



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA EN JALTEPEC DE CANDAYOC, OAXACA

Que como requisito parcial para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

PRESENTA:

Priscila Isabel Benítez Covarrubias



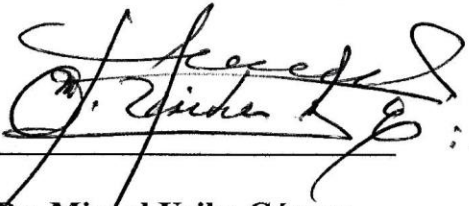
DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

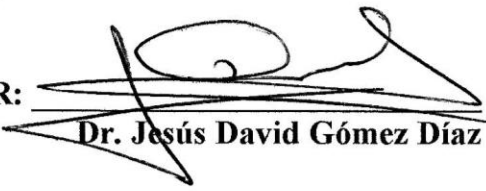


CHAPINGO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO, JUNIO 2016

Tesis realizada por Priscila Isabel Benítez Covarrubias bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIRECTOR: 
Dr. Miguel Uribe Gómez

ASESOR: 
Dr. Jesús David Gómez Díaz

ASESOR: 
Dr. Artemio Cruz León

DEDICATORIA

A ti Paco, por este esfuerzo compartido.

*A Marciano José López, amigo que me enseñó que es posible vincular mis dos pasiones
profesionales. Con cariño y admiración.*

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento es para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que a través de sus programas de apoyo me han dado la oportunidad de seguir preparándome.

Agradezco al ISIA, por todas las facilidades brindadas para la realización de esta tesis. Sin su apoyo definitivamente este estudio sería muy diferente. A los alumnos de la licenciatura de comunicación para el desarrollo social generación 2010-2014 por su apoyo y por lo que fui aclarando en el camino con ustedes.

A todos los productores participantes en este estudio, a los miembros de la agencia municipal y comisariado de bienes comunales de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca; y particularmente a: Marciano José, Tito Díaz, Vicente Santiago, Ever Corsino, Froylan Martínez, Veremundo José, Noé Vielman, Fernando Belman y Heleuterio Ortigoza; quienes compartieron sus saberes y prácticas; gracias por su tiempo y confianza. Así como a Ismael Pérez de la junta local de sanidad vegetal de San Juan Cotzocón por atender mis preguntas.

A la Universidad Autónoma Chapingo por ser un ejemplo a nivel nacional para contribuir a la equidad en México. A la coordinación del posgrado por las muchas facilidades recibidas y por brindarme la oportunidad de estudiar en este espacio. A mi

comité asesor liderado por el Dr. Miguel Uribe, por su paciencia, guía y estructura; al Dr. Artemio Cruz por su orientación y reflexiones y al Dr. David Gómez por su amplio conocimiento, pasión profesional y vocación de enseñanza.

A la planta académica, que ha enriquecido mis saberes y prácticas. A mis compañeros con quienes construí conocimiento y lazos de fraternidad. Particularmente a Paty Ruiz, colega amiga, por su generosa, paciente y dedicada ayuda.

A todos los amigos de este amplio camino entre la ciudad de México, Texcoco, Jaltepec y Guadalajara, quienes abrieron sus casas y animaron este andar. Un profundo agradecimiento a: Caty Díaz Leal, Lalo Carballido, Gaby Quintero, Emi Gómez, Verónica Pérez, Gerardo Cabrera, Luciano Placencia y Lourdes Suaste.

A mis padres Margarita y Humberto; hermanos y sobrinas; por todo el amor incondicional que recibo de ustedes y que me da alas y piso para andar más allá.

DATOS BIOGRÁFICOS

Priscila Isabel Benítez Covarrubias nació el 26 de julio de 1982 en Guadalajara, Jalisco. Desde muy temprana edad mostró inquietud por las ciencias, participando en las Olimpiadas Nacionales de Química donde obtuvo 1^{er} lugar y fue preseleccionada nacional para representar a México internacionalmente por la Academia Mexicana de Ciencias. Estudió la licenciatura de Biología en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Como estudiante de licenciatura fue becada por la Academia Mexicana de Ciencias para colaborar en el proyecto “Determinación de metales pesados y plaguicidas en peces y sedimentos en el Delta del Río Colorado por análisis químico” en Guaymas, Sonora.

Laboralmente ha colaborado en proyecto de investigación con temáticas de cultivos de cobertura y manejo integral para el control de gallina ciega en maíz y fresa. Asimismo ha colaborado como sistematizadora de las reuniones de REDD+ México; y como revisora técnica de libros de bachillerato de Biología y Ecología y medio ambiente para la editorial Pearson. Actualmente es asesora de la Red de Alternativas Sustentables Agropecuarias (RASA) para el diseño de tecnologías agroforestales para la finca demostrativa del Centro de Formación para la Agroecología y la Sustentabilidad (CEFAS) en Ixtlahuacán de los Membrillos, Jalisco, México

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA EN JALTEPEC DE CANDAYOC, OAXACA

SUSTAINABILITY OF PERSIAN LIME PRODUCTION SYSTEMS IN JALTEPEC DE CANDAYOC, OAXACA

Priscila Isabel Benítez Covarrubias¹, Miguel Uribe Gómez²

RESUMEN

Mucho se ha escrito sobre la sustentabilidad de los sistemas agroforestales (SAF); sin embargo, y con la excepción de la tecnología de café bajo sombra, los sistemas agrisilvícolas han sido poco evaluados en este aspecto. El objetivo de esta investigación es evaluar la sustentabilidad de los sistemas de monocultivo de limón persa (SML) y del sistema agroforestal limón + maíz (SAF l+m) en la comunidad de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca, aplicando la metodología del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS).

Se realizaron encuestas, recorridos en campo, entrevistas y análisis de fertilidad de suelos con muestras compuestas. Se llevó a cabo una caracterización de los sistemas de producción bajo estudio y se identificaron fortalezas y debilidades para seleccionar 12 indicadores de evaluación de la sustentabilidad.

Destaca que el SML presentó un B/C de 1.62, mientras que el SAF l + m: 1.75. Este último requiere un 45% más de mano de obra que el SML. Esto a gran escala puede favorecer la reducción de la migración en la comunidad. Las hectáreas que requiere un productor del SML para cubrir la línea de bienestar son 3.3, que supera el promedio de extensión que posee un productor en la comunidad (2 ha). En cambio el productor del SAF l+m requiere solamente 2 ha. Adicionalmente el SAF l+m favorece la aplicación de prácticas agrícolas ancestrales.

Aunque el SAF es más sustentable en los atributos productividad, adaptabilidad y equidad; y presenta un mayor número de indicadores con valores más altos que el monocultivo, no es necesariamente sustentable. El atributo de autonomía y autogestión está en el nivel mínimo. Se recomienda prioritariamente formular estrategias para incrementar la independencia de insumos externos y la materia orgánica; así como mejorar la organización para la comercialización y el nivel de capacitación.

.Palabras clave: sustentabilidad, limón persa, SAF: limón + maíz, monocultivo, MESMIS.

ABSTRACT

Much has been written about the sustainability of Agroforestry Systems (AFS); nevertheless, and with the exception of shade-grown coffee, agrisilviculture systems have not been sufficiently studied in this regard. The purpose of this research is to evaluate the sustainability of the Persian lime monoculture systems (LMS) and the lemon + maize agroforestry system (l+m AFS) in the Jaltepec de Candayoc, Oaxaca community, by applying the methodology of the Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (MESMIS, for its Spanish acronym).

Surveys, interviews, field tours and soil fertility analysis with composite samples were applied. The Persian lime production systems were characterized, and their strengths and weaknesses were identified. These were the basis for the selection of 12 evaluation indicators.

Highlights that the LMS presents a B/C of 1.62, and the l+m AFS of 1.75. The l+m AFS requires 45% more labor than LMS. This on a large scale can reduce migration in the community. The number of hectares required by LMS producers to satisfy the basic needs of their family is 3.3 ha, which is higher than the average area possessed by a producer in this community (2 ha). On the other hand, the l+m AFS producer requires only 2 ha. The l+m AFS favors the application of a higher number of agricultural ancestral practices.

Although AFS is more sustainable than SML in productivity, adaptability and equity attributes, and presents higher values in general, it is not necessarily sustainable, due its minimum autonomy and self-management levels. Develop strategies to improve: the independence from external inputs, producer organization for marketing, organic matter levels in the soil, and producer training is recommended as a priority.

Key words: sustainability, persian lime, AFS: lemon + maize, monoculture, MESMIS.

¹ Tesista

² Director

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1 La agroforestería y los sistemas agroforestales.....	17
2.2 La sustentabilidad de los sistemas agroforestales	18
2.3 Definiciones sobre una agricultura sustentable.....	20
2.4 Sustentabilidad: enfoques, corrientes y desafíos.....	23
2.5 Evaluación de la sustentabilidad	29
2.6 Importancia del cultivo de limón persa en México	42
3. OBJETIVOS	45
3.1 Objetivo general.....	45
3.2 Objetivos específicos.....	45
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
4.1 Caracterización del área de estudio	46
4.1.1 Localización	46
4.1.2 Caracterización biofísicas.....	47
4.1.3 Caracterización social	50
4.1.4 Principales actividades económicas:	53
4.2 Metodología MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad)	53
4.2.1 Delimitación del objeto de estudio.....	53
4.2.2 Determinación de los puntos críticos	54
4.2.3 Selección de indicadores	54
4.2.4 Medición y monitoreo de los indicadores.....	55
4.2.4.1 Productividad	55
4.2.4.2 Equidad.....	58
4.2.4.3 Adaptabilidad	58
4.2.4.4 Autonomía / Autogestión	59
4.2.4.5 Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	60
4.2.5 Presentación e integración de indicadores	62
4.2.6 Conclusiones y recomendaciones.....	63
5. RESULTADOS.....	64
5.1. Caracterización de la producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.....	64
5.2 Determinación de los puntos críticos	78

5.3 Selección de los indicadores estratégicos	79
5.4 Medición y monitoreo de los indicadores.....	79
5.5 Presentación e integración de los indicadores	80
5.5.1 Presentación de resultados.....	80
5.5.1.1 Productividad	82
5.5.1.2 Equidad.....	88
5.5.1.3 Adaptabilidad	89
5.5.1.4 Autonomía y autogestión	91
5.5.1.5 Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	93
5.5.2 Integración de los indicadores	98
5.5.3 Análisis de indicadores.....	103
5.6 Recomendaciones.....	104
6. CONCLUSIONES	106
7. LITERATURA CITADA.....	107
8. ANEXOS	118

ÍNDICE DE CUADROS

.Cuadro 1. Comparación de distintos marcos de evaluación de sostenibilidad de los recursos naturales.	36
Cuadro 2. Descripción de los atributos de la Sustentabilidad según MESMIS	38
Cuadro 3. Indicadores estratégicos, ámbito de evaluación, y método de obtención de datos para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	80
Cuadro 4. Presentación de resultados de los indicadores de sustentabilidad para el sistema monocultivo de limón persa y el sistema agroforestal.	81
Cuadro 5. Beneficios anuales por ha obtenidos para cada sistema de evaluación.	83
Cuadro 6. Composición de costos anuales por ha para cada sistema de evaluación.....	84
Cuadro 7. Relación B/C por ha para cada sistema de evaluación.	85
Cuadro 8. Ingreso del sistema mensual ha-1 para cada sistema de producción.....	87
Cuadro 9. Resultados de la puesta en práctica de tradiciones, conocimientos y tecnologías agrícolas ancestrales por sistema.....	90
Cuadro 10. Montos anuales de los insumos de cada sistema de producción en 1ha para el cálculo del Índice de Dependencia de Insumos Externos (IDIE).	92
Cuadro 11. Porcentaje de materia orgánica para cada sistema de producción según zonas.	94
Cuadro 12. Resultados de Punto de Marchitez Permanente y Capacidad de	97

Cuadro 13. Valores mínimos y máximos para la estandarización de los indicadores y sus criterios de selección.	101
Cuadro 14. Resultados finales de cada indicador para cada sistema de evaluación con sus umbrales mínimos y óptimos; así como sus respectivos valores de estandarización.	102
Cuadro 15. Opciones para incrementar la sustentabilidad según cada indicador.	105
Cuadro 16. Aspectos a tomar en cuenta para la aplicación de los preparados orgánicos...	140
Cuadro 17. Resultados del análisis químicos de fertilidad del suelo de las parcelas representativas de los sistemas de producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos de MESMIS que muestran su estructura cíclica.	40
Figura 2. Localización de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca (INEGI, 2005).	46
Figura 3. Mapa de elevación digital de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	47
Figura 4. Mapa de uso de suelo y vegetación de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	48
Figura 5. Climograma de la estación meteorológica de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.....	49
Figura 6. Identificación de parcelas de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.....	66
Figura 7. Gráfica comparativa de los indicadores de sustentabilidad para el sistema monocultivo de limón persa y el sistema agroforestal: limón + maíz.	99
Figura 8. Gráfica multicriterio del Sistema Agroforestal: limón + maíz.....	100
Figura 9. Gráfica multicriterio del Sistema monocultivo: limón.	100
Figura 10. Árbol de limón persa afectado por gomosis en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	138
Figura 11. Hojas de limón persa que muestran clorosis venal, en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.	142
Figura 12. Clorosis venal de la hoja de limón persa, síntoma típico de deficiencia de calcio en las hojas de la planta (Curti, <i>et al.</i> , 2000).....	142

ABREVIATURAS USADAS

CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

CDI: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas

FAO: Food Agricultural Organization

FESLM: International Framework for Evaluation Sustainable Land Management

FTC: Fuerza de trabajo contratada

GIDSA: Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los
Recursos Naturales

ISM: Ingreso del sistema mensual

IDIE: Índice de dependencia de insumos externos

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

ISIA: Instituto Intercultural Superior Ayuuk

MESMIS: Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores
de Sustentabilidad

MIAF: Milpa intercalada con árboles frutales

SAA: Sistema agrícola alternativo (sistema agroforestal: limón + maíz)

SAF: Sistema agroforestal

SAR: Sistema Agrícola Referencial (sistema monocultivo: limón)

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

UCIRI: Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy común el uso del término sustentabilidad y mucho se hace hincapié en invertir esfuerzos dirigidos al diseño y aplicación de tecnologías de producción agrícola sustentables; sin embargo evaluar la sustentabilidad de estas tecnologías de manera operativa, cuantitativa, coherente y objetiva ha representado un esfuerzo de varias décadas (Sarandón, 2009; Astier *et al.*, 2008). En lo que respecta a la evaluación de la sustentabilidad de manejo de recursos naturales existen más de 17 metodologías (Sarandón y Flores, 2009). Este estudio toma como eje metodológico de evaluación, MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad), dada la amplia experiencia generada a lo largo de más de 10 años de aplicación (Astier *et al.*, 2008).

