adquiere un especial interés en el mundo. Derero *et al.* (2014) señalan que existe una estrecha relación entre seguridad alimentaria, árboles frutales y alimento para los animales, salud, nutrición e ingreso. Algo parecido a lo demostrado por el MIAF en México (Cortés *et al.*, 2005). Las principales razones por las cuales los productores establecieron estas especies fueron obtención de leña, ingresos adicionales, sombra, muros vivos y madera.

El enfoque agroecológico permite apreciar la realidad de este tipo de sistemas agrícolas, dejando ver las verdaderas relaciones que se establecen entre todos los elementos que forman parte del sistema. Con este tipo de enfoques se puede trabajar para la elaboración de proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios con la finalidad de potenciar los sistemas agrícolas en todas sus dimensiones buscando llegar a un estado alto de sustentabilidad (Rosset, 2015).

Los estudios sobre el sistema MIAF que se han encontrado abarcan algunos aspectos de la sustentabilidad de manera aislada, son pocos los estudios que abordan todos los aspectos que engloba la sustentabilidad.

El MIAF ha demostrado ser un sistema agrícola diseñado para diversificar e incrementar la producción agrícola a través de la combinación entre especies perennes y anuales, permitiendo conformar una estructura vegetal ordenada en el espacio y tiempo, la cual constituye un refugio potencial para las comunidades edáficas (Juárez y Fragosa, 2014).

Sin embargo, dentro del sistema existen elementos ecológicos, sociales y económicos que pueden ser modificados para que, al ser evaluados a través de diversos indicadores, el sistema sea referencia de un estado alto de sustentabilidad.

Los elementos que se plantea modificar, en el agroecosistema tradicional a partir del conocimiento que se ha generado por parte de los productores en campo y del conocimiento que se ha generado en el sistema especializado, se presentan en los siguientes Cuadros:

Cuadro 6.1. Modificación de elementos ecológicos del sistema MIAF tradicional

Elemento	Situación actual	Modificaciones
Conservación de los recursos suelo y agua	La aplicación de técnicas para obtener la producción deseada en algunos casos conlleva a que los recursos naturales se han manejados a través de prácticas que pueden	Debe considerarse la integración de las prácticas provenientes del conocimiento tradicional con las prácticas derivadas del conocimiento científico para buscar conservar agua y suelo. Algunas prácticas consisten en la implementación de barreras vivas, terrazas, canales de conducción, zanja para almacenar agua de lluvia melgas, incorporación de

	<p>propiciar su desgaste y contaminación.</p> <p>El uso de agroquímicos para asegurar la producción tiene como consecuencia la pérdida de calidad de los recursos.</p>	<p>materia orgánica, uso de compostas, diversificación de especies agrícolas etc. (Nicholls y Altieri, 2013; Sánchez <i>et al.</i>, 2014).</p>
Densidad de plantas	<p>Los árboles frutales no siguen ningún patrón específico</p>	<p>Una opción es plantar árboles frutales como cercas vivas, así se obtendrán más productos, incluyendo estacas vivas para las nuevas cercas, forraje, madera, leña y frutos, al mismo tiempo brindan servicios, tales como la provisión de sombra y la protección contra el viento además de que pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad al ser potenciales hábitats, recursos y corredores para la vida silvestre, debe optarse por un diseño donde no se dé una relación negativa entre los árboles y los cultivos (Harvey <i>et al.</i>, 2003; Orozco y López, 2013).</p>
Conservación de germoplasma	<p>En los SAF tradicionales se emplean especies provenientes de la propia parcela para el caso de los cultivos anuales. En el caso de los árboles frutales, algunos productores llevan a cabo injertos de especies mejoradas a sus especies nativas con la finalidad de</p>	<p>Seguir fomentando prácticas para la utilización y conservación del germoplasma nativo, como el trueque, regalo o pago por trabajo con semillas, de esta forma se generan flujos de semilla intra e intercomunales, además de buscar la reintroducción de germoplasma, promover intercambio de experiencias y conocimientos tradicionales, y la realización de ferias y concursos de agrobiodiversidad. Las alternativas para mantener la gestión comunal de variedades tradicionales van desde dejarlas en libre</p>

	mejorar el aspecto de la fruta y la producción.	acceso o incentivar la regulación estatal, hasta potenciar la creación de herramientas colectivas para conservar y proteger tanto la riqueza genética como los conocimientos tradicionales (Rojas <i>et al.</i> , 2014; Aceituno <i>et al.</i> , 2017)).
Fertilización	La fertilización que se realiza es a través de productos en su mayoría de origen sintético y, también en menor cantidad de origen orgánico.	Conocer el estado actual del suelo para aplicar los elementos que hacen falta tratando que su origen sea de desechos (abonos, rastrojo) que el productor genera para que estos sean reutilizados y así propiciar el reciclaje de nutrientes en el sistema, de esta forma se fomenta el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. Otra alternativa es la utilización de biofertilizantes a base de bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico y bioestimuladores microbianos (Martínez <i>et al.</i> , 2010).
Manejo de árboles frutales	En algunos sistemas se llevan a cabo prácticas de poda, sin embargo, en muchos de los casos no se realizan bajo ningún conocimiento concreto de si se hacen de la manera correcta.	Las prácticas de poda deben buscar la incorporación del conocimiento científico, ya que así se integrarían prácticas que pueden fortalecer elementos del sistema. Este tipo de conocimiento más el conocimiento de los campesinos con bases ecológicas, geográficas y ambientales, pueden permitir la implementación de estrategias para el uso y manejo de los recursos naturales (Cruz y Torres, 2015).
Arreglo topológico	El arreglo consiste en intercalar diversos frutales con especies como el	Fomentar el manejo de policultivos para garantizar la biodiversidad de los agroecosistemas. En el caso de los frutales enfocarse en aquellos que tiene una presencia

	maíz, frijol, calabaza, haba, chile, entre otros.	importante en la región (tejocote, pera, ciruelo, capulín) en función de conocer entre que especies se pueden dar mejores relaciones para el agroecosistema (Iermanó <i>et al.</i> , 2015).
Control de la población de fauna que puede ser dañina en cultivos y control de enfermedades	La presencia de la fauna que puede provocar un daño en los cultivos y de enfermedades dentro del agroecosistema es controlada por productos químicos, que al ser aplicados dañan a organismos que no representan peligro para el sistema, y al mismo tiempo contaminan el recurso suelo, agua y aire.	Contar con una mayor diversidad de cultivos que puedan controlar el crecimiento de fauna nociva, con la finalidad de no propiciar al ambiente idóneo para la proliferación de agentes patógenos ni de un incremento perjudicial en la población de fauna que pueda afectar a los cultivos. Existen prácticas para poder manejar el tamaño de población de fauna que puede ser dañina como son los cultivos trampa, plantas repelentes, feromonas, controles biológicos, variedades resistentes, etc. (Moreno, 2010).
Control de arvenses	El control en el sistema de las arvenses se lleva a cabo a través de agroquímicos y de manera manual.	Revisar que el uso de semillas de cultivos (maíz, calabaza, frijol, haba, etc.) no estén contaminados con semillas de arvenses, la limpieza del equipo de labranza y las herramientas. El manejo cultural de las arvenses, es componente importante. Este debe incluir: los sistemas de labranza, el uso de semillas de buena calidad o vigor, la época adecuada de siembra, la alta densidad, el momento oportuno de los métodos agronómicos, las coberturas muertas y vivas, la asociación, secuencia y rotación de cultivos (Gamboa y Pohlen, 1997; Blanco, 2016).

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos de campo y de información expuesta por investigadores que están a cargo del sistema.

El éxito de cualquier modelo agrícola que desee replicarse, está relacionado la forma en cómo se tengan que manejar sus recursos y en que dicho sistema logre cumplir con los objetivos de la unidad familiar que lo maneja.

Abasolo (2011) reconoce la importancia de entender que el conocimiento sobre el manejo de los recursos naturales y las prácticas agrícolas es un elemento que se ha fortalecido en algunas sociedades a través del tiempo. De esta forma, consideramos que el conocimiento sobre la utilización y manipulación del suelo, agua y la vegetación entre otros, es un proceso de adaptación sociocultural a condiciones ambientales y socioeconómicas particulares.

Un ejemplo para el caso del aprovechamiento del recurso agua es el que Pérez (2014) describe en la comunidad de La Caridad Cuaxonacayo, en Tlaxcala, donde los campesinos han desarrollado un sistema agrícola de metepantles o semiterrazas, cuyos componentes son una plataforma de cultivo, un talud (muro de contención o bordo) de tierra retenido por plantas de maguey (*Agave* sp.), capulín (*Prunus capuli*), manzana (*Malus domestica*), durazno (*Prunus Persica*) y encino (*Quercus* sp.), y junto a la base del muro contiene una zanja para almacenar agua de lluvia, a la vez que aporta humedad al terreno de cultivo. Al mismo tiempo, se destaca el conocimiento de estos campesinos sobre las fases lunares y su relación con el cultivo. En este sistema de metepantles los campesinos cultivan maíz criollo mediante la observación de las fases lunares en diferentes etapas de ciclo agrícola: (1) luna nueva: no se barbecha, no se siembra; (2) luna llena: se barbecha, se siembra el maíz y se le forma surco con el arado, se dobla la planta de maíz, se cosecha la mazorca y (3) cuarto menguante: no se siembra, no se cosecha.