Bajo este marco metodológico son diversos los estudios que han evaluado la sustentabilidad de sistemas agroproductivos en función de: la extensión, la incorporación de innovaciones agroecológicas, si son intensivos o extensivos, la escala (mediana o pequeña), según tipo de suelo e inclusive la tenencia de la tierra (Astier *et al.*, 2008).

En lo que respecta a los sistemas agroforestales y la sustentabilidad, desde finales del siglo anterior se ha fundamentado que los sistemas agroforestales son una opción dado que generan utilidades, ayudan a conservar la biodiversidad, incrementan la fertilidad

del suelo, facilitan la captación de agua, incrementan la captura de carbono, disminuyen la erosión, contribuyen a la seguridad alimentaria familiar y reducen las tasas de deforestación (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Aún con toda la serie de atributos que indican la sustentabilidad de los sistemas agroforestales, un inadecuado arreglo ecológico puede generar interacciones negativas entre sus componentes que conlleven a la competencia por nutrientes, espacio, luz solar, etc. (Nair, 1993). Asimismo, la edad productiva de la especie leñosa, la compatibilidad de las especies interactuando y el manejo agrícola son importantes para potenciar las ventajas de los sistemas agroforestales; minimizar sus riesgos; o incrementar la competencia antagónica de sus componentes (García, 2003; Rodríguez, 2014).

De la revisión del trabajo de Speelman *et al.* (2007) se observa que en lo que respecta a la sustentabilidad de los sistemas agroforestales, a excepción de los sistemas agrosilvopastoriles y los sistemas agrisilvícolas de café bajo sombra, el resto de los sistemas agrosilvícolas han sido mínimamente evaluados; por lo que cualquier estudio de evaluación de la sustentabilidad de las tecnologías que se derivan de estos, serán un aporte importante para la comprensión de los sistemas agroforestales en sus múltiples funciones sociales, ambientales y económicas.

Particularmente este estudio se centra en la evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de limón persa (*Citrus latifolia*) que se practican en la comunidad de Jaltepec de Candayoc, municipio de San Juan Cotzocón, Oaxaca. Se seleccionó el sistema agroforestal: limón + maíz sobre otros sistemas agrosilvícolas

porque el limón es un cultivo en crecimiento en el país; tan sólo en los últimos diez años la superficie dedicada a este cultivo aumentó un 23% según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014). En lo que respecta al maíz, en México este cultivo es considerado el más importante por: ser la base de la dieta del mexicano, contribuir a la seguridad alimentaria de la población rural más pobre; y por estar relacionado en actos cargados de profundo simbolismo cultural (SIAP, 2007; García, 2012; Turrent *et al.*, 2012).

Bajo las condiciones de esta comunidad se pretende responder a la pregunta: ¿qué aspectos requieren de atención prioritaria para incrementar la sustentabilidad en estos sistemas de producción?, ¿en qué aspectos el sistema agroforestal presenta ventajas sobre el sistema de monocultivo y viceversa? y ¿qué condiciones pueden ser limitantes para asegurar una mayor sustentabilidad del sistema agroforestal limón + maíz?

Adicionalmente este trabajo incluirá una serie de recomendaciones que podrán contribuir a incrementar la sustentabilidad para el cultivo de limón persa en la comunidad de Jaltepec de Candayoc.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La agroforestería y los sistemas agroforestales

La agroforestería es un conjunto de sistemas de producción agrícola en los cuales las especies leñosas perennes (árboles o arbustos), los cultivos agrícolas y/o las especies animales se desarrollan simultáneamente o en secuencia temporal en la misma tierra, y son utilizados para diversos propósitos. Los atributos que caracterizan a la mayoría de los sistemas agroforestales son la estructura, productividad, sustentabilidad y adaptabilidad cultural/socioeconómica (Farrel y Altieri, 1999; Krishnamurthy y Ávila, 1999). Igualmente, el *International Council for Research in Agroforestry* (1983) hace hincapié en que la agroforestería debe contemplar sistemas de manejo que sean compatibles con las prácticas culturales de la población local.

Con base en lo propuesto por Nair (1985), la agroforestería contempla tres tipos de sistemas en función de sus componentes de producción (pasturas/animales, perennes leñosas y cultivos anuales). Con base en lo descrito por Nair (1985) y Krishnamurthy y Ávila (1999) estos sistemas se definen de la siguiente manera.

- Los sistemas agrisilvícolas son aquellos que hacen uso de la tierra para la producción de perennes leñosas con cultivos agrícolas de manera secuencial o concurrente.
- Los sistemas silvopastoriles son sistemas donde se desarrollan conjuntamente árboles y pasturas que interactúan con el componente animal bajo un manejo integral.
- Los sistemas agrosilvopastoriles son altamente complejos, contemplan componentes agrícolas, silvícolas y pecuarios con la finalidad de generar diversos productos.

Como puede observarse, en todos los sistemas debe estar el componente leñoso. Las interacciones entre estos componentes y de estos con otros factores bióticos y abióticos son los que determinan el éxito del sistema.

2.2 La sustentabilidad de los sistemas agroforestales

En las últimas tres décadas la agroforestería se ha reconocido en el mundo como una opción sustentable en el uso de la tierra por sus beneficios productivos y ambientales (Nair *et al.*, 2009).

La FAO (2006) considera los sistemas agroforestales (SAF) como una de las estrategias más importantes para aproximarse a la sustentabilidad porque ofrece múltiples ventajas como el incremento de la cobertura vegetal, protección y

mejoramiento de la calidad de suelos, aumento de la diversidad biológica, recuperación y conservación de fuentes de agua, sumidero de CO₂, producción de leña y productos maderables y medicinales; así como fuente de alimento para el hombre y animales rumiantes.

En palabras de Casanova *et al.* (2010) los SAF son una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano, porque contribuyen a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), amortiguan la presión sobre los ecosistemas vulnerables (bosques y selvas) y aportan bienestar socioeconómico a las comunidades rurales.

Pandey (2002) estimó que el 20% de la población mundial (1,200 millones de personas) que habitan en los países en desarrollo, dependen directamente de los productos agroforestales y de sus servicios.

Uno de los desafíos que tienen los sistemas de producción en la actualidad, es integrar el uso y la conservación de los recursos naturales con la necesidad de alimentación de la población.

Iglesias (2011) es crítico al respecto y menciona que aunque la frase “rendimiento sostenido” se usa frecuentemente como una cualidad obligada de la agroforestería, no existe un planteamiento claro acerca del cuidado de la naturaleza a largo y mediano plazo.

Aún con toda la serie de atributos que apuntan hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales, un inadecuado arreglo ecológico puede generar interacciones negativas entre sus componentes que conlleven a la competencia por nutrientes, espacio, luz solar, etc. (Nair, 1993). Estas interacciones pueden derivar en una reducción del rendimiento (Montiel *et al.*, 2006). Asimismo, la edad productiva de la especie leñosa, la compatibilidad de las especies interactuando y el manejo agrícola son importantes para potenciar las ventajas de los sistemas agroforestales; minimizar sus riesgos; o incrementar la competencia antagónica de sus componentes (García, 2003; Rodríguez, 2014).

En lo que respecta a la sustentabilidad de los sistemas agroforestales, a excepción de los sistemas silvopastoriles y el sistema agrisilvícola de café bajo sombra, el resto de los sistemas agrisilvícolas han sido mínimamente evaluados (Speelman *et al.*, 2007). Por lo que cualquier estudio de evaluación de sustentabilidad que se deriven de estos, será un aporte importante para la comprensión de los sistemas agroforestales en sus múltiples funciones sociales, ambientales y económicas.

2.3 Definiciones sobre una agricultura sustentable

Sarandón y Flores (2009) plantean que “Una agricultura sustentable es aquella que mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfacen 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”.

Por su parte, Altieri y Nicholls (2000) plantean que la agricultura sustentable puede lograrse a través de la agroecología ya que provee un enfoque común que permite las relaciones entre varias disciplinas.

Esta definición salvaguarda de fondo lo siguiente que sintetizan Sarandón y Flores (2014) sobre la agricultura sustentable. Esta debe ser:

- 1) *Suficientemente productiva.*
- 2) *Económicamente viable* (a largo plazo y contabilizando todos los costos).
- 3) *Ecológicamente adecuada* (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global)¹.
- 4) *Cultural y socialmente aceptable.*

Para estos autores estos objetivos son igualmente importantes, de cumplimiento simultáneo, y no son reemplazables los unos con los otros.

A manera de concretar y detallar lo anterior, Astier *et al.* (2008) enlista los siguientes procesos que deben llevarse a cabo para considerar que un sistema es sustentable:

¹ De esto se deriva también que una agricultura sustentable está estrechamente ligada al paisaje y ecosistema que la alberga y que por tanto no puede haber prácticas agrícolas aplicables a todos los ecosistemas. Se obtendrá tanto y cuánto el ecosistema lo permita.

- Una mayor incorporación de los procesos naturales (ciclo de los nutrientes, fijación de nitrógeno, relaciones de plaga-depredador).
- Protección y conservación de suelo, agua, energía y recursos biológicos.
- Hacer uso de las complementariedades y sinergias positivas que surgen al combinar cultivos con árboles y/o animales en diferentes arreglos espaciales y temporales.
- Manejo integrado de plagas.
- Producción eficiente y remunerativa.
- Reducción de insumos externos e insumos no renovables.
- Prácticas locales.
- Incrementar las relaciones entre productores y la población rural.
- Acceso más equitativo a los recursos productivos, a las oportunidades y al progreso.
- Aprovechar los sinergismos entre distintas actividades económicas.
- Fortalecimiento de los mecanismos de cooperación y solidaridad locales.
- Participación efectiva de los involucrados en la generación, puesta en práctica y evaluación.
- Favorecer la autogestión mediante la capacitación.

Ante un concepto tan complejo que busca tantos objetivos, el riesgo se hace mayúsculo. La pregunta que surge inmediatamente es: ¿es posible el logro simultáneo de estos objetivos? Está claro que una agricultura así requiere de un profundo conocimiento y funcionamiento de los componentes ecológicos y sus relaciones. Sarandón y Flores

(2014); Astier *et al.* (2008) consideran que se requieren de profundas transformaciones del modelo económico presente de desarrollo.

2.4 Sustentabilidad: enfoques, corrientes y desafíos

2.4.1 El Concepto hegemónico de Sustentabilidad

Aunque el debate ha sido intenso, no existe un consenso para el concepto de sustentabilidad. La definición más ampliamente difundida, aunque no la menos criticada es la que surgió en el informe de Brundtland por parte de la Comisión Mundial sobre Medio Ambientes y Desarrollo de las Naciones Unidas en 1987. En dicho informe se establece que:

“El desarrollo sustentable es un proceso que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Este concepto ha ido evolucionando hasta poner de manifiesto la búsqueda de la calidad humana e inclusive se ha hecho explícito la equidad y autonomía. De esta manera surge el siguiente concepto generado por otros organismos de envergadura internacional y que versa: “... el desarrollo sustentable busca mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan (FAO, 1995)”.

El desarrollo sustentable no considera a la naturaleza como en un estado que debe permanecer inmutable, pero si incorpora una perspectiva de largo plazo.

Cito a un texto de la FAO (1995), para ilustrar el reto a nivel ético, político, ambiental y económico que alcanza y requiere un desarrollo sustentable:

"Un nuevo estilo de desarrollo debe partir de un replanteamiento de valores que excluya todo tipo de dominación sobre el entorno natural y los grupos humanos. Este nuevo modelo deberá basarse en una redistribución justa de los recursos naturales y en mecanismos participativos y democráticos que permitan la presencia activa de los diferentes sectores de la población y el respeto a la autodeterminación de los pueblos".

Se trata de encontrar las formas en que una unidad territorial dada (país región, cuenca, comunidad, parcela) avancen en forma simultánea en la producción económica, la equidad social, la reproducción cultural, autonomía y la sostenibilidad ambiental.

En la misma línea que lo que establece la FAO (1995), Achkar *et al.* (2005) consideran que la sustentabilidad tiene cuatro dimensiones que interactúan entre sí:

- *La dimensión biológica (ambiental):* que considera los aspectos que buscan preservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas.
- *La dimensión social:* que hace referencia al acceso equitativo a los bienes de la naturaleza en términos tanto intergeneracionales (como lo establece

el informe de Brundtland) pero muy importante también intrageneraciones, entre géneros y entre cultura, entre grupo y clases sociales e inclusive a escala del individuo.

- *La dimensión económica:* relacionada a las actividades de producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Resulta aquí de vital importancia la necesidad de redefinir conceptos de desarrollo basados en lo que se entiende por necesidades y satisfactores.
- *La dimensión política:* referente a la autonomía y autogestión en todas las escalas posibles. Incluye también el proceso de toma de decisión y gestión de los bienes públicos y la democracia.

2.4.2 Enfoques y corrientes de la sustentabilidad

El término de desarrollo sustentable se presta a diversas interpretaciones o abordajes. Considerando el análisis de Pierri (2005), existen dos principales enfoques: el enfoque técnico y el enfoque social. El primer enfoque considera que la sustentabilidad es una cuestión exclusivamente ecológica y física; y que por tanto su solución se encontrará en respuestas técnicas. El segundo enfoque no puede concebir la sustentabilidad sin una perspectiva social.

Es en el enfoque social donde se presentan discrepancias importantes que se abordarán más adelante y que derivan en las corrientes del Ambientalismo moderado y la Corriente humanista crítica.

A inicios de los años sesenta se comienzan a publicar una serie de informes y libros que ponen en evidencia la problemática ambiental de manera alarmante, entre estos destacan: La Primavera Silenciosa (Carson, 1962); Los límites del crecimiento (Club de Roma, 1972); y el Manifiesto por la supervivencia (Goldsmith, 1972). Ante estas y otras alarmas se escuchan distintas voces que tienen como objetivo hacer un llamado para redireccionar las acciones de la humanidad y evitar un futuro en que la vida del ser humano sobre la tierra, tal como la conocemos, concluya.

Pierri (2005), identifica y describe tres distintas corrientes o reacciones ante la problemática ambiental. Cronológicamente, la primera en hacer aparición es la corriente conocida como Crecimiento cero. Esta corriente es impulsada principalmente por conservacionistas bajo una perspectiva eco-centrista. Se concreta y sustenta en el Primer Informe del Club de Roma de 1972 en donde se establece que los recursos en el planeta tierra son limitados y por tanto propone un crecimiento cero en la economía y en el crecimiento poblacional humano. Las soluciones bajo este enfoque son principalmente del orden técnico.

Es hasta 1987, que el concepto de desarrollo sustentable se concreta de manera hegemónica en el afamado Informe de Brundtland; sin embargo dicho concepto responde a tan sólo una de las corrientes, el ambientalismo moderado, protagonizada por las Naciones Unidas. Esta corriente se caracteriza por aceptar los límites físicos de la naturaleza pero sin catastrofismo. Plantea que el crecimiento puede ser compatible con el cuidado ambiental, inclusive necesario. Concibe que los pobres generan problemas ambientales presionados por sus necesidades; de tal manera que esta corriente considera

el aspecto social como causa y consecuencia de la problemática ambiental y lo social es de importancia en la medida en que funcione como puente para la solución de la problemática ecológica (Pierri, 2005). La tercera corriente se denominó *humanista crítica*, caracterizada por poner su eje de atención en el desarrollo social y equitativo de los países “no desarrollados” y particularmente de los pobres; asimismo pone de manifiesto que la problemática ambiental es consecuencia de la forma de organización del trabajo, específicamente del capitalismo expansionista, por lo que este debe ser cuestionado. Por ejemplo, en el modelo económico del capitalismo, la producción suele generar excedentes que no pueden ser colocados dado que los precios de mercado no permiten recuperar los costos de producción y por tanto la mercancía debe ser destruida. Se trata de casos de insustentabilidad, cuya causa no se debe a una técnica ineficiente, sino al funcionamiento del mercado. Esta última característica, la crítica al modelo económico del capitalismo es lo que fundamentalmente la hace distinta al ambientalismo moderado de las Naciones Unidas (Pierri, 2005).

2.4.3 Cuestionamientos al concepto hegemónico de sustentabilidad

Lelé (1991) plantea insuficiencias al concepto de Sustentabilidad del informe de Brundtland. Dentro de sus cuestionamientos están los siguientes:

- El crecimiento económico de un país no necesariamente conlleva a la reducción de la pobreza.
- El informe de Brundtland propone la participación como clave para lograr la sustentabilidad; sin embargo si se considera que la desigualdad limita la

disponibilidad y capacidad de participación; entonces, antes de lograr la participación se deben asegurar otros aspectos.

- Sobre el supuesto de que la equidad garantizará un manejo sustentable de los recursos; antes debe de pensarse que un buen manejo requiere voluntad política, capacidades económicas y técnicas que no son derivados de la equidad.

Complementariamente, Roca (2000) argumenta que no necesariamente se requiere un continuo crecimiento económico para asegurar la satisfacción de las necesidades más básicas de la población como lo presupone la corriente del ambientalismo moderado; asimismo este autor es particularmente incisivo respecto a la responsabilidad de los países más ricos hacia los problemas ecológicos por sus altos requerimientos de energía y materiales. Este autor sugiere las siguientes estrategias para el logro de la sustentabilidad: fomentar más el consumo de servicios públicos en relación al consumo privado y que las políticas de producción se orienten más a la reducción del tiempo de trabajo mercantil para mejorar la calidad de vida de los individuos y reducir la presión ambiental.

Para Leff (2010) la noción de sustentabilidad se ha ido vulgarizando al formar parte de la postura oficial y del lenguaje común. El discurso dominante del ambientalismo moderado promueve un neoliberalismo ambiental que significa la capitalización de la naturaleza y la cultura en términos del mercado globalizado. Esto solo se logra debilitando las resistencias de la cultura y de la naturaleza. Su propósito es legitimar la desposesión de los recursos naturales y culturales de las poblaciones dentro de un esquema concertado, globalizado. Bajo esta mirada se pretende que las poblaciones

indígenas valoren sus recursos naturales y culturales como capital natural y que por tanto acepten una compensación económica por la cesión de ese patrimonio a las empresas trasnacionales, que bajo este esquema se convierten en las responsables de administrar racionalmente los “bienes comunes”.

El debate sobre cómo entender la sustentabilidad aún está vigente y está alentado por las distintas respuestas que surgen a partir de: ¿qué se entiende por desarrollo?, ¿qué se busca sostener?, ¿quiénes son los principales responsables y cuál es su responsabilidad en la solución de la problemática?, ¿para quiénes habrá crecimiento y desarrollo?, ¿quiénes administrarán los bienes comunes? y principalmente: ¿cómo lograr la sustentabilidad?

2.5 Evaluación de la sustentabilidad

2.5.1 Enfoques cualitativo y cuantitativo para la evaluación de la sustentabilidad

La evaluación de la sustentabilidad requiere, dada la complejidad de la misma, de un abordaje interdisciplinario que combine enfoques y métodos cualitativos y cuantitativos.

Ahora bien, los dos enfoques corresponden a dos paradigmas de investigación distintos que pueden ser complementarios: el cualitativo y el cuantitativo. Cuando aquí se dice paradigma, se refiere al acuerdo de una comunidad científica respecto a lo que deben ser sus objetos de estudio, el tipo de preguntas que han de construirse respecto a ello, la manera de estructurar dichas preguntas y el modo de interpretar los resultados que se

desarrollen como intentos de respuesta. Los paradigmas emergen a partir del pensamiento prolongado y laborioso de algunos miembros de una comunidad científica (Kuhn, 1982). Por lo anterior, el estudio que aquí se reporta no se ha restringido a una estricta pureza metodológica, sino que se ha abierto a incorporar los aportes de distintas tradiciones de la investigación (relevantes, rigurosas y pertinentes) para enriquecer la evaluación a realizar.

Una de las principales diferencias entre estos enfoques y que es fundamental para comprender este estudio es que el enfoque cuantitativo requiere la generación de datos que son producto de mediciones numéricas; así como que debe ser analizado a través de métodos estadísticos y trabajar con un tamaño de muestra que sea representativo de la población. Bajo el enfoque cualitativo el tamaño de muestra no es importante, pues el interés del investigador no es generalizar los resultados de su estudio a una población más amplia. Lo que se busca en la indagación cualitativa es profundidad. Por lo tanto, se pretende calidad en la muestra, más que cantidad. De esta manera es de interés casos que nos ayuden a entender el fenómeno de estudio y a responder a las preguntas de investigación (Hernández *et al.*, 2008).

Bajo el enfoque cualitativo, para la situación particular del análisis de estudios de caso, el tamaño mínimo que menciona Hernández *et al.* (2008) puede llegar a ser desde uno a varios casos.

Son tres factores que intervienen para determinar el número de casos: 1) Capacidad operativa de recolección y análisis; 2) el entendimiento del fenómeno (el número de

casos que nos permitan responder a las preguntas de investigación); y 3) la naturaleza del fenómeno bajo análisis (frecuencia, accesibilidad, tiempo de recolecta) (Hernández *et al.*, 2008).

2.5.2 Indicadores para evaluar la sustentabilidad: Definición y desarrollo

El proceso de los indicadores de desarrollo sustentables tiene sus inicios a finales de la década de los 80's en algunos países de Europa y en Canadá; sin embargo, es a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro 1992, donde el uso de estos indicadores comenzó a dejar de ser meramente académicos para convertirse en un aspecto del ámbito de las políticas públicas y estar presente en los discursos y preocupaciones de los políticos y diplomáticos de los países (Quiroga, 2001).

Para Quiroga (2001), el avance en el desarrollo de indicadores de sustentabilidad se sintetiza de la siguiente manera:

Indicadores de 1^{era} generación: son práctica y únicamente indicadores ambientales.

Indicadores de 2^{da} generación: considera un enfoque multidimensional del desarrollo e incorpora indicadores de tipo ambiental, social, económico e institucional. Sin embargo aún no se genera una vinculación entre los indicadores.

Indicadores de 3^{era} generación: en esta etapa se procura producir indicadores vinculantes de lo económico, social y ambiental en forma transversal y

sistemática. Procurando hacer uso de un número limitado de indicadores verdaderamente vinculantes.

2.5.3 Metodologías que utilizan indicadores de sustentabilidad para evaluar el manejo de los recursos naturales

En las últimas dos décadas el concepto de sustentabilidad se ha establecido como un eje de diseño y evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales, tecnologías, o incluso políticas públicas; sin embargo uno de los mayores retos es volver operativo el concepto de tal manera que pueda ser evaluado de manera cuantitativa, objetiva y coherente. El reto es considerable, pues hacer operativo el concepto de sustentabilidad implica un serio esfuerzo teórico y una importante porción de pragmatismo (Sarandón y Flores, 2009).

En el ámbito del manejo de los recursos naturales, diversos investigadores han propuesto el uso de indicadores coherentes y medibles que permiten la toma de decisiones respecto al manejo o implementación de un sistema productivo. Con estos indicadores se busca obtener información tanto para los responsables de generar políticas públicas en el sector rural; como a los propietarios y responsables del manejo de la tierra (Astier *et al.*, 2008).

Es importante tener en cuenta que no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser aplicables a cualquier sistema a evaluar dada las múltiples variables que definen un estudio, como pueden ser la escala (región, cuenca, microcuenca o predio),

tipo de manejo a comparar, el contexto socio cultural; y principalmente los objetivos deseados o enfoque de análisis.

De lo anterior Sarandón y Flores (2009) concluyen los siguientes aspectos en el uso de indicadores de evaluación para la sustentabilidad: 1) Lo que es válido para una región o problema, puede no serlo para otra; y 2) la evaluación está en función de los objetivos de sustentabilidad planteados.

Sarandón y Flores (2009) encontraron 17 trabajos que proponen metodologías de evaluación de sustentabilidad utilizando indicadores. A continuación se mencionan tan sólo algunas de estas metodologías:

Entre las metodologías que han surgido para la evaluación de la sustentabilidad con base en indicadores se cuenta la propuesta del Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales (GIDSA, 1996). La propuesta de International Framework for Evaluation Sustainable Land Management (FESLM) de (Smyth y Dumansky, 1994). El Marco para la Evaluación de Sistemas de manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), entre otros. La propuesta de GIDSA (1996), a diferencia de MESMIS, considera la disponibilidad de recursos y la capacidad de respuesta del mismo; sin embargo ambos aspectos están incluidos en los atributos de productividad y adaptabilidad que propone esta última. Por otra parte, la propuesta del FESLM (1994) considera los atributos de viabilidad económica y aceptabilidad social; sin embargo se podría argumentar que para que un sistema sea viable económicamente y aceptable socialmente en el largo plazo debe satisfacer los

criterios de *productividad, confiabilidad y adaptabilidad* al medio natural y cultural que propone MESMIS.

Por su parte Sarandón y Flores (2009) proponen una metodología que consta de catorce pasos articulados que cuentan con retroalimentación. En esta metodología sobresale el análisis constante de la relevancia de los indicadores.

Por otra parte, el Marco de referencia de un sistema de indicadores de zona según el uso de la tierra y el agua propuesto por Qingling *et al.* (2014) considera la evaluación a partir de indicadores de cuatro dimensiones: condiciones naturales, nivel tecnológico, el ambiente y las condiciones socioeconómicas. La teoría de suministro-demanda con el modelo (manejo-presión-estado impacto-respuesta) son los marcos de análisis.

El Modelo SOSTARE de Paracchini *et al.* (2014) está basado en una serie de indicadores agregados. Estos indicadores son estructurados a través de los siguientes pasos: análisis estadístico e indicadores para identificar la relevancia de las variables y reducir la redundancia; identificación del rango de variación de los indicadores y estandarizarlos; definir el peso de cada indicadores a través del análisis estadístico y criterio de experto. El resultado es un indicador para cada uno de los aspectos de la sustentabilidad (económico, agronómico y ecológico).

Por su parte, Astier *et al.* (2008) se ha tomado la tarea de comparar distintos marcos de evaluación de la sostenibilidad de los recursos naturales. Este trabajo se muestra en el Cuadro 1.