Un componente fundamental de cualquier sistema es el tipo de semillas que utilizan, la selección de estas, de igual forma, es resultado del conocimiento que poseen los agricultores, el cual ha sido generado durante muchos años. Es fundamental conocer la importancia del manejo e implementación de las variedades criollas locales, ya que este tipo de variedades juegan un papel importante en la adaptación al cambio climático en las diversas regiones de México y el mundo. En ciertas partes del país es posible que ya exista germoplasma, en forma de las variedades locales, que sería adecuado para sembrar bajo las nuevas condiciones que se predicen como resultado del cambio climático (Mercer *et al.*, 2012; Ureta *et al.*, 2012).

Este es un avance significativo para que los productores más vulnerables a los efectos de las variaciones climáticas tengan herramientas que los ayuden a enfrentar dichas adversidades. La intensificación del uso de las variedades nativas y la agrobiodiversidad de éstas, es una alternativa importante para el rediseño del sistema MIAF.

En este contexto, la agrobiodiversidad de los agroecosistemas juega un rol importante en la seguridad y soberanía alimentaria de los productores que los manejan y contribuyen significativamente a las necesidades básicas de la humanidad. A pesar de su importancia para la agricultura, el actual modelo dominante se caracteriza por una elevada disminución de la agrobiodiversidad y, en consecuencia, de los servicios ecológicos que brinda, un ejemplo es la proliferación de fauna nociva para los cultivos al encontrar muchos individuos de la misma especie, en lugar de diversidad (Sarandón, 2002; Rojas y Pinto, 2014).

Iermanó y Sarandón (2009) señalan que como consecuencia de la disminución de biodiversidad hay una necesidad de utilizar más insumos (que derivan de la energía fósil), para suplir el adecuado funcionamiento de los procesos ecológicos debilitados. La comparación de sistemas de policultivo familiares con sistemas agrícolas de monocultivo permite comprender mejor el rol que cumplen los primeros en el desarrollo del territorio rural y su potencialidad para el aprovechamiento de los servicios ecológicos (Iermanó *et al.*, 2015).

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. Entre estos recursos, la biota del suelo realiza una serie de funciones que son esenciales para la integridad y productividad de los sistemas agrícolas, por lo que constituye una fracción primordial de la biodiversidad terrestre. La composición de esta biota puede ser manipulada, casi siempre de forma temporal, para mantener e incrementar la productividad de un suelo (Martínez *et al.*, 2010).

En este sentido, los biofertilizantes y bioestimuladores microbianos representan un componente de suma importancia de los sistemas agrícolas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente viable y ecológicamente aceptable, para reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos del sistema, mediante la utilización de microorganismos del suelo, los cuales son capaces de aportar a los cultivos el nitrógeno fijado de la atmósfera, el fósforo transformado a partir del que está fijado en el suelo y las sustancias

fisiológicamente activas que sirven para mantener en correcto estado el desarrollo del cultivo (Martínez *et al.*, 2010).

Otro aspecto mencionado en el Cuadro 6.1, es el manejo de las arvenses, ya que a pesar de que estas reducen el rendimiento de un cultivo, su presencia contribuye a la estabilidad de los agroecosistemas. Por tal motivo se considera interesante aplicar métodos de análisis ecológicos a los sistemas agrícolas, con el fin de entender patrones como la distribución y la abundancia de las especies de arvenses (Blanca, 2016). Los estudios sobre las relaciones ecológicas abren una nueva línea de investigación en el desarrollo de sistemas de manejo que buscan alternativas de control, para conseguir el objetivo de tener una buena producción agrícola sin poner en riesgo las relaciones y servicios ecológicos que existen en el agroecosistema.

Los elementos económicos se analizan en el Cuadro 6.2.

Cuadro 6.2. Modificación de elementos económicos del sistema MIAF tradicional

Elemento	Situación actual	Modificaciones
Inversión	En algunos casos los productores optan por comprar varias plántulas de algún frutal de su especial interés, sin embargo, no todo los productores pueden hacer eso, por lo que trabajan con los frutales que de por sí ya se encontraban en sus parcelas.	Buscar la aplicación de programa de apoyo por parte de instituciones gubernamentales para sistemas diversificados como el MIAF tradicional. Considerar la implantación de un vivero comunitario para fomentar el uso de especies nativas.
Ingresos generados en el sistema MIAF	Un beneficio de este tipo de sistemas la obtención de ingresos a partir de diversos cultivos, lo que se traduce en una estrategia que reduce la vulnerabilidad del sistema ante	Investigar la biodiversidad que resulte más funcional para la obtención de mejores producciones, pero al mismo tiempo beneficiando las relaciones ecológicas del agroecosistema MIAF tradicional (Iermanó <i>et al.</i> , 2018).

	una afectación a la producción o a cuestiones del mercado.	
Generación de mano de obra	La mano de obra que demandan estos sistemas proviene de integrantes de la familia, y cuando es necesario para ciertas prácticas como la cosecha se contrata mano de obra externa.	La generación de empleo para la comunidad debe seguirse fomentado, de esta manera se propician dinámicas sociales benéficas en la comunidad (Posadas, 2018).
Mercado	El maíz y demás cultivos como calabaza, frijol etc. obtenidos del agroecosistema están principalmente para el autoconsumo de la familia. Los frutales se colocan en mercados locales y regionales.	Crear puntos de venta cerca de la comunidad para la venta de frutales para evitar en la medida de lo posible el trato con intermediarios, aprovechando la diversidad de productos que pueden colocarse directamente con el comprador final. Cuando existe una mayor diversidad de cultivos su puede generar un mercado más versátil, atractivo y redituable (Sarandón, 2010).

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos de campo y de información expuesta por investigadores que están a cargo del sistema.

Vos *et al.* (2015) resaltan que los sistemas agroforestales son una de las pocas oportunidades de invertir en sistemas productivos propios que les permitan trabajar de forma independiente y autónoma. Adicionalmente, estos sistemas generan múltiples servicios ambientales. Sin embargo, los productores de la región señalada en este trabajo, se ven limitados para realizar la inversión para el establecimiento de un sistema MIAF especializado, por lo que seguir fomentando la utilización de especies nativas reduciría el costo de la implementación de este tipo de sistemas, ya que en la zona la presencia de sistema agroforestales es importante, conformados por especies originarias de la región como son el capulín, tejocote pera, ciruela, entre otras, por lo que el sistema MIAF especializado debería incluir estas especies en su diseño.

En general, los sistemas que incluyen especies forestales tienden a ser una herramienta clave en el desarrollo rural sostenible, puesto que incluyen las funciones ambientales y la generación de nuevas alternativas de producción y de generación de ingresos económicos de las familias que los trabajan (Vos *et al.*, 2015).

Es reconocido que los sistemas con una mayor diversidad generan ingresos de diversas fuentes y ello permite reducir la vulnerabilidad. La gran diversidad de especies en los agroecosistemas forestales hace que las familias tengan producción e ingresos el año redondo, incluidos los tiempos de escasez. La diversidad implica que es posible amortiguar el impacto de malos precios o fracasos con un producto si hay otras opciones productivas.

Tanto la producción de los cultivos anuales como de las especies perennes está destinada a la generación de ingresos, mediante la venta, y a la seguridad alimentaria de las familias, con contribuciones variables dependiendo del contexto biofísico y sociocultural local (Llanque y Vos, 2011).

No obstante, debe destacarse que la mayor parte de los productores en economías campesinas trabajan en condiciones de precariedad y de riesgos de toda índole (Steve, 2009), así como situaciones relacionadas con cambios climáticos, fluctuaciones de mercado, vaivenes de las economías locales, escaso poder de negociación política e incipiente acceso a la información. Esta situación se ve mitigada por un uso eficiente de mano de obra familiar, utilización de saberes ancestrales, diversificación de cultivos, flujo permanente de ingresos e innovaciones tecnológicas (Scalerandi, 2010), lo cual les permiten aportar no solo en las economías locales sino en los entornos ambientales que se encuentran alrededor de estos sistemas de producción.