Este autor compara estos marcos en función de los siguientes aspectos: a) el enfoque (orientado a objetivos o sistémico); b) los ámbitos o áreas de evaluación que considera; c) si la evaluación se lleva a cabo antes de la implementación de las alternativas (ex-ante); o posterior a su implementación (ex-post); d) la escala de evaluación; e) según el origen para la selección de los indicadores, definiendo *Bottom-up* cuando estos surgen de un análisis preliminar y *Top-down* cuando se definen por un grupo de expertos; f) si existe una integración de los indicadores; g) según quiénes evalúan (externos o locales); y finalmente h) la experiencia en la aplicación de dichos marcos.

Cuadro 1. Comparación de distintos marcos de evaluación de sostenibilidad de los recursos naturales.

Marco	Enfoque	Área de Evaluación ^z	Tipo de evaluación	Escala	Derivación indicadores	Integración indicadores	Evaluadores	Experiencia
FESLM	Objetivos	A, E	ex - post	Espacial (parcela-región)	Bottom-up	No incorpora Índice	Consultor externo y agentes locales	Alta
Presión-Estado-Respuesta	Sistémico	A	ex - post	Institucional (Comunidad-nación)	Bottom-up	agregado	Consultor externo	Alta
IICA	Sistémico	A, E	ex - post	Institucional	Top-down	No integra Índice	Consultor externo	Baja
Stockle y colaboradores	Objetivos	A	ex - post	Espacial (Parcela agrícola)	Bottom-up	agregado	Consultor externo	Baja
PICABUE	Objetivos	S	ex - post	Institucional (Comunidad-nación)	Top-down	No integra Índice	Consultor externo y agentes sociales	Baja
MARPS	Objetivos	A	ex - post	Institucional (Comunidad-nación)	Top-down	agregado	Consultor externo y agentes locales	Media
Lewandowski y colaboradores	Objetivos	A	ex - post	Espacial (Parcela agrícola)	Top-down	agregado	Consultor externo	Baja
CIFOR	Objetivos	A, E	ex - post	Espacial (cientos a miles de ha)	bottom-up y Top -down	No integra Modelos gráfica	Consultor externo y agentes locales	Alta
MESMIS	Sistémico	A, E, S	ex - post y ex - ante	Institucional	bottom-up	gráfica	Consultor externo y diversos sectores	Alta
Evaluación de satisfactores	Sistémico	A, E, S	ex -post	Institucional	bottom-up	Gráfica Modelos gráfica	Consultor externo y diversos sectores	Media
Manejo de resiliencia	Sistémico	A, E, S	ex - ante	Institucional	bottom-up	gráfica	diversos sectores	Baja
SEAN	Sistémico	A, E	ex - ante	Espacial	Top-down	No integra	Consultor externo	Baja
AMESH	Sistémico	A, E, S	ex - ante	Institucional	Bottom-up	Modelos	Consultor externo y diversos sectores	Baja

^zA: ambiental; E: económico; S: social

Fuente:

Astier

et

al.

(2008)

2.5.4 El Marco para la Evaluación de Sistemas de manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)

Este marco permite derivar indicadores a partir de la identificación de los puntos más críticos de un sistema de manejo. Evalúa en función de que los procesos: a) mantengan o mejoren la productividad y reduzcan los riesgos; b) que aumenten los servicios ecológicos y socioeconómicos; y c) que protejan la base de recursos y prevengan la degradación de suelos, agua y agro biodiversidad. Con base a Astier *et al.* (2008), esta metodología parte de las siguientes premisas:

- El concepto de sustentabilidad se define a partir de cinco atributos: a) productividad; b) estabilidad, confiabilidad y resiliencia; c) adaptabilidad; d) equidad; y e) autodependencia o autogestión (mismos que se explican más adelante).
- La evaluación es válida solamente para: a) sistemas de manejo específico en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político; b) una escala espacial (parcela, unidad de producción, comunidad o cuenca; y c) una escala temporal.
- No se pueden obtener datos aislados de sustentabilidad para un solo sistema; sino que las conclusiones se derivan siempre en comparación a otro sistema alternativo; o bien la comparación puede ser en el mismo sistema en el tiempo.
- La evaluación de sustentabilidad es una actividad participativa que requiere de un trabajo interdisciplinario.

2.5.1 Atributos de la sustentabilidad

Dicha metodología parte de una serie de atributos que definen a un sistema como sustentable. Estos son: *productividad; estabilidad; confiabilidad; resiliencia; adaptabilidad; equidad; y autosuficiencia o autogestión.*

Con base a Astier *et al.* (2008), en el Cuadro 2 se presenta una descripción de los atributos que considera MESMIS.

Cuadro 2. Descripción de los atributos de la Sustentabilidad según MESMIS

Atributo	Definición
<i>Productividad</i>	Cantidad de rendimientos, ganancias o servicios que ofrece el sistema en relación a unidad de tiempo y/o unidad de insumo invertido.
<i>Estabilidad</i>	Capacidad de amortiguar los cambios o perturbaciones externas ejercidas sobre el sistema.
<i>Resiliencia</i>	Velocidad con que un sistema es capaz de regresar a su estado previo. Este atributo se da tan sólo en sistemas que pueden presentar estabilidad.
<i>Confiabilidad</i>	Una variable es confiable cuando es poco probable que se salga de sus límites de tolerancia, comúnmente generadas por variaciones ambientales. No puede considerarse confiable si no presenta estabilidad.
<i>Adaptabilidad</i>	Capacidad del sistema de configurar nuevos niveles de estabilidad ante cambios de largo plazo.
<i>Equidad</i>	Distribución justa intra e inter generacionalmente de los beneficios y costos del sistema de manejo.
<i>Autodependencia o autogestión</i>	Capacidad de controlar las interacciones con el exterior según prioridades, objetivos y valores endógenos.

Fuente: Astier *et al.* (2008)

Los atributos anteriores pueden contener tanto indicadores ambientales, económicos como sociales; asimismo, un mismo atributo puede abordarse desde más de un tipo de indicador.

2.5.2 Pasos de MESMIS

La metodología MESMIS integra una estructura cíclica que consta de los siguientes pasos, tal como lo muestra la Figura 1.

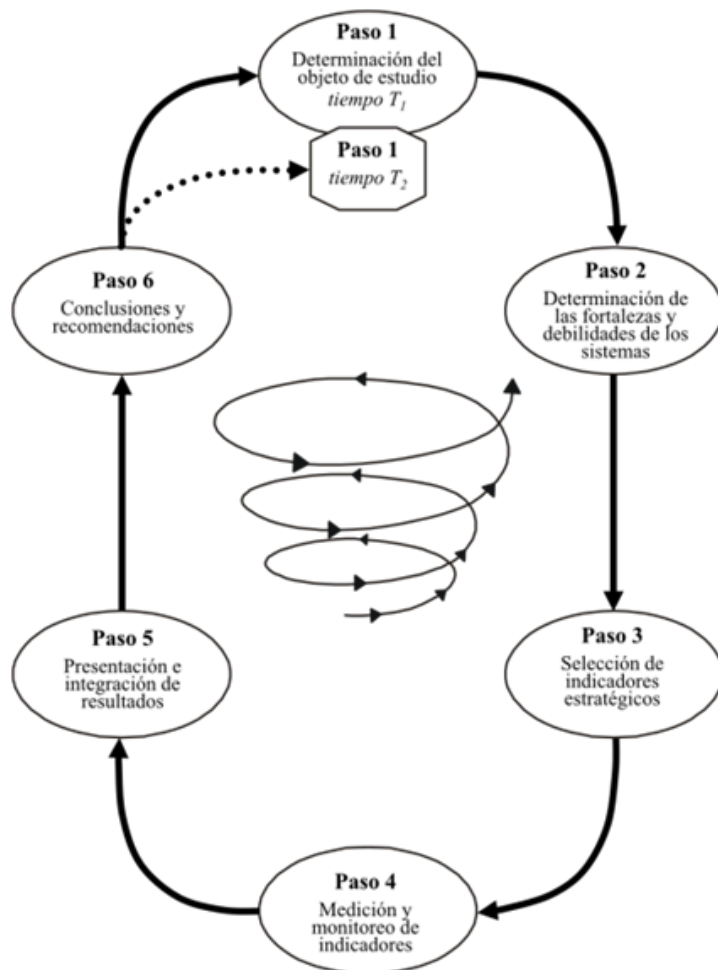


Figura 1. Pasos de MESMIS que muestran su estructura cíclica.

Fuente: Astier *et al.* (2008).

1^{er} Paso Determinación del objeto de estudio

Se delimitaron los sistemas de manejo que fueron evaluados en términos de su contexto socioambiental; así como la escala espacial y temporal de evaluación. Posteriormente se caracteriza el sistema de manejo referencial; es decir, aquel sistema que predomina en la región y/o los sistemas alternativos. La caracterización de los sistemas considera aspectos biofísicos y de manejo; las principales características socioeconómicas de los productores y los tipos de organizaciones existentes; así como una descripción

cualitativa de los insumos requeridos y extraídos del sistema que especifique el origen de los insumos o entradas.

2^{do} Paso Determinación de los puntos críticos de los sistemas de manejo o identificación de fortalezas y debilidades

Este paso responderá las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los factores o procesos ambientales, técnicos, sociales y económicos que, ya sea de forma individual o combinada, pueden tener un efecto positivo o negativo en los retornos, la eficiencia o la conservación de recursos de los sistemas de manejo?; es decir, ¿cuáles son los puntos donde el agrosistema es más vulnerable o presenta problemas? y ¿cuáles son los puntos dónde presenta más fortalezas? Este paso es indispensable, de no hacerse el esfuerzo posterior no concluirá en resultados verdaderamente útiles.

3^{er} Paso Selección de los indicadores estratégicos

Dado que no existe una lista de indicadores universales aplicables a todas las situaciones, los indicadores concretos dependerán de las características específicas de estudio y de la disponibilidad de datos (Sarandón y Flores, 2009). Es importante tener cuidado que la selección de indicadores consideren los tres aspectos: ambiental, social y económico; y a su vez sean indicadores específicos a los sistemas de manejo bajo estudio. Los indicadores deben ser sensibles a los cambios (Salminis, 2006).

4^{to} Paso Medición y monitoreo de los indicadores

Existe una serie de métodos y técnicas para la medición de indicadores entre los que se puede mencionar la recopilación de información tanto experimental como bibliográfica,

el uso de modelos, obtención de datos en campo, encuestas, entrevistas, debates grupales, entre otros (Salminis, 2006).

5^{to} Paso Presentación e integración de resultados

Toda la información recabada se sintetiza de tal manera que permita la toma de decisiones. No existe un método consensado; sin embargo el más utilizado es la construcción de la gráfica tipo ameba o telaraña (Astier *et al.*, 2008).

6^{to} Paso Conclusiones y recomendaciones

A través de la observación de la gráfica resultante se pueden identificar las ventajas relativas de cada sistema de manejo; e identificar los criterios que requieren de mayor atención para cada sistema; en qué aspectos un sistema es superior al otro y cuáles son los indicadores que han alcanzado un nivel aceptable o cercano al óptimo. Asimismo en este apartado se generan una serie de recomendaciones dirigidas a incrementar la sustentabilidad en los sistemas bajo estudio.

2.6 Importancia del cultivo de limón persa en México

La producción de limón ha cobrado gran importancia económica en el país. A nivel mundial, México Figura como el segundo país en cuanto a exportación de limón, seguido de España (TRADEMAP, 2014); el segundo en ton de producción y área destinada a este cultivo después de la India en ambos casos (FAOSTAT, 2013). Asimismo, según datos del SIAP (2014), la superficie dedicada a este cultivo ha crecido 23% en los últimos diez años.

Tan sólo en lo que respecta entre el año 2013 y 2014, la tasa de crecimiento de los valores exportados de limón en México aumentó un 27%, muy por encima de la tasa de crecimiento de todos los valores de los productos exportados por México que se estableció en 5% (TRADEMAP, 2014).

Aun cuando México figura como uno de los principales países productores y exportadores de limón en el mundo; contrasta los bajos rendimientos que reporta, 14.09 t ha⁻¹, cifra por debajo de 50 países que presentan rendimientos de limón más altos que México (FAOSTAT, 2013).

En México se producen tres especies de limón: el limón agrio mexicano (*Citrus aurantifolia*) con 51% de la producción; el persa (*Citrus latifolia*), conocido también como limón sin semilla (49%); y el limón italiano o limón verdadero (*Citrus limón*) (4%) (SIAP, 2014).

México exporta alrededor de un cuarto de su producción de limón. El 92% del volumen de exportación tiene como destino Estados Unidos de América. Es de resaltar que más del 85% del volumen de exportación corresponde a limón persa (SHCP, 2014).

En el año 2012 se cultivaron alrededor de 67 mil ha de limón persa con un rendimiento promedio de 13.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Este rendimiento está muy por debajo del rendimiento en Florida, Estados Unidos, que es de 21 t ha⁻¹ (Gómez *et al.*, 1994).

El limón persa se produce principalmente en los estados de Veracruz con un 61% de producción, Oaxaca 12% y Tabasco 9% (SIAP, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción de limón persa: monocultivo y sistema agroforestal limón + maíz, en la comunidad de Jaltepec de Candayoc, de San Juan Cotzocón, Oaxaca; aplicando el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) para generar recomendaciones que incrementen los beneficios sociales, económicos y ambientales para ambos sistemas.