Las modificaciones del sugeridas del ámbito social se describen en el Cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Modificación de elementos sociales del sistema MIAF tradicional

Elemento	Situación actual	Modificaciones
Conocimiento tradicional	Dentro del sistema MIAF, la mayoría de las prácticas que se realizan provienen del	Se propone la integración del conocimiento proveniente de la investigación con el conocimiento

	<p>conocimiento derivado de los campesinos, es decir es conocimiento tradicional que ha sido transmitido de generación en generación.</p>	<p>científico, con la finalidad de hacer mejoras al sistema producidas de la unión de los 2 conocimientos.</p> <p>Redirigir las prácticas sustentadas en la combinación de los conocimientos puede dar como resultado sistemas más estables y sustentables (Rizo <i>et al.</i>, 2017).</p>
Asesoría técnica	<p>No se cuenta con asesoría técnica para los campesinos que manejan SAF tradicionales.</p>	<p>Debe considerarse la capacitación de productores a través de talleres y de metodologías como de Campesino a Campesino y la escuela de campo, para que los beneficios encontrados en los sistemas bajo investigación puedan hacerse llegar a los SAF tradicionales (Stezano, 2012 y Rosset, 2015).</p>
Inserción de los jóvenes	<p>En estos sistemas, como en muchos de los sistemas agrícolas, es cada vez más evidente que los jóvenes no quieren ser partícipes de las labores agrícolas.</p> <p>A pesar de que la mayor parte de la familia participa en las actividades, los jóvenes buscan otras alternativas a las labores del campo.</p>	<p>Buscar la integración de los jóvenes a las actividades agrícolas, a través de que empiecen a tomar decisiones sobre el sistema, y se incorporen procesos de agregación de valor a la producción para que ellos puedan tener nuevos campos de trabajo que estén vinculados con la parte agrícola. De esta forma ellos puedan conservar los conocimientos de sus antepasados y mantengan el manejo de los agroecosistemas.</p>
Participación de instituciones gubernamentales	<p>Actualmente en los sistemas donde están implementados policultivos, es complicado conseguir apoyo gubernamental para el financiamiento de algunas</p>	<p>Buscar el acercamiento de las autoridades correspondientes para que a través de la demostración de lo que se puede conseguir con sistemas como el MIAF, se lleve a cabo un acompañamiento de asesoría para el manejo de estos</p>

prácticas y elementos del
agroecosistema.

agroecosistemas diversos, evitando
propiciar una dependencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos de campo y de información expuesta por investigadores que están a cargo del sistema.

El desarrollo de este tipo de actividad agrícola es producto de un conjunto de conocimientos y prácticas, los cuales sido heredados de generación en generación. Esto implica una visión tanto del ambiente como la agricultura en sí misma, a lo cual hay que agregar los elementos de la cultura como son la forma en que se organizan las unidades de producción familiar para el trabajo agrícola, así como la cosmovisión que tienen los pueblos sobre los elementos de la naturaleza como el sol, la luna, el viento, el suelo, la lluvia, etc.

Es evidente la relación que existe entre el conocimiento tradicional de los campesinos y el manejo que hacen de sus recursos, guiándose en muchas ocasiones de los elementos que los rodean para conocer el posible comportamiento del clima y sus cultivos. En esto radica la importancia de incorporar estos conocimientos en las prácticas que los investigadores contemplan para el manejo del sistema que proponen.

En este contexto, se puede puntualizar que el conocimiento tradicional está estrechamente ligado a los aspectos ecológicos, biológicos y socioculturales.

Otro aspecto importante en el éxito de replicación del sistema que proponen los investigadores o de algunos de los elementos que resulten benéficos para los sistemas tradicionales, consiste en cómo hacer la transferencia de la tecnología propuesta y es que en el sector agrícola los mecanismos de transferencia tecnológica suelen ser más conocidos como "extensión agrícola". Sin embargo, desde el enfoque de la agroecología, existen otros métodos para hacer llegar ese conocimiento a los productores, como el movimiento de campesino a campesino en el cual los agricultores son experimentadores que difunden sus conocimientos mediante el diálogo directo y la pedagogía del ejemplo (Giraldo y Rosset, 2016), con la finalidad, de que se dé una participación conjunta entre los productores para que en compañía de los investigadores se hagan las adecuaciones pertinentes al sistema MIAF tradicional, con la finalidad de que el sistema sea más sustentable, tomando como herramientas de difusión y complementación la realización de talleres, prácticas de campo, intercambio de experiencias etc. entre productores e investigadores. En relación a lo anterior, Stezano (2012) resalta la

importancia de que los beneficiarios potenciales de la investigación, del desarrollo y de los servicios de asistencia técnica, deben tener voz e influir en el establecimiento de las prioridades, ya que los cambios propuesto tienen que responder a sus necesidades y ellos son quienes deben escoger las soluciones más apropiadas a sus requerimientos.

Parte de este vínculo entre productores e investigadores debe de incluir a los jóvenes, partiendo del reconocimiento del papel de los jóvenes dentro de las explotaciones familiares para asegurar el aprovechamiento de su potencial de innovación en un contexto como el actual sometido a profundos cambios. En este sentido, Estrada *et al.* (2014) menciona que debe darse a los jóvenes un tratamiento jurídico especial, recuperando y potenciando la infrutilizada figura del colaborador, reconociéndole derechos en el proceso sucesorio. Con esto, los jóvenes podrían contribuir a la modernización de los sistemas de gestión y a la introducción de cambios en las orientaciones productivas sin miedo a que su labor sea desatendida en el momento de la muerte del titular. En consecuencia, existe una amplia posibilidad en este campo para la dinamización del sector de jóvenes agricultores, buscando la convivencia intergeneracional siguiendo el modelo ya probado con éxito en otros países.

Finalmente, Vos *et al.*, (2015), señala la importancia de la implementación de políticas públicas a favor de la agroforestería, no solamente como sistema productivo, sino también como herramienta dentro de mecanismos de mitigación del cambio climático e iniciativas de conservación y restauración ecológica, y sobre todo como impulso para un desarrollo social con equidad y autonomía para las familias campesinas e indígenas, compatible con sus medios de vida, sus experiencias, sus conocimientos, sus necesidades y sus expectativas.

En este sentido, es importante hacer mención al programa “Sembrando Vida” que promueve los sistemas agroforestales buscando la aceptación de este tipo de agroecosistemas por parte de los productores, haciendo referencia a los beneficios que les aportará este esquema productivo. El objetivo de este programa es sembrar un millón de hectáreas de árboles frutales y maderables e incluir cultivos de ciclo corto, sobre todo la milpa, con frijol, con calabaza, con lo que se ha hecho desde hace siglos en el campo, con esa tecnología tradicional que le ha dado de comer por muchos siglos a los mexicanos (López, 2018).

El programa, busca atender dos problemáticas: la pobreza rural y la degradación ambiental. De esta manera, sus objetivos son rescatar al campo, reactivar la economía local y la regeneración del tejido social en las comunidades, a través de la implementación de sistemas agroforestales como el MIAF, adecuado a las condiciones en particular de cada región. Para ser parte de este programa debe ser mayor de edad, habitar en localidades rurales, y contar con 2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal, de las cuales una se destine al cultivo del sistema de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y 1.5 para el sistema agroforestal maderable (Secretaría de Bienestar, 2020).

El programa tiene una gran inversión de tiempo y recursos de éste y otros programas públicos, por lo que el monitoreo y evaluación de su desempeño es sumamente importante para determinar el impacto social que generan y brindar retroalimentación oportuna en favor de maximizar los efectos positivos y eliminar los negativos (Cotler *et al.*, 2020). Es importante destacar que en esta iniciativa se resalta la importancia de la biodiversidad en los sistemas agrícolas, por lo que es fundamental para la difusión de sistemas como el MIAF, por parte de la política pública.

Las modificaciones señaladas en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 son propuestas a partir de lo que se ha observado en la región, de la consulta de otras investigaciones y de las experiencias compartidas por parte de los investigadores que están a cargo del diseño del sistema MIAF. Con los elementos señalados en las diferentes dimensiones (ambiental, económica y social), se propone llevar a cabo un rediseño del sistema MIAF tradicional, con la finalidad de fortalecerlo en la región, siendo un sistema que tienda a ser más sustentable.

6.5 Conclusiones y recomendaciones

En el sistema MIAF, un aspecto que se ha trabajado y fortalecido es la productividad, sin embargo, aún hay aspectos que deben considerarse para que se trate de una estrategia integral.

El diseño de este sistema debe ser adecuado a las particularidades de la región, buscando responder las necesidades de los productores, por lo que la participación de ellos en el rediseño del sistema es fundamental para conseguir el éxito en su replicación, sin perder de vista la

importancia de partir del fortalecimiento y/o implementación de prácticas agroecologías pertinentes al lugar.

Lo que se busca es no perder los procesos ecológicos en el agroecosistema a través de la implementación de diversas prácticas como las que ya se han mencionado de tal manera que el sistema sea más apegado al ecosistema original, a través de un uso de energía natural y menos energía proveniente de otras fuentes no renovables. Es decir, no llevar al sistema a una transformación tan drástica donde se requiera para su funcionamiento un uso intensivo de insumos ajenos a lo que se tiene como fuente inmediata en el sistema, y que además deterioran los recursos naturales y las relaciones ecológicas existentes en el agroecosistema.

El éxito dependerá del uso de un conjunto de prácticas agroecológicas que, además de la diversificación productiva, favorezcan el mejor uso de los recursos locales, valoricen el capital humano y apoyen a las comunidades a través de la capacitación y de métodos consultivos y participativos. Finalmente, tiene que haber un mayor acceso a mercados equitativos, crédito y actividades que generen ingresos con el apoyo de políticas favorables para los agricultores locales y áreas rurales.

Es fundamental que los proyectos de sistemas agroforestales incorporen los elementos del conocimiento campesino tradicional con el agroecológico, buscando con ello, la conservación de las especies nativas de la zona, así como la producción de productos alimenticios, forrajeros, maderables y frutales, para el autoconsumo y para la venta.