3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los sistemas de producción de limón persa monocultivo y sistema agroforestal limón + maíz en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca:
2. Seleccionar y medir los indicadores del ámbito social, económico y ambiental de las parcelas de evaluación con base a las fortalezas y debilidades identificadas.
3. Generar recomendaciones para incrementar la sustentabilidad de las parcelas de evaluación.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Caracterización del área de estudio

4.1.1 Localización

Jaltepec de Condoyoc pertenece al municipio de San Juan Cotzocón del estado de Oaxaca y es parte de las comunidades que conforman la región mixe. Específicamente esta comunidad se ubica al noroeste del estado, tal como lo muestra la Figura 2.

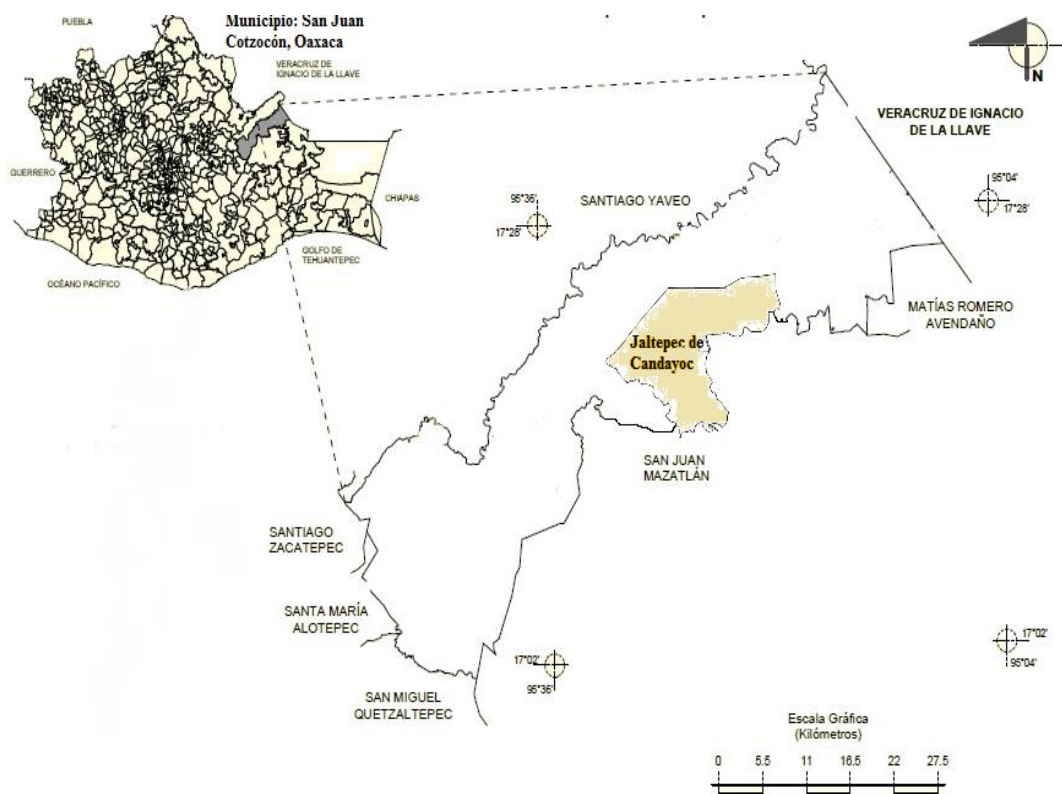


Figura 2. Localización de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca (INEGI, 2005).

El punto central del ejido se posiciona entre las coordenadas geográficas 17°33' de latitud Norte y 95° 43' de longitud Oeste.

4.1.2 Caracterización biofísicas

Relieve: según el mapa de elevación digital de INEGI (2009) que se observa en la Figura 3, Jaltepec de Condayoc presenta un relieve predominantemente homogéneo y de baja altitud (50 a 200 msnm). La conformación de este territorio puede considerarse de manera general como planicies con suaves ondulaciones.

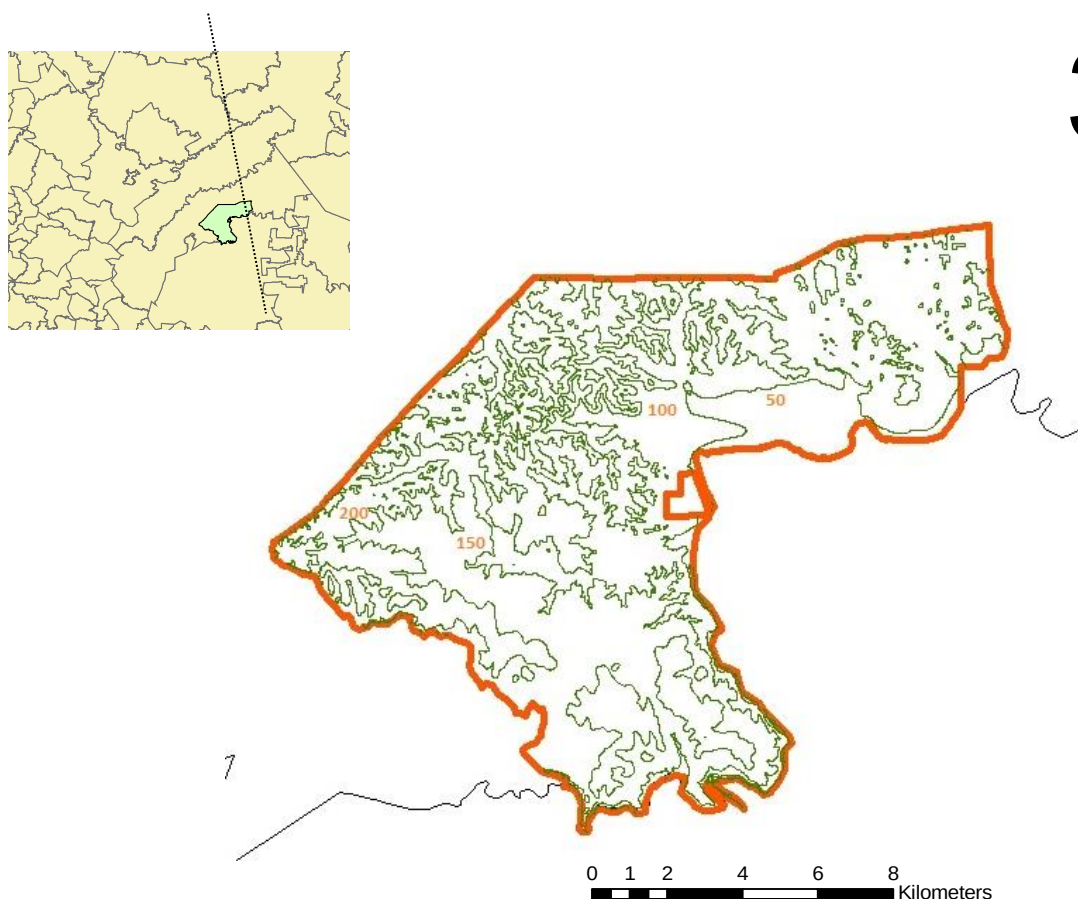


Figura 3. Mapa de elevación digital de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.
Fuente: elaboración propia con información obtenida de INEGI (2009).

Uso del suelo: a partir de información y términos utilizados de la cartografía digital de INEGI (2002) se generó la Figura 4. En términos porcentuales, aproximadamente el 31% del suelo está ocupado por un bosque cultivado de *Pinus caribea* (principalmente) utilizado para fines forestales; el 25% es pastizal; un 30% es atribuible a vegetación secundaria de selva alta perennifolia; y el 11% del territorio está ocupado por una agricultura que puede ser de temporal anual y/o permanente. El resto del territorio está destinado a zona urbana y un bosque de pino encino.

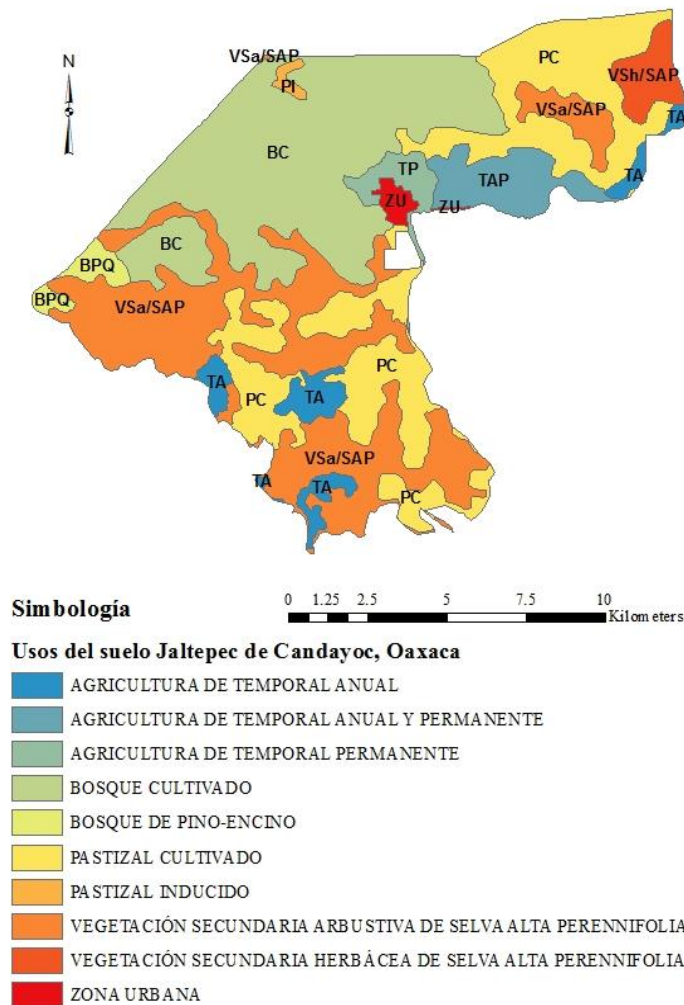


Figura 4. Mapa de uso de suelo y vegetación de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con información obtenida de INEGI (2002).

Clima: cálido húmedo con régimen de lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal menor al 5%. Presencia de canícula con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales y marcha anual de la temperatura tipo Ganges. La temperatura media anual es de 26°C con una precipitación anual de 2020 mm. La fórmula climática de Koopen modificada por García para este clima es: Am (w) w''(i) g.

La Figura 5 muestra el climograma de la comunidad en donde puede observarse que el mes más caliente es mayo, con una temperatura máxima de 34.8°C, mientras que en enero es el mes más frío con 17.5°C como temperatura mínima. En lo que respecta a la precipitación, abril es el mes que menos precipitación presenta, apenas 39 mm; en contraste con el mes de julio que llueve alrededor de 443 mm.

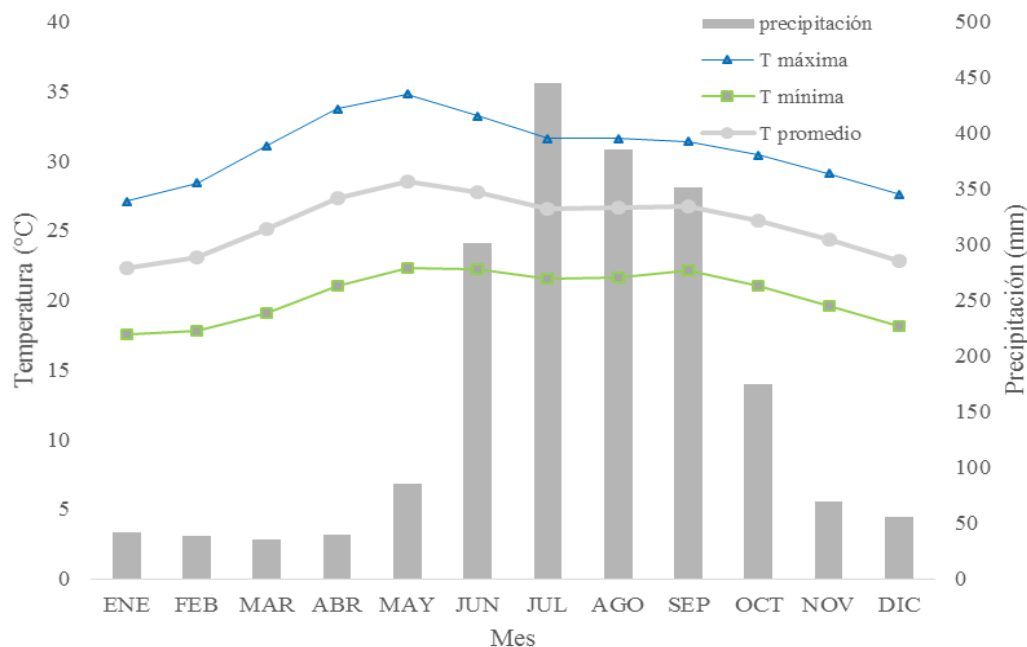


Figura 5. Climograma de la estación meteorológica de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con información obtenida del software Eric III.

En esta misma Figura es de notarse los meses de abril y mayo como críticos debido a la mayor acumulación de meses presentando baja precipitación y con las temperaturas más altas.

4.1.3 Caracterización social

La comunidad de Jaltepec de Candayoc ocupa una superficie de 14,990 ha, de las cuales 14,861 son de propiedad comunal. Según el censo más reciente de INEGI (2010), el total de personas que habitan Jaltepec es de 1770, de los cuales 1604 son indígenas mixes, lo que representa el 91% de la población. Del total de la población 909 son hombres y 861 mujeres. La estructura de edades es como sigue: 506 personas tienen entre 0 y 14 años de edad; 1127 tienen entre 15 y 64 años de edad; mientras que hay 137 personas con más de 65 años de edad. Es importante recalcar que el grado de marginación para esta localidad es alto (CDI, 2010).