El conocimiento tradicional y las necesidades de la región son deben considerarse para la elaboración del rediseño del sistema MIAF. Este conocimiento aunado al manejo con un enfoque agroecológico puede proveer herramientas que brinde soluciones para el control de arvenses, de fauna que pueda dañar los cultivos plagas y de enfermedades, así como para mejorar la fertilidad del suelo, y que además da respuestas diferenciales a mercados diversos. De esta forma la revalorización del conocimiento de los campesinos y la implementación o adecuación de las prácticas de manejo del sistema con un enfoque agroecológico, permitirá en caminar el diseño del sistema MIAF a la sustentabilidad, permitiendo al mismo tiempo que el sistema sea resiliente y que tenga la capacidad de reacomodación como respuesta a presiones externas, al mismo tiempo que sea capaz de brindar diversos servicios ambientales.

6.6 Literatura citada

- Abasolo, P. V. E. (2011). Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas. *Iberóforum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 6(11).
- Aceituno, M. L., Tardío, J., Pardo-De-Santayana, M., Benyei, P., Calvet, M. L., y Reyes, G. V. (2017). La biodiversidad agrícola como bien comunal: problemáticas y estrategias. In *El Futuro de la Alimentación y Retos de la Agricultura para el Siglo XXI; ICAS Colloquium: Vitoria, Spain*.
- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Sarandón, SJ *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires–La Plata*, 49-56.
- Astier, M. (2006). Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. In *Acta del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Zaragoza*.
- Blanca, V. Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.
- Cortés, J.I., Turrent, F. A., Díaz, V., Hernández, R. H., R Mendoza. R., E. Aceves R. (2005). Manual para el Establecimiento y Manejo del Sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados. México.
- Cortés, J. I., A. Turrent, P. Díaz, L. Jiménez, E. Hernández, y R. Mendoza. (2005). Hillside agriculture and food security in Mexico: advances in the sustainable hillside management project. pp. 569-588. In: R. Lal, N. Uphoff, B. A. Stewart, and D. O. Hansen. *Climate change and global food security*. Taylor and Francis. New York, NY, USA
- Cortés, J. I., Mendoza R., Hernández, E., Aceves, E., Turrent, A. y N. Estrella. (2004). Manual para técnicos: el sistema agrícola ‘Milpa intercalada en árboles frutales (MIAF)’ en terrenos planos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Cotler, H., Manson, R., y Martínez, J. D. N. (2020). Evaluación de la focalización del Programa Sembrando Vida. INECOL.

- Cruz, H. S., y Torres, C. G. (2015). El conocimiento campesino del agroecosistema cafetalero en la sierra sur de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (13).
- Derero, A., C. Muthuri, E. Barrios, R. Coe, K. Kelemu, A. Gyau, E. Kiptot, K. Hadgu y F. Sinclair. (2014). Farmer motivations and participatory trial design for enhancing food security through developing farm tree resources in Ethiopia. WCA'2014 pdf.
- Estrada, E. M., Alegre, E. V. A., y Méndez, C. D. (2014). Agricultura familiar. Algunas reflexiones para un debate necesario. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 14(1), 7
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. M., y Roosevelt, F. D. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. El Sistema Agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados, AMC, Conacyt-UPAEP-IMINAP. San Luis Huexotla, Texcoco, Edo. de México, 63-79.
- Farrell, J. G., y Altieri, M. A. (1997). Sistemas agroforestales. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. (Ed. MA Altieri). CLADES/ACAO. La Habana, Cuba, 163.
- Gamboa, W. y Pohlan, J. (1997). La importancia de las malezas en una agricultura sostenible del trópico. *Der Tropenlandwirt-Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 98(1), 117-123.
- Giraldo, O. F., y Rosset, P. M. (2016). La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. *Guaju*, 2(1), 14-37.
- Harvey, C. A., Villanueva, C., Villacis, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., y Navas, A. (2003). Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 30-39.
- Iermanó, M. J., Gargoloff, N. A., Sarandón, S. J., 7 Almada, C. (2018). Análisis de la biodiversidad funcional: un instrumento para abordar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad. *Cadernos de Agroecología*, 13(1).

- Iermanó, M. J., Sarandón, S. J., Tamagno, L. N., y Maggio, A. D. (2015). Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 114(3), 1-14.
- Iermanó, M. J., y Sarandón, S. J. (2009). ¿Es sustentable la producción de agrocombustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(1), 4-17.
- INEGI. 2010. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2016). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: Huejotzingo.
- Juárez, R. D., Fragoso, C., Turrent, A., Ocampo, J., Sandoval, E., Ocampo, I. y Hernandez, E. (2008). Mejoramiento del suelo en la milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). Asociación Ecología, Tecnología y Cultura en los Andes, Lima, Perú.
- Juárez, R. D., y Fragoso, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(3), 637-654.
- Llanque, A., y Vos, V. (Eds.) (2011). Manejo forestal comunitario; Una propuesta para el norte Amazónico boliviano. Riberalta, Bolivia: Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana.
- López, J. (2005). Las escuelas de campo en la capacitación de tecnología en el proyecto Manejo Sustentable de Laderas en Comunidades de la Región Mazateca del Estado de Oaxaca. Colegio de Postgraduados, Estudios del Desarrollo Rural, Tesis de Maestría. Montecillo, México.
- López, O. (2018), Presidente electo presenta programa Sembrando Vida que reactivará el sureste mexicano. <https://www.lopezobrador.org.mx/2018/10/08/presenta-amlo-beneficiosdel-programa-sembrando-vida/>.

- Martínez, V. R., Dibut, B., y Yoania, R. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 00-00.
- Masera, O., Astier, M. y S. López-Ridaura. (1999). Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad MESMIS. Mundiprensa – GIRA – UNAM. México.
- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, S. (2000). Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. MundiPrensa-GIRA-UNAM, México. 99 pp.
- Mendieta, L. M. y Rocha, M. R. (2007). Sistemas Agroforestales, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Pg. 115
- Mercer, K. L., Perales, H. R., y Wainwright, J. D. (2012) Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environ. Change* 22:495-504.
- Moreno, L. L. V. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario (La Habana)*, 15, 1.
- Moreno, C. A. I., Galicia, L. V. J., Casas, A., Toledo, V. M., Vallejo, R. M., Santos, F. D., y Camou, G. A. (2015). Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Moreno, C. A. I., Toledo, V. M y A. Casas. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91(4): 375-398.
- Nair, P. R. y D. P. Garrity (Eds.). (2012). Agroforestry-The future of global land use. Springer, Nueva York.
- Nicholls, C., y Altieri, M. (2013). Agroecología y cambio climático. Metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales. Red adscrita al programa iberoamericano deficiencia y tecnología para el desarrollo (CYTED). GAMA GRAFICA-Lima, Perú.

- Orozco, A. L., y López, S. A. (2013). Evolución, aplicación y futuro de la agroforestería en Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 49:99-110.
- Pandey, D. N. (2002). Carbon sequestration in agroforestry systems. *Climate Policy*. 2 (4):367-377.
- Pérez, S. J. M. (2014). Agricultura de terrazas en Tlaxcala. La Caridad Cuaxonacayo, México: Gobierno del Estado de Tlaxcala. 139 p.
- Posadas, S. F. (2018). Mercado de trabajo de los jornaleros agrícolas en México. *Región y sociedad*, 30(72), 1-25.
- Rizo, M. M., Vuelta, L. D. R., y Lorenzo, G. A. M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120.
- Rojas, W., Flores, J., y Pinto, M. (2014). Conservación in situ de la agrobiodiversidad: la experiencia de PROINPA en comunidades circunlacustres al Lago Titicaca. In I. Congreso Nacional de Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad por la Seguridad y Soberanía Alimentaria de los Pueblos (No. CIDAB-SB128-C6). Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (Bolivia).
- Rosset, P. M. (2015). Epistemes rurales y la formación agroecológica en la Vía Campesina. *Ciência & Tecnologia Social*, 2(1), 4-13.
- Ruíz, A. M., L. Jiménez, S. O., Figueroa, R. y M. Morales G. (2012). Adoption of milpa interspersed system in fruit trees by five Mixe municipalities of the state of Oaxaca. *REMEXCA* 3: 1605-1621.
- Sánchez, J. M. P., Orozco, J. J. V., y Montes, L. R. (2014). Estudios Sobre Agricultura y Conocimiento Tradicional en México. *Perspectivas Latinoamericanas*, 11, 144-156.
- Sarandón, S. J. (2010). Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable. Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. León Sicard, TE y Altieri, M., Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones, edit. Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín, Colombia, 105-129.

- Sarandón, S.J. (Ed.). (2002). Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. La Plata: Ediciones Científicas Americanas. 557pp.
- Sarandón, S.J., M.S. Zuluaga, R. Cieza, C. Gómez, L. Janjetic y E. Negrete. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología, España 1*: 19-28.
- Scalerandi, V. (2010). El lugar del campesino en la sociedad: aportes del marxismo a la comprensión de la articulación entre campesinos y modos capitalistas de producción. *Revista de Antropología y Ciencias Sociales Kula. Antropólogos del Atlántico Sur, no 2*, 106-119
- Secretaría de Bienestar. (2020). Programa Sembrando Vida. <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- Steve, M. (2009). Tierra y agua para poder producir y vivir”: El Movimiento Campesino Cordobés. En: *Revista Theomai Journal. 20*, 1-15. Disponible En: <http://revistatheomai.unq.edu.ar/NUMERO20/11ArtEsteve.pdf>
- Stezano, F. (2012). Transferencia de conocimientos entre ciencia e industria en el sector de la biotecnología en México. En: Carrillo, J., Hualde A. y Villavicencio D. (Ed.). *Dilemas de la innovación en México*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte, 143-184.
- Turrent, F. A., Cortés, F. J. I., Espinosa, C. A., Hernández, R. E., Camas, G. R., Torres, Z. J. P., y Zambada, M. A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1169-1185.
- Ureta, C., Martínez-Meyer, E., Perales, H. R., Álvarez-Buylla, E. R. (2012) Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Glob. Change Biol. 18*:1073-1082
- Vilaboa, A.,J., Díaz, R. P., Platas, R. D. E., Ortega, J. E., Chessani, R., y Miguel, A. (2006). Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *Interciencia*, 31(1), 37-44.

Vos, V. A., Vaca, O., y Cruz, A. (2015). Sistemas agroforestales en la amazonía boliviana. Una valoración de sus múltiples funciones. La Paz: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, 113.

DISCUSIÓN GENERAL

Los sistemas agroforestales, son sistemas que cuentan con más biodiversidad que los sistemas convencionales de cultivos, lo que permite que puedan proveer de diferentes productos a las unidades de producción familiar, además de que esta biodiversidad propicia que se establezcan relaciones que pueden llegar a beneficiar a los componentes de estos sistemas, así como conservar y aprovechar de manera más eficiente los recursos naturales. Al respecto Blanco (2016) refiere que la implementación de la combinación de diversos elementos de biodiversidad en el agroecosistema, propician las bases para establecer una estrategia en una agricultura sostenida, provocando un impacto sobre el comportamiento de las arvenses, la reducción de la energía, la disminución de las perturbaciones continuas de los sistemas agrícolas e incremento en el número de interacciones biológicas, elementos clave para mantener el equilibrio en los agroecosistemas.

En este orden de ideas, la FAO (2017) hace énfasis en que, en los sistemas agroforestales, los componentes bióticos y abióticos interactúan en relaciones de tipo ecológico, económico y social, consiguiendo hacer sinergias para obtener mejores resultados en la producción y la sustentabilidad; en este sentido, en los sistemas agroforestales se pueden propiciar algunos beneficios ambientales, además puede observarse que aquellas familias que basan sus sistemas en componentes de la agroforestería, tiene en consecuencia un mejoramiento en sus medios de vida, al proveerlas de alimento, en ocasiones de forraje y productos de los árboles, lo que aumenta la seguridad alimentaria y aminora la pobreza (Atangana, 2014).

Sin embargo, un fenómeno que se observa acerca de los sistemas agroforestales, es la escasez de los estudios que aborden de manera holística sus componentes y las interacciones que puede haber entre estos, situación que está directamente relacionada a la complejidad en su estructura y funcionamiento; aunado a lo anterior, Moreno-Calles *et al.* (2014) refieren que el constante cambio, desarrollo y creación bajo los que se encuentran los sistemas agroforestales, vuelve más complejo su análisis.

En la localidad de estudio, a pesar de caracterizarse por la presencia importante de sistemas agroforestales, también puede observarse una diversidad en la composición de estos y en algunos casos en el manejo bajo el que se encuentran. López *et al.* (2018) reportan que a

pesar de ser una zona con alta actividad agrícola (70% del territorio), se observa un fenómeno en la estructura socioeconómica en el que la agricultura se ha vuelto una actividad de tiempo parcial, ya que se complementa con trabajos de albañilería, plomería, panadería, choferes de taxi, jornaleros, entre otros.

Diez (2014) hace énfasis en manifestar que el espacio rural experimenta un rápido proceso de modernización, que trae consigo una mayor integración de la sociedad rural a las dinámicas urbanas, elemento que se ha mencionado anteriormente. Esto implica la existencia de una población móvil; las relaciones fluidas, aunque desiguales, entre lo urbano y lo rural; la configuración de diversos espacios regionales con procesos y ritmos diferentes, y actores marcados por la heterogeneidad de oportunidades y de formas de llevar a cabo sus sistemas de manejo agrícola. En este sentido a pesar de que los sistemas agroforestales localizados en San Andrés Calpan, son de tipo semitradicional, elemento que se pudo corroborar a través de la caracterización que se llevó a cabo bajo la metodología propuesta por Alarcón y Toledo (2000), se encuentra evidencia de que existen diferentes matices de cómo llevar a cabo la actividad agrícola, en algunos casos determinado por el tipo de actividades que se realizan en el sector urbano y que son complementarias a la actividad agrícola de las familias.. De manera general la apropiación que se hace de los recursos naturales tiende a ser de manera tradicional, sin embargo, existen variantes.

En este sentido, el sistema agroforestal denominado MIAF, el cual fue desarrollado por parte del Colegio de Postgraduados y del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), se ha intentado replicar en la zona de estudio. Este tipo de sistema agroforestal debe cumplir con ciertas especificaciones para su implementación. Al ser un sistema que se propone desde la investigación, resultó de interés comparar sus bondades con respecto a los sistemas agroforestales tradicionales de San Andrés Calpan. De acuerdo con Turrent *et al.* (2017) el MIAF es una tecnología multi objetivo, donde se busca: 1) incrementar significativamente el ingreso y el empleo familiar, sin dejar de producir sus alimentos básicos; 2) proteger el suelo contra la erosión, sin eliminar su roturación excepto en condiciones especiales; 3) fomentar la interacción entre los cultivos componentes, para una mayor economía del uso de los recursos naturales y los insumos importados a la parcela; y 4) incrementar la captura del carbono atmosférico.

A pesar de que Turrent *et al.* (2017) indican que para las pequeñas unidades de producción una alternativa viable es el sistema MIAF especialmente en áreas de ladera y áreas marginadas, por ser una tecnología compatible con la agricultura tradicional, en el cual el motor económico es el frutal, existen algunos factores que pueden determinar si se usa o no, y en el caso de la zona de estudio su escalamiento ha sido limitado, encontrando solo dos sistemas que han intentado reproducir el MIAF con manzano, además de que se ha hecho bajo acompañamiento técnico, lo cual va asistido de mano de obra que no genera costo (para los productores) para ciertas prácticas, así como de apoyo en ciertos insumos, realmente no se puede hablar de la existencia de un sistema tipo MIAF que se encuentre bajo el manejo exclusivo de productores.

En este sentido, para el caso particular de la implementación del MIAF en zona montañosa de Oaxaca, Orozco *et al.* (2009) reporta que en la medida en que los productores tuvieron conocimiento de la tecnología y que tenían mayor cosmopolitismo, se dio una mejor adopción de este tipo de sistema, además de que sugiere que este representa una buena opción para áreas marginadas de México. Por su parte Ruíz *et al.* (2012), señalan que además de los elementos anteriores, las capacitaciones para el manejo del MIAF fueron determinantes para su adopción en la zona de Oaxaca.

De manera general, Rodríguez *et al.* (2016) refieren que para superar aquellas deficiencias en la planificación, seguimiento e implementación de innovaciones agrícolas, así como mejorar su impacto, se debe pasar del enfoque de transferencia de tecnología a un enfoque orientado hacia el desarrollo de capacidades de autogestión; sugieren que la planificación debe realizarse de abajo hacia arriba, tomando en cuenta la participación de los productores, la gestión del conocimiento, el desarrollo del capital social, así como no perder de vista el contexto territorial. Estos elementos pueden permitir mejorar la capacidad de cooperación de los productores para generar su propio desarrollo.

En este sentido el análisis de los aportes que tiene los sistemas tradicionales y los sistemas que han replicado el MIAF (especializados), hacia los que buscan las unidades de producción familiar, dan indicios del porque los sistemas tradicionales (capulín y tejocote) tiene mejores resultados en comparación con los sistemas especializados o alternativos (MIAF),

siendo los sistemas tradicionales los que presentan un mejor nivel de multifuncionalidad. Reyes *et al.* (2017) hacen referencia a que la agricultura multifuncional mejora la calidad y la cantidad de los beneficios proporcionados por la agricultura a la sociedad, todo esto mediante la producción conjunta de productos agrícolas y servicios ecológicos. Estos son alguno de los elementos que repercuten en el resultado de sustentabilidad de los sistemas evaluados.

En el tema de sustentabilidad de cualquier sistema agrícola, ésta va a depender no solo de aspectos técnicos y ambientales, sino también de elemento socioculturales, económicos y políticos (Bravo *et al.*, 2015). En el caso de los sistemas evaluados, capulín y tejocote como representantes de los sistemas tradicionales en la localidad de estudio, y manzano como el sistema introducido a partir de un modelo de investigación institucional, presentan diversos puntos fuertes y débiles sobre los cuales debe trabajarse para obtener mejores resultados. Un común denominador en la localidad es que los SAF no están compuestos únicamente por una sola especie frutal, por lo que el MIAF (sistema alternativo) representa un cambio en la lógica que tienen los productores, ya que restringe su diseño a una sola especie frutal, limitando a los productores a obtener resultados exclusivamente de ese frutal, mientras que en los SAF tradicionales con diversidad de especies, permite a los productores distribuir sus ingresos durante el año y así aminorar los riesgos por algún contratiempo.