Se tienen en total 416 viviendas habitadas, en donde se estima que el promedio de habitantes por vivienda es de 4.25 (INEGI, 2010).

Educación: los años que en promedio asisten a la escuela en esta localidad son 5.92. Aproximadamente el 17% de la población en edad de leer y escribir es analfabeta. En contraste, el 12.8% de dicha población en edad de leer y escribir, tiene estudio de educación pos-básica (INEGI, 2010).

La localidad presenta dos escuelas prescolares, una escuela primaria, una telesecundaria, un bachillerato Integral Comunitario (BIC); asimismo brinda educación superior a través del Instituto Superior Intercultural Ayuuk (ISA).

Salud: la comunidad cuenta con un centro de salud en un horario que concluye a las 4 PM. Son comunes las deficiencias en medicamentos, sustancias y equipo; e inclusive temporadas en que no se ofrece el servicio. No hay servicio de ambulancia, ni consulta a domicilio. Los partos y las emergencias obstétricas deben ser atendidos en María Lombardo. En esta comunidad las enfermedades más frecuentes son: diabetes e hipertensión (Victoriano, 2015).

Servicios de agua, drenaje y energía eléctrica: la comunidad cuenta con energía eléctrica y servicios de agua potable aunque esta última deficiente. Es común que los mismos pobladores obtengan agua de pozos. Algunas viviendas cuentan con servicio de drenaje; sin embargo es posible encontrar viviendas con letrinas secas y que dirigen el desecho de aguas grises hacia el huerto familiar, o bien al arroyo más cercano.

Telecomunicación: la comunidad cuenta con los servicios de radio y televisión; así como de telefonía e internet, sin embargo estos dos últimos son proporcionados por negocios familiares o la caseta rural. La señal llega a través de satélite, de tal manera que es común la interrupción de la señal.

Comunicaciones y transporte: la población comercial más cercana a Jaltepec de Candayoc, Oaxaca es la comunidad de María Lombardo. Son dos las vías principales de

acceso terrestre a Jaltepec de Candayoc desde María Lombardo. Ambos caminos constan de tramos pavimentados y de terracería. Se cuenta con servicios de transporte de carga y pasaje colectivo diario entre estas comunidades, mismo que finaliza alrededor de las 6 PM. Asimismo, se puede contratar servicio de taxi para salir de la comunidad.

Migración: el estudio más reciente de INEGI especifica que aproximadamente el 1.5% de la población mayor a 5 años en el 2005 vivían fuera de la entidad. Cifra menor, en comparación al municipio, que es de 2.9%. El total de la población económicamente activa es de 613. El porcentaje de la población, en edad de ser económicamente activa y que está desocupada es el 2.5% (INEGI, 2010).

Organización social: esta comunidad está regida por el sistema de usos y costumbres, donde la asamblea es la máxima autoridad y está constituida tan sólo por los comuneros. En dicha Asamblea se eligen los representantes del pueblo y los cargos para el servicio de la comunidad. Este sistema es uno de los principales mecanismos de impartición de justicia en la comunidad. Cabe mencionar que los cargos otorgados por la Asamblea no son remunerados. El trabajo comunitario o tequio es de vital funcionalidad en este sistema de organización. En Jaltepec, el principal representante de la comunidad es el Comisariado. Asimismo existen los cargos relacionados al manejo del área forestal, este último cargo dura tan sólo un año, lo que dificulta el seguimiento y mejora del aprovechamiento de la unidad forestal.

4.1.4 Principales actividades económicas:

Las principales actividades económicas llevadas a cabo en Jaltepec de Candayoc corresponden al sector primario. En lo que respecta a este sector, esta comunidad se caracteriza por una diversificada producción agrícola de café, limón y maíz; así como una actividad ganadera y forestal importante.

4.2 Metodología MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad)

La metodología que será utilizada para llevar a cabo los objetivos de este proyecto es MESMIS por las razones descritas anteriormente en la revisión de literatura y porque además es una metodología ampliamente probada desde 1999 (Astier *et al.*, 2008). Esta metodología es de tipo mixto en paralelo; es decir, es un estudio simultáneo de datos cuantitativos y cualitativos cuyos resultados son complementarios (Hernández *et al.*, 2008). A continuación se describen los métodos para el cumplimiento de cada paso de este proceso.

4.2.1 Delimitación del objeto de estudio

4.2.1.1 Sistemas agrícolas de evaluación. Con base a los términos utilizados en MESMIS (GIRA, 2008), los sistemas agrícolas de producción de limón persa que serán evaluados son:

- Sistema Agrícola de Referencia (SAR): Monocultivo de limón persa.

- Sistema Agrícola Alternativo (SAA): Sistema agrisilvícola de limón persa con la tecnología de cultivo en callejones.

4.2.1.2 Caracterización de la producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc,

Oaxaca. Se llevó a cabo la aplicación de 10 entrevistas semiestructuradas a productores de limón persa del Anexo I. El número de encuestas fue determinado bajo el criterio de saturación, que establece que se detienen las encuestas una vez que el patrón de respuesta se va repitiendo y no presenta información suplementaria (Hernández *et al.*, 2008). Así también se efectuó una revisión de literaturar y recorridos en la zona agrícola de cultivo perenne para identificar y georreferenciar con el uso de un GPS (Garmin MR) parcelas de producción de limón persa y realizar observaciones de campo. Dichos puntos fueron ubicados en el programa Google Earth que corresponden al año 2007. Igualmente se determinó el pH y textura del suelo según la NOM-021-RECNAT (2002) a través de la obtención de muestras compuestas generadas de un muestreo sistematizado a una profundidad de 0 a 30 cm.

4.2.2 Determinación de los puntos críticos

Estos se definieron con base a la caracterización, la observación en campo, aplicación de entrevistas a personas clave; así como resultado de las encuestas de los Anexos I y II.

4.2.3 Selección de indicadores

Con base al punto anterior se procedió a la selección de indicadores que más se ajustaran a los puntos críticos (fortalezas y debilidades), que fueran factibles a ser medidos y que estuvieran al alcance (en tiempo y recursos) de esta investigación.

4.2.4 Medición y monitoreo de los indicadores

Dada la naturaleza multivariable de esta metodología, en este apartado se describen los diversos métodos y materiales que fueron utilizadas para medir cada uno de los indicadores seleccionados.

De manera general los indicadores económicos y sociales se obtuvieron de la revisión literaria y la aplicación de entrevistas semiestructurada de los Anexos II. y III., dirigidas a 10 productores de limón persa de la comunidad. Los indicadores ambientales se obtuvieron en campo a partir de muestras compuestas de 0 – 30 cm generadas de un muestreo sistematizado y bajo los criterios de la NOM-021-RECNAT.

Los métodos, herramientas y técnicas utilizadas se abordan a continuación para cada indicador según los atributos que propone MESMIS.

4.2.4.1 Productividad

Rendimiento del limón

En entrevista con el productor de la parcela representativa se estimó el número de rejas de limón cosechadas en el 4^{to} año del establecimiento del sistema. Cada reja pesa en

promedio 28.5 kg. El rendimiento se obtuvo de sumar los kg que se cosecharon en el 4^{to} año de edad de cultivo y dividirlo entre el número de ha, siendo sus unidades $t\ ha^{-1}$.

Se estableció como el valor mínimo de rendimiento $5\ t\ ha^{-1}$ (Curti *et al.*, 2000) y el óptimo $21.4\ t\ ha^{-1}$ que es el rendimiento máximo obtenido y registrado en Tlapacoyan, Veracruz, en una de las principales localidades productoras de limón persa en el país (Caamal *et al.*, 2014).

Relación Beneficio Costo (B/C)

Para fines de esta investigación, los beneficios (B) son los ingresos monetarios que el productor obtiene de la venta de sus productos por cada sistema en 1ha. Esto es resultado de multiplicar el rendimiento anual del limón persa ($t\ ha^{-1}$) por el precio de venta ante el intermediario¹. En el caso del sistema alternativo agroforestal se sumó los beneficios del maíz.

Los Costos (C) se estimaron a partir de la suma de los siguientes conceptos para el 4^{to} año de producción:

- Consumos intermedios: agroquímicos, semilla, plantas, etc.
- Las depreciaciones: que son amortizaciones de los costos de establecimiento; así como de las herramientas y equipo.
- Mano de obra (autoempleo y contratada).
- Otros gastos: renta de maquinaria y combustible.

¹ Precio ponderado del limón persa calculado a partir del historial de venta; mayo 2014-abril 2015 del sistema agroforestal Limón + Maíz (SAA) y que fue estimado en $\$3.56\ kg^{-1}$

Superficie requerida para cubrir la línea de bienestar familiar

Para calcular este indicador se requiere estimar previamente dos datos: 1) el Ingreso del Sistema Mensual (ISM) en 1 ha; y 2) el ingreso económico que una familia de 4 integrantes² requiere para cubrir sus necesidades alimenticias y no alimenticias; conocida como línea de bienestar familiar (CONEVAL, 2015).

El ISM ha⁻¹ se estimó a partir del método “Diagnóstico agrario” descrito en Uribe (2012) con sus pertinentes modificaciones para ajustar los cálculos.

En lo que respecta a la estimación del ingreso mínimo que una familia de 4 integrantes requiere para cubrir la línea de bienestar familiar, esta se definió según el CONEVAL (2015) en $\$1,658.54 \times 4 = \$6,634.31$; más un 10% que es el porcentaje óptimo que los especialistas en finanzas recomiendan para seguir invirtiendo y ser rentables. De tal manera que el valor resultante es de: $\$6,634.31 \times 1.10 = \$7,297.40$.

Finalmente se sustituyen los datos obtenidos en la siguiente fórmula para obtener el dato de la superficie requerida para cubrir la línea de bienestar familiar:

$$= \frac{ISM \text{ ha}^{-1}}{\text{Monto Línea de bienestar familiar}} = \frac{ISM \text{ ha}^{-1}}{\$7,297.40}$$

² Promedio de miembros de una familia en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca (INEGI, 2010).

4.2.4.2 Equidad

Requerimiento de mano de obra

Se midió en número de jornales requeridos en el 4^{to} de año de producción a partir de la entrevista del Anexo III. Este instrumento fue dirigido a productores de cada sistema.

4.2.4.3 Adaptabilidad

Tradiciones, tecnologías y conocimientos agrícolas ancestrales que se practican

A partir de entrevistas abiertas con informantes clave y de la consulta bibliográfica se identificaron cinco tradiciones, conocimientos y/o tecnologías indígenas o ancestrales de la comunidad relacionadas a actividades del campo aplicables a los sistemas de estudio, estas son:

1. *Mano y vuelta.*
2. *Ceremonia en siembra y cosecha.*
3. *Uso de espeque para el cultivo de maíz.*
4. *Conocimiento de las fases lunares aplicables al calendario agrícola.*
5. *Cultivo de maíz criollo.*

Una vez identificadas las anteriores prácticas, se aplicó la entrevista semiestructurada del Anexo III, dirigida a diez productores de limón clasificados según el sistema referencial o alternativo.

Se procedió a obtener el indicador aplicando la siguiente fórmula:

$$= \frac{\text{Número de actividades que se practican}}{\text{Número total de estas prácticas}}$$

De esta manera la escala de este indicador es del 0 al 5.

Agrobiodiversidad

Específicamente en este estudio se refiere al número de cultivos que se intercalan. Este dato se obtuvo en campo para corroborar el número de cultivos que se intercalan para el caso del sistema agroforestal.

4.2.4.4 Autonomía / Autogestión

Nivel de organización para la comercialización

En entrevista con informante clave se identificó 3 niveles de organización en la comunidad. Estos niveles han sido clasificados de la siguiente manera:

Nivel 1: No existe ningún tipo de organización

Nivel 2: Están en proceso de organización

Nivel 3: Si existe una organización operante.

Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)

Este índice muestra la proporción de la inversión total que tiene que dedicarse a la compra de insumos externos, para evaluar el grado de dependencia de los sistemas respecto al exterior de la unidad de producción familiar. En entrevista con los productores de las parcelas representativas se identificó y calculó los costos destinados a la adquisición de insumos provenientes del exterior (semillas, fertilizantes, manejo de plagas y enfermedades, herbicidas). La cantidad resultante se dividió entre la suma del monto de insumos externos e internos sin considerar herramientas y equipo.

$$= \frac{\text{monto de insumos externos}}{\text{monto de insumos externos} + \text{monto de insumos internos}} \times 100$$

La escala de este indicador va desde 0% en el escenario de una total independencia de estos insumos hasta 100%, situación en la que el productor es totalmente dependiente de la compra de insumos del exterior.

Nivel de capacitación y asesoría

Se identificó que existen distintos grados de capacitación entre los productores de limón persa. Estos niveles han sido clasificados de la siguiente manera:

Nivel 1: Capacitación en la práctica y por otros productores de Jaltepec de Candayoc y sin asesoría permanente.

Nivel 2: Capacitación y asesoría por otras instituciones de manera única.

Nivel 3: Capacitación y asesoría por otras instituciones de manera constante y práctica.

Esta información se obtuvo de la aplicación del instrumento del Anexo I. Este instrumento fue dirigido a diez productores de limón persa clasificados según el tipo de sistema que practica (referencial o alternativo).

4.2.4.5 Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Contenido de materia orgánica

Para la toma de muestras de suelos se llevó a cabo un muestreo sistematizado en parcelas representativas de cada sistema. Para cada parcela se identificaron las siguientes

zonas: zona de goteo, callejones; y entre hileras de maíz. Para cada una de estas zonas, se obtuvieron con el uso de una pala recta, 15 submuestras de 0 a 30 cm. El conjunto de las submuestras conformaron las muestras compuestas. Este indicador de fertilidad se determinó en un laboratorio de análisis de suelo bajo los procedimientos de la NOM-021-RECNAT (2002).