Esta situación fortalece a los SAF tradicionales en los aspectos ambientales, económicos y sociales con respecto al SAF alternativo. Este último, tiene su fortaleza en el rendimiento de cultivo básico (maíz), lo cual se ve reflejado en que el indicador de seguridad alimentaria también se vea fortalecido.

Con respecto a la independencia de insumos externos (usos de agroquímicos), los SAF en general se encuentran en un punto crítico, al necesitar forzosamente de este tipo de insumos. En este sentido Paleologos *et al.* (2017) hacen énfasis en que uno de los mayores desafíos en la actualidad es disminuir o eliminar el uso de este tipo de insumos, que además son caros y peligrosos. Sin embargo, seguir en esta línea no implica que lo que se tenga que hacer sea reemplazar un paquete químico por otro paquete ecológico, también de validez universal. El camino es lograr cambios en el diseño y manejo de los agroecosistemas para fortalecer los procesos ecológicos que brinda la biodiversidad de los SAF.

En los 19 indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad, los SAF tradicionales mostraron mejores resultados que el SAF alternativo, lo que podría explicar el bajo escalamiento del sistema MIAF con manzano.

Arauz (2018) menciona que, para lograr la eficacia y sostenibilidad, la agroforestería necesita dos tipos de integración: la agricultura con los árboles y los árboles con la gente. El éxito de esta integración está supeditada a la implementación adecuada de condiciones subyacentes que pueden ser técnicas, económicas y sociales.

Partiendo de que este tipo de sistemas son manejados desde la perspectiva de la agricultura familiar, estas familias resultan ser un sector clave para garantizar la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria y la soberanía. Swaby y Pérez (2019) enfatizan que se debe estimular el potencial productivo de la agricultura familiar y dinamizar los territorios rurales para poder encaminar las dinámicas agrícolas hacia el desarrollo sustentable.

Literatura citada

- Alarcón, C. P. y Toledo, M. V. (2000). Tipología económico–ecológica de los productores rurales de Nahuatzen, Michoacán. En el ajuste estructural en el campo mexicano, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Asociación Mexicana de Estudios Rurales, México.
- Arauz, V. K. (2018). Contribución de los sistemas agroforestales a la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico en las cuencas de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, 1(1), 78-84.
- Atangana, A., Khasa, D., Chang, S. y Degrande, A. (2014). Tropical Agroforestry, Alberta: University of Alberta.
- Blanco, V. Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.
- Bravo, C., D. Benítez, J.C. Vargas-Burgos, R. Alemán, B. Torres y H. Marín. (2015). Socioenvironmental characterization of agricultural production units in the ecuadorian amazon region, subjects: Pastaza and Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 4(1): 3-31.

- Diez, A. (2014). Cambios en la ruralidad y en las estrategias de vida en el mundo rural. Una relectura de antiguas y nuevas definiciones. En Alejandro Diez, Ernesto Ruez y Ricardo Fort (editores). Perú: El problema agrario en debate. SEPIA XV. Lima: SEPIA. Pp. 19-85.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2017). Agroforestry for landscape restoration: Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes, Roma.
- López, G. J. L., Méndez, E. J. A., Rappo, M. S., Damián, H. M., Álvarez, G. J. y Paredes, S. J. 2018. Transformaciones territoriales y estrategias de supervivencia: el caso del municipio de Calpan, Puebla-México 1990-2015. *Papeles de población*. 24(97): págs. 255-283. DOI: <http://dx.doi.org/10.22185/24487147.2018.97.32>
- Moreno, C. A. I., Luna, V. J. G., Fernández, A. C., Toledo, V. M., Ramos, M. V., Fita, D. S., y Guerrero, A. C. (2014). Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), 1-16.
- Orozco, C. S., Ramírez, V. B., Ariza, F. R., Jiménez, S. L., Estrella, C. N., Peña, O. B. V., Ramos, S. A. y Morales, G. M. (2009). Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México. *Interciencia*. 34(8):551-555.
- Paleologos, M. F., Iermanó, M. J., Blandi, M. L. y Sarandón, S. J. (2017). Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *Redes (St. Cruz Sul, Online)*, 22(2), 92-115. <http://dx.doi.org/10.17058/redes.v22i2.9346>
- Reyes, V. C., del Moral, J. B., García, A. E., Rodríguez, A. B., & Montes, M. S. (2017). Agricultura multifuncional y sistemas de producción bajo un contexto de agricultura diversificada. *Agricultura multifuncional y políticas públicas en México*, 35.
- Rodríguez, E. H., Ramírez, G. C. J., y Restrepo-Betancur, L. F. (2016). Nuevas tendencias de la extensión rural para el desarrollo de capacidades de autogestión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 31-42.

- Ruíz, M. A. D., Jiménez, S. L., Figueroa, R. O. L. y Morales, G. (2012). Adopción del sistema milpa intercalada enárboles frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(8):1605-1621.
- Swaby, Q. Y. y Pérez, V. A. (2019). Agroecosistemas sustentables, un reto de innovación participativa para el desarrollo rural. *Hoja Legal*, 22.
- Turrent, F. A., Cortés, F. J. I., Espinosa, C. A., Hernández, R. E., Camas, G. R., Torres, Z. J. P., y Zambada, M. A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1169-1185.

CONCLUSIONES GENERALES

Con base en el problema de investigación, en los objetivos e hipótesis de estudio, orientados a evaluar la sostenibilidad de los Sistemas Agroforestales en la localidad de San Andrés Calpan, en el municipio de Calpan, Puebla, se concluye lo siguiente:

La localidad de San Andrés Calpan se caracteriza por la presencia de Sistemas Agroforestales diversos en cuanto a su manejo y constitución. En esta localidad se encontraron tres tipos de sistemas con respecto al Índice de Campesinidad que presentan: Campesinos Puros, Tradicionales y Semitradicionales. Esta diferenciación de SAF se traduce en que en la localidad existen diferentes formas de apropiarse de los recursos naturales, las cuales se encuentran en función de las condiciones ambientales, los cultivos de interés, las herramientas que posee el productor, la disponibilidad de mano de obra, los insumos disponibles, así como la cosmovisión que los rige.

Los productores, los cuales se ubican dentro de una misma localidad, establecen diferentes procesos de producción en sus sistemas agroforestales, fenómeno que da respuesta a que cada unidad de producción se plantea diferentes objetivos, respecto a sus necesidades y a sus capacidades de manejo tanto económicas como sociales, lo que conlleva a que algunos SAF sean más diversos que otros.

De manera general se encontró que el tipo SAF que predomina en la localidad es el de tipo Semitradicional, lo que da indicios de que los productores a pesar de conservar en su manejo características tradicionales, existen características que los han ido transformando, incorporando algunos elementos de una agricultura que tiende a lo industrial, como el uso de agroquímicos, el uso de maquinaria para las labores en el sistema, la necesidad de mano de obra externa y la pérdida de creencias en función de sus cosmovisión.

En este sentido, los productores se han visto en la necesidad de incorporar insumos agroquímicos y maquinaria debido a que necesitan asegurar su producción en cantidad y en este caso muy particular, al tratarse de frutales, buscan el mínimo riesgo para introducirse en el mercado local o regional a un buen precio, ya que el ingreso principal proviene de los árboles frutales. El maíz y el frijol en estos sistemas es cosechado principalmente para autoconsumo.

Sin embargo, a pesar de estos cambios, en la diversidad de SAF que se pueden encontrar en función su campesinidad, refleja cierta resistencia por parte de los productores a tornar sus sistemas hacia una modernidad radical.

Con base a esta información recabada, se tiene la evidencia suficiente para no rechazar la hipótesis número uno, la cual establece que existen diversos tipos de Sistemas Agroforestales ubicados en un mismo territorio, caracterizados por pasar por diferentes procesos de intervención en función de los propósitos que busca cada unidad de producción familiar, lo que ha llevado a que presenten diferentes formas de manejo, por lo que existen sistemas con características más tradicionales y sistemas especializados.

Uno de los ejes de interés fue comparar en términos de aportes a la multifuncionalidad y al estado de sustentabilidad el SAF que es propuesto desde un modelo institucional (MIAF), con respecto aquellos SAF tradicionales de mayor representación e importancia (Tejocote y Capulín) ubicados en la localidad de San Andrés Calpan, en este sentido los resultados permiten comprender las razones del limitado escalamiento del sistema MIAF en esta localidad.

Los SAF tradicionales mostraron un nivel de multifuncionalidad medio alto, mientras los SAF especializados (MIAF) se encuentran en un nivel vulnerable. La base es la biodiversidad que presentan los SAF tradicionales, que se ajustan más a los objetivos de las unidades de producción familiar, ya que estos sistemas cumplen diversas funciones más allá de la producción de alimentos para autoconsumo y venta, las cuales se ven limitadas en los SAF que restringen la diversidad de especies.

En este sentido, en los sistemas diversos el índice de multifuncionalidad se ve favorecido, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis 2, que establece que, los SAF con características más tradicionales poseen mayor diversidad agrícola y están constituidos por especies predominantes en la zona, por lo que tienen un mayor aporte hacia los objetivos de la unidad de producción, en relación aquellos sistemas que presentan una transformación en su manejo, derivado de la especialización del sistema.