Aridificación del suelo

Las propiedades que se evaluaron fueron Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) utilizando las mismas muestras compuestas obtenidas para la obtención de materia orgánica y siguiendo el método que establece la NOM-021-RECNAT (2002) para estas variables. Los resultados de ambas variables se analizaron en conjunto y bajo criterio de un experto se concluyó respecto al nivel de probabilidad de presentar aridificación que presentan los suelos de los sistemas bajo los siguientes criterios:

- 1) alta probabilidad de presentar aridificación.
- 2) media probabilidad de presentar aridificación.
- 3) baja probabilidad de presentar aridificación.

Grado de satisfacción de los productores con el sistema

Se establecieron los siguientes criterios para medir el grado de satisfacción de los productores con su sistema de producción.

- 1) Nada satisfecho.
- 2) Poco satisfecho.
- 3) Satisfecho.

4) Muy satisfecho.

Esta información se obtuvo de la aplicación del instrumento del Anexo II, según el tipo de sistema que se practica (referencial o alternativo).

4.2.5 Presentación e integración de indicadores

Con los datos obtenidos de la medición de cada indicador se procedió a:

1. Conjuntar los resultados en una sola tabla o matriz, utilizando las unidades originales.
2. Determinar umbrales o valores de referencia mínimos y máximos para cada indicador.
3. Estandarizar porcentualmente cada indicador a partir de los valores umbrales utilizando la siguiente fórmula (GIRA, 2008):

$$\frac{\text{valor obtenido} - \text{valor mínimo}}{\text{valor óptimo} - \text{valor mínimo}} \times 100$$

4. Asignar un número según el valor estandarizado arriba, tal como se muestra a continuación:

• 0-20%	1
• 21-40%:	2
• 41-60%	3
• 61-80%	4
• 81-100%	5

5. A partir del número estándar asignado para cada indicador y sistema se integraron los resultados en la gráfica multicriterio tipo araña o telaraña.
6. Se analizaron y discutieron cada uno de los resultados de los indicadores por separado, tratando de identificar relaciones de sinergia y de competencia.

4.2.6 Conclusiones y recomendaciones

Se recapitularon los resultados del análisis de los indicadores para emitir un juicio de valor al comparar entre los sistemas. Así mismo se plantean estrategias y recomendaciones. Igualmente se generaron opciones para optimizar cada indicador evaluado con base a la consulta bibliográfica y la aplicación de 10 entrevistas semiestructuradas del Anexo IV.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterización de la producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

5.1.1 Características generales

En Jaltepec de Candayoc, Oaxaca se produce el limón persa cuyo nombre científico es *Citrus latifolia*.

La precipitación y temperatura media anual que presenta la comunidad de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca está dentro de los rangos que el INIFAP (2008) considera propicios para un potencial medio de producción, dado que tanto la precipitación como la temperatura exceden el rango óptimo. En lo que respecta a la altitud, según esta misma instancia, altitudes entre 0 y 92 msnm presentan bajo potencial de producción.

Actualmente son 96 los productores que se dedican a este cultivo y 103 las parcelas de limón persa. El 1.38% de la superficie del ejido está destinada a este cultivo con 208 ha.

Las parcelas de limón persa pueden encontrarse en la zona alta (entre 100 y 150 msnm) y la zona baja (50 msnm). Las parcelas de la zona baja tienen como antecedente de uso de suelo, cultivos de naranja y maíz (criollo o híbrido); a diferencia de la zona alta, en

donde su implementación ha requerido un cambio de uso de suelo de vegetación secundaria a cultivo perenne. En este último caso se establece después de un proceso de roza-tumba-quema. Tal como muestra la Figura 4, la zona baja de plantaciones de limón y maíz está localizada en un área bien delimitada contigua al río Jaltepec y caracterizada por una planicie a 50 msnm con una pendiente alrededor del 3%.

Se registró que el cultivo de limón en la comunidad es practicado tanto por los jóvenes como por los ejidatarios de mayor edad.

La Figura 6 muestra las parcelas que poseen el tipo de cultivo y tecnología de interés de este estudio.

5.1.2 Sistemas de producción de limón persa

Predominantemente, después del 4^{to} año de establecido el cultivo las parcelas son monocultivos.

De las 103 parcelas de limón persa, 13 están en desarrollo y se encuentran diversificadas (Victoriano, 2015). La práctica de intercalar maíz u otro cultivo entre los árboles de limón en crecimiento es común en Jaltepec de Candayoc. Existen actualmente 13 parcelas de limón diversificadas con naranja, lichi, frijol, mango, maíz, café o plátano; sin embargo lo más común es que se intercale con frijol, chile soledad y principalmente maíz los primeros años; esto lo hacen para aprovechar mejor el espacio y obtener alimento para autoconsumo y venta.

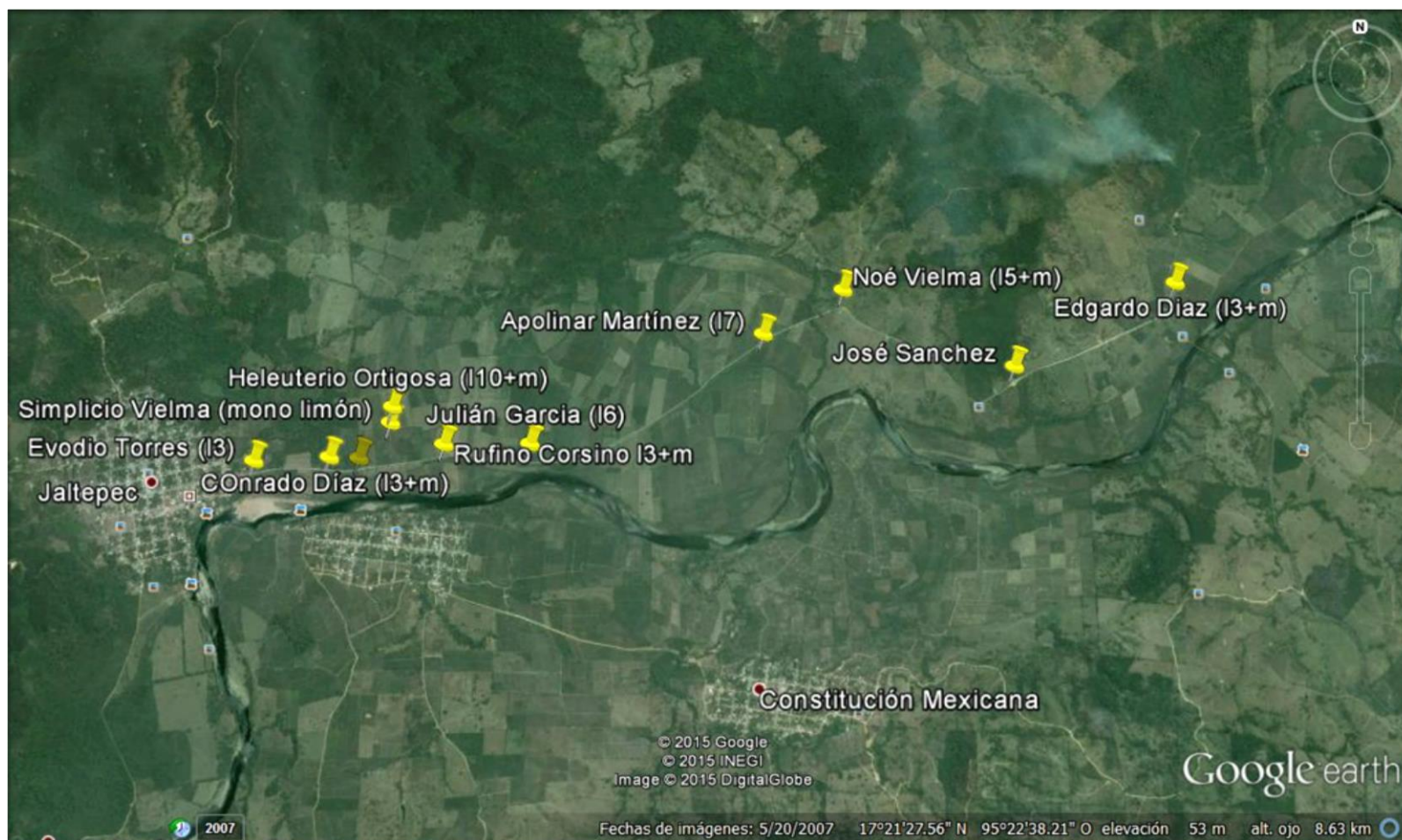


Figura 6. Identificación de parcelas de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.
Fuente: elaboración propia utilizando imágenes de Google Earth (2007).

La mayor parte de los productores entrevistados coinciden en que se puede introducir un cultivo entre las plantas de limón hasta el 4^{to} año; sin embargo no todos los productores acostumbran intercalar hasta esta edad.

Las razones por las cuales los productores no intercalan otro cultivo después del 4to año de edad de la planta de limón se exponen a continuación:

- *El limón no quiere sombra, se molesta. Los limones se ponen amarillos. Por eso hay que quitar el monte (las hierbas que crecen entre los callejones).*
- *No hay espacio para cultivar otra cosa, el limón se pone frondoso.*
- *El polen del maíz afecta el limón.*
- *Al limón si lo tapas (por ej. Con el maíz) solo crece hacia arriba, no hace árbol.*
- *Las plagas del maíz pueden irse al limón.*
- *Estorba al momento de caminar.*

Por otra parte, en el plantel educativo Instituto Intercultural Superior Ayuuk (ISIA) se está experimentando introduciendo cultivos de cobertura con *Canavalia ensiformis* entre las hileras del limón de 4 años con un arreglo de 6 x 6 m aproximadamente.

En campo se observó una parcela de 10 años de edad que cuenta con maíz intercalado en arreglo de mosaico. El maíz se sembró temporalmente en los espacios dejados por árboles caídos por plaga o poca productividad, dejando un espacio cercano a 3 m de distancia entre el limón y el maíz. El productor reporta que no ha tenido problema con este arreglo.

Excepcionalmente existe un caso cuyo arreglo topológico permite el intercalado de maíz con el limón más allá del 4^{to} año porque el arreglo agroforestal presenta un callejón de 13 m que facilita que las plantas de maíz no compitan con el limón.

Cabe hacer notar que el arreglo espacial de marco real de las plantas de limón con un distanciamiento de 6 x 6 m (o similar) es la principal limitante para intercalar otro cultivo entre las plantas de limón más allá del 4^{to} año.

5.1.3 Portainjertos

Se utiliza el patrón de la naranja valenciana (cuche) principalmente, seguido por el volkameriana y el C-45. Los dos primeros patrones inician su producción entre los 3 y 4 años de edad y alcanzan a sobrevivir más de 18 años; a diferencia del patrón C-45 que inicia su producción a los 2 años, la desventaja de este último es que envejece muy rápido, sobreviviendo tan sólo de entre 5 y 6 años (Victoriano, 2015).

El portainjerto de naranjo Agrio o “Cucho”, *Citrus aurantium*, es uno de los portainjertos considerados como bien adaptados, junto con el limón Volkameriana y limón Macrofila ya que producen altos rendimientos y fruta de buena calidad en la mayoría de las condiciones. Es de crecimiento rápido y uniforme en vivero. Crecen bien en campo, pero menos que Macrofila o Volkameriana, por lo que se pueden plantar a menor distancia que los anteriores. Uno de los principales factores limitantes del *Citrus aurantium* es su alta susceptibilidad a ser atacado por el virus de la tristeza y los nematodos (Curti *et al.*, 2000)

5.1.4 Establecimiento

La planta de limón persa proviene principalmente de las comunidades aledañas de Francisco Villa y San José de las Flores. La plantación se hace cuando la planta ha alcanzado una altura entre 70 y 80 cm. La plantación es manual en un arreglo de marco real a una distancia entre 5.5 y 6 m (medición en campo y aplicación de encuestas). Se realizan cepas de 30 cm de profundidad y 20 cm de diámetro (Victoriano, 2015).

La plantación se lleva a cabo de septiembre a enero, una vez que ha concluido la canícula (julio y agosto). Para la preparación del terreno se utilizan machetes o motosierras; y en algunos casos, tractores (Victoriano, 2015). La limpieza del terreno se efectúa alrededor de un mes previo a la plantación.

5.1.5 Textura y pH de suelo

Se determinó una textura franco limoso con pH ácidos entre 4.96 y 5.22.

Se recomiendan suelos de textura franca; preferiblemente franco-arenosos. No son recomendables los suelos arcillosos (CENSPLPLPCLL, 2008). Los sitios con buen drenaje son esenciales para obtener un crecimiento satisfactorio y una buena producción de frutos (Malo y Campbell, 1994; CENSPLPLPCLL, 2008).

Según lo reportado por Curti *et al.* (2000), los suelos donde se cultiva limón persa, deben estar dentro del rango de pH entre 6.0 y 7.0. Si se encuentra en un pH muy ácido

(4.0 a 5.0) corre el riesgo de presentar baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; en cambio, el aluminio, cobre, hierro y manganeso alcanzan un alto nivel de solubilidad que puede llegar a ser tóxico.

5.1.6 Fertilidad de suelos

En opinión de los mismos productores e informantes clave, los suelos de la zona baja se consideran de buena fertilidad, esto los productores lo explican por la inmediatez del río Jaltepec que al desbordarse fertiliza de manera natural las zonas de cultivo aledañas a este.