La evaluación de la sustentabilidad de los SAF fue el tema principal de interés en este trabajo de investigación, para lo cual se propusieron 19 indicadores de las diferentes

dimensiones propuestas por el MESMIS. Los SAF tradicionales presentaron mayor sustentabilidad en comparación con el sistema alternativo que son los SAF especializados (MIAF). En este sentido, tampoco se rechaza la hipótesis número 3, que afirma que 3. los SAF que presentan una especialización en sus componentes, resultado de diferentes procesos de transformación, muestran un grado de sustentabilidad menor que los SAF constituidos por una mayor diversidad de especies, presentando un manejo basado en el conocimiento tradicional.

Ambas formas de manejo muestran fortalezas y debilidades, por lo que se recomienda un análisis desde la agroecología que permita articular los saberes de los productores y los conocimientos de los científicos, para avanzar hacia la sostenibilidad de los SAF de San Andrés Calpan, y que estos sistemas más que una forma de producción, representen una forma de vida para las familias y disminuya la movilidad de los jóvenes. La propuesta con algunas acciones se presentó líneas arriba.

ANEXOS

A.1 Cuestionario

Soy estudiante del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla y me encuentro realizando mi tesis en el tema de sistemas agroforestales con milpa y frutales, cuya primera etapa tiene como objetivo recolectar información por medio de este cuestionario con fines académicos para realizar una caracterización de los sistemas productivos que se encuentran en el municipio de Calpan. Solicito responder las siguientes preguntas

Datos generales

No. de control _____ Fecha de aplicación ____/____/____

Municipio Calpan Localidad _____

Nombre del entrevistado _____

1. Sexo 1.- Femenino 2.-Masculino []

2. Edad (años cumplidos) _____

3. Estado civil _____ []

1. Soltero
2. Casado
3. Divorciado
4. Unión libre
5. Viudo(a)

4. Número de hijos/as _____ []

5. Sabe leer o escribir _____ []

1. Ambos
2. Leer
3. Escribir
4. Ninguno

6. ¿Hasta qué año estudio? _____ []

7. Número de personas que dependen del jefe de familia _____ [] 8. ¿Cuál es su principal actividad y que actividad complementaria realiza?

1. Producción agrícola
2. Producción pecuaria
3. Profesionista
4. Ama de casa
5. Jornalero
6. Comerciante
7. Oficios (carpintero, artesano, albañil, herrero, zapateros, otros)
8. Empleado de empresas privadas (maquiladoras, fabricas, granjas, otros)
9. Empleado de gobierno

Actividad principal []

Actividad secundaria []

Otras _____

9. ¿Cuáles son las principales fuentes de ingresos de la familia? Ponga 1 a la más importante, 2 a la que sigue. Se puede poner empate y 0 si no es importante

1. La venta de los productos agrícolas []

2. La venta de los productos pecuarios []

3. La venta de productos forestales (carbón, madera, leña, tierra de monte, etc.) []

4. La transformación de productos y subproductos pecuarios (tortillas, pan, queso, etc) []

5. Otra actividad distinta de la producción agropecuaria []

10. ¿Cuántas personas trabajan en su hogar? _____ []

11. ¿Cómo se conoce al lugar donde se ubica su terreno de cultivo? _____

Todas las preguntas corresponden al ciclo agrícola anterior (2017)

CARACTERÍSTICAS DEL AGROECOSISTEMA

12. Superficie total de la parcela _____ ha []

13. Tenencia de la tierra []

1. Privada 2. Ejidal 3. Comunal

14. La parcela es: []

1. Propiedad del productor

2. Rentado

3. Tomado a medias o en aparcería

4. Prestado

5. Lo tiene en otra forma _____

15. Principal cultivo que se siembra: 1. Maíz 2. Frijol 3. Haba 4. Calabaza Otro _____ []

15.1 ¿Por qué? _____

16. ¿Qué otro cultivo tiene en su parcela?

_____ [] [] []

17. ¿Realiza rotación de cultivos en su parcela? 1. SI 2. NO []

17.1 ¿Qué otros cultivos ha sembrado en la parcela? _____

_____ [] [] []

18. Superficie del terreno con árboles frutales _____

19. ¿Sigue algún *arreglo topológico* la distribución de sus árboles frutales? []

1. No

2. Hileras

3. Alrededor de la parcela

4. Dispersos en la parcela

Otro _____

20. ¿Por qué tiene árboles frutales?

1. Recomendación (técnico, organización etc.) []

2. Establecido, porque al vecino le fue bien

3. Ya se encontraba en la parcela cuando lo adquirió

Otro _____

21. ¿Cuáles son los beneficios de tener árboles frutales entre los cultivos?

1. Conserva la fertilidad del suelo []

2. Mejora rendimientos del cultivo []

3. Representa fuente de alimento (frutas, semillas, etc.) []

4. Fuente de leña []

5. Sirve como barrera []

6. Principal fuente de ingresos []

7. Brinda ingresos extras []

Otros _____

22. ¿Qué hace al rastrojo o residuo de su cultivo? []

1. Ninguno

2. Lo quema

3. Lo incorpora al suelo

4. Lo utiliza para el consumo de sus animales
 5. Otra (especifique) _____

23. Sup. ocupada por tipo de cultivo en la parcela y destino de la producción en el ciclo 2017

Cultivo	Sup.	Producción (kg, t / ha)	Autoconsumo (%)	Venta (%)	Precio	Unidad de venta *
1.						
2.						
3.						

* cajas, botes, costales, etc

24. Superficie ocupada de la parcela con frutales y destino de la producción en el ciclo 2017

Frutal	Sup.	No. De árboles	Edad	Producción (kg, t)	Autoconsumo (%)	Venta (%)	Precio	Unidad de venta*
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

* cajas, botes, costales, etc

25. ¿Procedencia de las semillas de sus cultivos y de qué tipo son?

Origen: 1. De la propia parcela 2. Comprada 3. Intercambio

Tipo: 1. Criolla 2. Híbrida

Cultivo	Origen	Tipo
1. Maíz		
2.		
3.		

[] [] []
 [] [] []
 [] [] []

26. ¿Procedencia de las semillas y material vegetativo de sus frutales y de qué tipo son?

Origen: 1. De la propia parcela 2. Comprada 3. Intercambio

Tipo: 1. Criolla 2. Mejorada (Injertado)

Frutal	Origen	Tipo
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

[] [] []
 [] [] []
 [] [] []
 [] [] []
 [] [] []

27.- Insumos utilizados en las actividades agrícolas para los cultivos anuales

1. Semilla híbrida o mejorada []
 2. Semilla criolla []
 3. Productos agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, otros) []
 4. Abonos orgánicos (estiércol o compostas) []
 5. Fertilizantes químicos []
 6. Otros (especifique) _____

28. Tipos de tracción utilizada en las labores de cultivo []

1. Animales de tiro y humana
 2. Mecánica (tractor, trilladora, desgranadora, otros)

3. Las dos anteriores

29. Mano de obra empleada en las labores de cultivo

[]

- 1. Familiar
- 2. Contratada
- 3. Las dos anteriores

30. Actividades realizadas en los cultivos anuales. ANEXAR HOJA POR CADA CULTIVO

31. Actividades realizadas en los frutales. ANEXAR HOJA POR CADA ESPECIE FRUTAL

32. Nombre de especies en la parcela que no tienen ninguna finalidad agrícola (arvenses, medicinales)

[] []
 [] []
 [] []
 [] []

33. ¿Cuáles son las principales plagas y enfermedades que afectan sus cultivos anuales?

Cultivo	Plaga	Enfermedades
Maíz		

[] [] []
 [] [] []
 [] [] []
 [] [] []

34. ¿Cuáles son las principales plagas y enfermedades que afectan sus árboles?

Frutal	Plaga	Enfermedades

[] [] []
 [] [] []
 [] [] []
 [] [] []
 [] [] []

35. ¿Mencione el origen de los insumos (fertilizantes, abonos, semillas) necesarios para su parcela?

- 1. Locales
- 2. Externos
- 3. Locales y externos
- 4. No lo sabe

Insumo	Origen
Semillas	
Abonos	
Fertilizantes	
Insecticidas	
Herbicidas	

[] []
 [] []
 [] []
 [] []
 [] []
 [] []

36. Productos provenientes de su parcela que aprovecha el hogar:

[] []
 [] []
 [] []
 [] []

p/e: leña, fruta, medicinales, atc.

37. ¿En qué sitio o a quién vende el producto de sus cultivos anuales?

- 1. Carretera [] [] []
- 2. Acopiador local
- 3. Acopiador regional
- 4. Acopiador nacional
- 5. Mercado local
- 6. Mercado regional
- 7. Venta directo a industria
- 8. Otro _____

38. ¿En qué sitio o a quién vende el producto de sus frutales?

- 1. Carretera [] [] []
- 2. Acopiador local
- 3. Acopiador regional
- 4. Acopiador nacional
- 5. Mercado local
- 6. Mercado regional
- 7. Venta directo a industria
- 8. Otro _____

39. ¿Tiene algún contrato de compra-venta para el producto de sus cultivos anuales?

- 1. SI 2. NO []

40. ¿Tiene algún contrato de compra-venta para sus frutales? 1. SI 2. NO []

41. ¿Existe alguna cooperativa para la comercialización del producto de sus cultivos anuales?

- 1. SI 2. NO []

41.1 ¿Cuál? _____

42. Existe alguna cooperativa para la comercialización de sus frutales? 1. SI 2. NO []

42.1 ¿Cuál? _____

43. ¿Pertenece a alguna organización? 1. SI 2. NO []

43.1 ¿Cuál? _____

44. ¿Recibe algún tipo de asesoría? 1. SI 2. NO []

45. ¿De dónde proviene la asesoría que recibe?

46 ¿Tiene algún crédito para poder mantener su sistema productivo? 1. SI 2. NO []

46.1 ¿Con qué institución? _____

47. ¿Tiene algún seguro para la producción? 1. SI 2. NO []

47.1 ¿Con qué institución? _____

48. ¿Cuenta con algún apoyo por parte del gobierno para sus cultivos? 1. SI 2. NO []

48.1 ¿En qué consiste? _____

49. ¿Cuenta con algún apoyo por parte del gobierno para sus frutales? 1. SI 2. NO []

49.1 ¿En qué consiste? _____

50. ¿Cuál es el cultivo anual y el frutal más rentable en la zona?

Cultivo		Frutal	
---------	--	--------	--

51. ¿Cuál es el cultivo anual y el frutal al que le dan más manejo en la zona?

Cultivo		Frutal	
---------	--	--------	--

ASPECTOS CULTURALES

52. Realiza algún tipo de ritual para la siembra de sus cultivos 1. SI 2. NO []

52.1 ¿Cuáles? _____

53. ¿Considera las fases lunares para realizar alguna actividad agrícola? 1. Si 2. NO []

53.1 En qué consiste _____

54. ¿Realizan alguna actividad para que los árboles produzcan más? 1. Si 2. NO []

54.1. En qué consiste _____

55. ¿Existen elementos que les indiquen sobre cambios en el clima (lluvias, sequía, granizo, etc)?

1. Si 2. NO []

55.1. En qué consiste _____

56. ¿Qué otras creencias se tienen acerca de la siembra y manejo de los cultivos y frutales?

57. ¿Cuáles considera que son los problemas que enfrenta la agricultura?

58. ¿Qué propone para mejorar la agricultura?

PREGUNTA 30

Nombre del productor: _____ No. control: _____

Cultivo: _____

Preparación del terreno							
Actividad	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Limpia							
Barbecho							
Rastreo							
Surcado							
Riego							
Labores de siembra							
	Cantidad	Costo	Equipo	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Siembra de semillas							
Labores de cultivo							
	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Escardas							
Riego							
Deshierbes							
	Nombre	Cantidad	No. de aplicaciones	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Aplicación de herbicidas							
Fertilización							
Aplicación de insecticidas							
Aplicación de funguicidas							
Labores de cosecha							
	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Corte							

Amogote							
Cosecha							
Costo de transporte							

Total: _____

PREGUNTA 31

Nombre del productor: _____ **No. control:** _____

Frutal: _____

Preparación del terreno (inicio del frutal)							
Actividad	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
5. Riego							
Labores de siembra/Plantación							
	Cantidad	Costo	Equipo	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Producción de planta							
Cepas							
Labores del frutal (ciclo anual)							
	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Escardas							
Riego							
Deshierbes							
Encalado							
Poda							
	Nombre	Cantidad	No. de aplicaciones	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Aplicación de herbicidas							
Fertilización							
Aplicación de insecticidas							
Aplicación de funguicidas							

Labores de cosecha (ciclo anual)							
	No. de veces	Equipo	Propio o rentado	Costo	No. de Integrantes de la fam	No. de jornales	Costo Jornal
Cosecha							
Costo de transporte							

Total: _____

A.2 Datos parcelas

INDICADOR	MEDICIÓN	Óptimo	SAFM		SAFT		SAFC	
			M1	M2	T1	T2	C1	C2
1. Rendimiento de cultivo básico	Rendimiento de maíz en t/ha	6	4	5	2.5	2.5	1.5	4
2. Rendimiento de frutal	Relación del mejor rendimiento del frutal de interés en la zona con respecto a los rendimientos obtenidos	1	0.07	0.06	0.87	0.81	0.79	0.767
	RF= ROF/MRF Dónde: MRF= Mejor rendimiento de cada frutal en t/ha		<i>15</i>	<i>15</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>3.91</i>	<i>3.91</i>
	ROF= Rendimiento obtenido de cada frutal en t/ha		<i>1.1</i>	<i>1</i>	<i>6.1</i>	<i>5.7</i>	<i>3.1</i>	<i>3</i>
3. Eficiencia Relativa de la Tierra en rendimiento /ha	ERT= RMi/RMu + RAFi/RAFu	1.5	0.87	1.01	1.29	1.23	1.042	1.434
	RMi = Rendimiento de maíz intercalado		<i>4</i>	<i>5</i>	<i>2.5</i>	<i>2.5</i>	<i>1.5</i>	<i>4</i>
	RAFi = Rendimiento del árbol frutal intercalado		<i>1.1</i>	<i>1</i>	<i>6.1</i>	<i>5.7</i>	<i>3.1</i>	<i>3</i>
	RMu = Rendimiento de maíz en monocultivo		<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
	RAFu = Rendimiento de árbol frutal en monocultivo.		<i>5.5</i>	<i>5.5</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>3.91</i>	<i>3.91</i>
4. Relación Beneficio/Costo	R= B/C	3	1.61	1.5	2.32	2.31	2.23	2.03
5. Índice de Prácticas Agroecológicas	IA= NPA / NPT	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8
	NPA: No. de prácticas agroecológicas		<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>8.5</i>
	NPT: No. de prácticas totales		<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>
7. Diversidad biológica vegetal	Índice de Shannon para las especies vegetales presentes en el sistema	1.23	0.06	0.06	0.22	0.1	1.19	1.23
8. Captura de carbono	Ctotal = $\sum C$ contenido en cada individuo del sistema		<i>1.4</i>	<i>0.4</i>	<i>0.74</i>	<i>0.62</i>	<i>1.73</i>	<i>1.53</i>
9. Acceso a créditos y seguros	ACS= No. de créditos y/o seguros /productor	0	0	0	0	0	0	0
10. Apropiación de innovaciones tecnológicas	IIT= No. de Prácticas Nuevas/No. de prácticas totales	1	0.09	0.09	0	0	0	0
	No. de prácticas totales		<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>
	Prácticas nuevas		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

11. Índice de equipo por productor	IEP= T (0.1) + B (0.1) + Y (0.5) + I (0.3) T= tractor B= bomba para aplicar agroquímicos Y= yunta I= Implementos	1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00
12. Grado de adoptabilidad	Con base a la aplicación de una encuesta más amplia para saber el porcentaje de productores que se encuentran en cada sistema.	100	2.5	2.5	65	65	32.5	32.5
12. Índice de seguridad alimentaria (maíz)	ISAM= (R*SS/NMF)/500*	4	1.6	2.5	1.7	1.3	1.5	1.6
	R: rendimiento		4000	5000	2500	2500	1500	4000
	SS: superficie sembrada		1	1	1	1	2	1
	NMF: número de integrantes de la familia		5	4	3	4	4	5
13. Autosuficiencia genética	% de semillas de cultivo básico obtenido de la propia parcela.	100	100	100	100	100	100	100
14. Independencia a insumos externos	Cantidad de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicida que aplican al sistema (kg/ha).	0	1109	1409	1062	1062	816.5	1112
	kg/ha de Fertilizantes (abono de animal)		1000	1200	800	800	600	800
	kg/ha de Fertilizante (químico)		105	205	259.8	259.8	209.75	306.94
	kg/ha de Insecticida, herbicida		3.66	3.66	2.44	2.44	6.75	4.97
15. Mano de obra	% mano de obra familiar= (NIF*100) / NTJ	100	5	28	56	60	61	55
	Dónde:							
	NIF = Número de integrantes de la familia que participan como jornales en el sistema		5	21	19	25	47	62
	NTJ = Número total de jornales ocupados en el sistema		100	76	34	42	77	113
16. Ingresos del agroecosistema forestal a la unidad familiar	Porcentaje de ingresos que proviene de la parte forestal del sistema	100	20	10	70	60	80	80
	Fuentes de ingresos:							
	a) % ingresos que aporta la producción de maíz.		10	10	0	10	0	0
	b) % de ingresos que aporta la producción de otros cultivos		0	0	0	0	10	10
	c) % de ingresos que aportan los frutales		20	10	70	60	80	80
	e) % de ingreso por venta de mano de obra		0	20	30	20	0	0
f) % de ingreso por programas sociales		10	10	10	10	10	10	

	g) % de ingreso de otros oficios.		60	50	0	0	0	0
17. Riesgo del relevo intergeneracional	Participación de integrantes de la familia mas jovenes en las actividades del agroecosistema	1	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3
	RRI= No. de hijos que participan/ No. total de hijos							
	Hp= Hijos que participan		1	0	0	2	0	2
	Th= Total de hijos		5	3	4	5	2	8
18. Diversificación de la venta	Cantidad de productos disponibles para la venta	11	2	2	6	4	9	11
19. Canales de comercialización	No. de vias posible para la venta de sus productos	3	2	2	2	2	2	2