5.1.7 Manejo de plagas, enfermedades y arvenses

Existe una gran dependencia del uso de agroquímicos para el manejo de plagas y enfermedades. Las principales plagas reportadas por los productores son: gomosis, araña roja y ácaros, estos últimos en menor medida. Controlan rebrotes o malezas tanto con el uso de herbicidas como con machete (existe la creencia de que lo más recomendable es dejar los pasillos entre árboles libres de hierbas).

5.1.8 Fertilización

Los fertilizantes suelen ser foliares desde el primer año de plantación; aunque algunos productores suman fertilizantes sólidos a partir del 4^{to} año.

Cuando el limón está en desarrollo (1^{er} y 2^{do} año) se fertiliza cada mes o cada dos meses. Después del 3^{er} año de edad, la fertilización se lleva a cabo después del corte, que es cada 15 días, por lo regular.

Aunque pocos, algunos productores hacen uso de estimulantes hormonales para incrementar la floración.

5.1.9 Encalado

La cantidad de cal y la frecuencia de aplicación es muy variable entre los productores. Existen algunos que aplican año con año y otros de manera irregular. Durante los primeros cuatro años, las cantidades varían desde 150 hasta 500 kg ha⁻¹.

5.1.10 Riego

Se observa que no existe sistema de riego para las parcelas de limón persa.

5.1.11 Poda

Por lo general se realiza una poda (en el mes de septiembre); y una eliminación de renuevos tiernos una vez al año aunque existen productores que realizan de dos a cuatro podas al año para la eliminación de renuevos.

En la poda se eliminan las ramas secas y aquellas que tengan dirección hacia arriba o abajo; así como las ramas cruzadas con otras. Igualmente se eliminan los “chupones” del portainjerto.

Los deshijes son manuales; para la poda se utilizan tijeras podadoras, serruchos y limas para afilar.

Algunos productores aplican un preparado de cal para cubrir las heridas generadas de la poda.

5.1.12 Mano de obra

Los jornales para la producción provienen del trabajo del productor principalmente y la contratación de jornaleros de la misma comunidad o provenientes de otros sitios del municipio. En comparación al cultivo de maíz, el limón persa es un cultivo que requiere atención continua durante todo el año, de tal manera que la demanda de mano de obra es mayor. Se debe señalar que hay productores que se ayudan mutuamente entre unidades domésticas a través de la “mano y vuelta”.

5.1.13 Cosecha y rendimiento

En Jaltpec de Candayoc, Oaxaca, el rendimiento promedio del monocultivo de limón persa está alrededor de 13.8 t ha⁻¹ (Victoriano, 2015).

La mayor producción se obtiene en los siete meses de mayor precipitación; particularmente se concentra en junio, julio y principios de agosto.

5.1.14 Comercialización

La producción de limón persa es destinada principalmente para la comercialización. Existen dos vías de venta, la primera es en la huerta con el intermediario y la segunda es a través de acudir a la acopiadora de la comunidad de Francisco Villa. Por ambas vías el destino final son las acopiadoras de mayor rango en Martínez de la Torre Veracruz. El precio de la reja de limón está en función de la producción en la región y es establecido por

los acaparadores o intermediarios (Victoriano, 2015). En los meses de mayor producción los precios de venta son bajos; en contraste a los meses de marzo y abril que presentan baja precipitación y por tanto baja producción; en estos meses los precios de venta son altos.

Los productores en Jaltepec de Candayoc aseguran que los intermediarios pagan a precios muy bajos que resultan “injustos” (Rodríguez, 2008).

Actualmente existe una organización de 17 productores de limón persa en Jaltepec de Candayoc que se ha constituido como cooperativa para gestionar recursos ante la CDI con la finalidad de instaurar un centro de acopio que facilitaría el resguardo de mayores cantidades de limón y la posibilidad de negociar el precio de manera más conveniente para ellos; y así también reducir los intermediarios entre ellos y el destino final. Este proceso sigue en gestión y cabe mencionar que no es la primera vez que se intenta algo similar en la comunidad.

5.1.15 Capacitación

En entrevista con uno de los técnicos de la junta local de sanidad vegetal en San Juan Cotzocon, mencionó que difícilmente se visita Jaltepec de Candayoc para capacitación debido a que pertenece a un municipio que posee pocas ha destinadas a este cultivo. Esta información es similar a lo obtenido por Victoriano (2015) quien reporta que los productores de limón en la comunidad de Jaltepec no han recibido capacitaciones referentes a la producción de limón que incluya todas las etapas de manejo.

5.1.16 Práctica de conocimientos, tecnologías y tradiciones ancestrales

De la entrevista a informantes clave se identificaron cinco tradiciones, conocimiento y/o tecnologías agrícolas ancestrales que se practican en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca relacionadas a actividades de campo aplicables a los sistemas de estudio, estas son:

1. *Mano y vuelta.*
2. *Ceremonia en siembra y cosecha.*
3. *Uso de espeque para el cultivo de maíz.*
4. *Conocimiento de las fases lunares aplicables al calendario agrícola.*
5. *Cultivo de maíz criollo.*

A continuación se describe cada una de estas prácticas y su estado actual con información obtenida de las entrevistas a los productores de limón persa en la comunidad.

Mano y vuelta

En algunas comunidades de la zona mixe se recurre a la mano y vuelta para asegurar el trabajo agrícola en ausencia de trabajadores o recursos económicos (CEA, 2006). Esta actividad consiste en invitar a otros productores a sembrar y/o cosechar juntos. El productor beneficiado se compromete a devolver el favor, participando en la siembra y/o cosecha de las parcelas de los productores que lo apoyaron.

De manera general los productores entrevistados comentan que ya no se practica la mano y vuelta o que se está perdiendo. Una de las razones es que ahora ya hay tractores y que el cultivo de maíz es predominantemente bajo el modelo de labranza de conservación, en donde ya no se requiere tanto trabajo. Un productor entrevistado

comenta que no siempre los campesinos regresaban el favor; sin embargo, aunque cada vez menos, esta actividad aún se practica, inclusive entre productores jóvenes. Uno de los productores jóvenes comentó que pide apoyo a sus amigos porque de esta manera no requiere desembolsar dinero.

Ceremonia ritual

Después de la aplicación de la entrevista semiestructurada del Anexo II, se seleccionaron algunos fragmentos que se presentan a manera de síntesis y que tienen como finalidad generar un primer acercamiento para comprender mejor en qué consiste la ceremonia y cuáles son las causas asociadas para que no se lleve a cabo esta práctica.

En la siembra de maíz se llevaba copal, veladora, mezcalito; y un viejito, el que va hacer la costumbre, es el que ofrece la sangre del pollo y pide por el productor. La Sra., con o sin ayudante, hace su caldito. Se sientan todos. Algunos hacían el tamal blanco, y lo compartían con la gente... Ya nadie lo hace. En el 2005 fue la última vez. Aunque si hay personas que acostumbran. Por ejemplo en el café cuando van a cosechar si lo hacen. No hacen el matar el pollo, ya compran el pollo hecho... Cuando el abuelo se acordaba si hacíamos la matanza del pollo. Puede que alguien lo haga, pero ahora lo hacen de manera familiar.

Otro productor menciona que si procura hacer el rito pero ahora con un nuevo significado y de manera familiar, sin trabajar, solo van a comer: *Lo hago para que no se lastime uno, no para producir más (como su papá creía).*

Uso de espeque

Esta es una práctica ancestral asociada al cultivo de maíz que implica el manejo de cultivo de conservación. Se le llama espeque a cualquier palo del monte que tiene como fin hacer orificios en el suelo donde se introducirán las semillas.

La mayoría de los productores de Jaltepec que al día de hoy cultivan maíz lo hacen bajo el modelo de labranza de conservación, en esta técnica se puede utilizar tanto la sembradora como el espeque.

Se ha observado que cuando el productor intercala limón con maíz la selección de sembradora o espeque esta favorecida por los siguientes factores: cuando la pendiente del terreno es plana y la posibilidad de hacer maniobras en las orillas del terreno lo permiten, el productor opta por la sembradora. Cuando los árboles están muy desarrolladas y no hay espacio para usar la sembradora o cuando la cantidad de hileras de maíz entre el limón es pequeña, el productor opta por el espeque.

Aplicación del conocimiento de la luna para actividades agrícolas

Este es un conocimiento que ha sido heredado generación tras generación y de boca en boca. Aunque el cultivo de limón es de reciente incorporación, apenas 20 años, los productores han hecho transferencias aplicables a este nuevo cultivo. Esta actividad ancestral es la más practicada entre los productores de limón en esta comunidad.

A continuación algunos fragmentos respecto a lo que se conoce sobre el efecto de la luna en las actividades agrícolas:

- En luna tierna, el maíz no se pica.
- Se debe injertar o podar en luna nueva.
- Los injertos deben hacerse en enero y febrero en luna tierna.
- Las podas y deshijes deben hacerse en luna menguante para evitar que salgan rápidamente los retoños.

Cultivo de maíz criollo

Las variedades de maíz criollo que se encuentran en Jaltepec de Candayoc son el olotillo, el amarillo y el crema; sin embargo es poco probable encontrar quienes cultiven los dos últimos.

En entrevista con personas clave de la comunidad se mencionó reiteradamente que cada vez son menos los campesinos y las parcelas sembradas con maíz criollo. Según los productores entrevistados, el maíz híbrido produce más y genera mayores ganancias. Se identifica la zona alta como en la que más se utiliza el maíz criollo dado que es menos propensa a que se acame.

Es importante resaltar que no sólo es el cultivo de maíz criollo el que cada vez es menos frecuente en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca; sino también el cultivo de maíz por sí mismo. De los 10 productores entrevistados, siete de ellos contaban con tierras destinadas al cultivo de maíz, mismas que cambiaron al cultivo de limón. Los encuestados refieren como una de las razones de cambio a que por lo general la cosecha de limón es cada 15 días y por tanto, el ingreso económico es constante, a diferencia del maíz.

5.2 Determinación de los puntos críticos

Con base a la metodología MESMIS (Astier *et al.*, 2008), Los puntos críticos son entendidos como las fortalezas y debilidades de los sistemas bajo estudio. Estos se muestran a continuación:

Fortalezas:

- Textura del suelo propicia para el desarrollo del cultivo.
- El limón persa como un cultivo en expansión.
- Ingresos que satisfacen los ingresos familiares.
- Suelos fértiles.
- Producción e ingresos mensuales constantes (en comparación al cultivo de maíz).
- Fuente de empleo.
- Práctica de tecnologías, conocimientos y tradiciones agrícolas ancestrales.

Debilidades:

- Distribución desigual de la producción debido a la heterogeneidad de la precipitación a lo largo del año.
- Precios bajos en la época de mayor producción.
- Mejores precios de la venta de limón en los meses de menor producción.

- Acumulación de seis meses de baja precipitación. Probabilidad de aridificación del suelo.
- Tendencia al monocultivo.
- Bajos rendimientos.
- Bajos precios de la venta del limón.
- Falta de organización para la producción de planta y comercialización.
- Alta dependencia al uso de insumos externos.
- Falta de capacitación.
- Acidez del suelo.

5.3 Selección de los indicadores estratégicos

Siguiendo el método establecido se generó una lista de 12 indicadores del ámbito social, económico y ambiental. Estos fueron clasificados según los atributos de la sustentabilidad a los que hace referencia MESMIS tal como se muestran en el Cuadro 3.

5.4 Medición y monitoreo de los indicadores

Para cada atributo, punto crítico e indicador se ha definido un método de medición, mismo que puede consultarse en el Cuadro 3.

5.5 Presentación e integración de los indicadores

5.5.1 Presentación de resultados

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos en este estudio para cada indicador.

Cuadro 3. Indicadores estratégicos, ámbito de evaluación, y método de obtención de datos para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Punto crítico	Indicador	A^z	MM_y
Productividad	Eficiencia	D: Bajos rendimientos. F: Ingresos que satisfacen los requerimientos de una familia.	1. Rendimiento del limón. 2. B/C. 3. Superficie requerida para cubrir la línea de bienestar familiar.	E	b, c b, c d, c
	Distribución de recursos	F: Fuente de empleo	4. Jornales requeridos anualmente	S	B
Adaptabilidad	Capacidad de adaptación	F: Practica de tecnologías, conocimientos y tradiciones agrícolas ancestrales	5. Número de tradiciones, conocimientos y tecnologías agrícolas ancestrales que se practican	S	a
	Diversidad	D: Tendencia al monocultivo	6. Agrobiodiversidad	A	E

Autonomía / Autogestión	Organización	D: Bajos precios de la venta del limón.	7. Nivel de organización para la comercialización	S	e
	Autosuficiencia	D: Alta dependencia de insumos del exterior	8. Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)	E	b, c
	Vulnerabilidad	D: Poca o nula capacitación	9. Nivel de capacitación	S	a
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Reciclaje de nutrientes	F: Buena fertilidad	10. % Materia orgánica	A	e, f
	Suceptibilidad ante variaciones ambientales	D: Aridificación del suelo en temporada crítica.	11. Nivel de probabilidad de aridificación	A	e, f
	Permanencia	F: Cultivo en expansión.	12. Grado de satisfacción de los productores con el sistema.	S	a

^zÁmbito: (A) ambiental, (E) económica, (S) social

^yMM: Métodos de medición: (a) encuestas, (b) Entrevista, (c) Cálculo, (d) Revisión de literatura, (e) medición en campo, (f) análisis de laboratorio

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4. Presentación de resultados de los indicadores de sustentabilidad para el sistema monocultivo de limón persa y el sistema agroforestal.

Atributo		Indicador	Unidad	SAR ^z limón	SAA ^y limón + maíz
Productividad	Rendimiento limón		t ha ⁻¹	13.5	14.2
	B/C		Coeficiente	1.62	1.75
	Superficie requerida para cubrir la línea de bienestar familiar		ha	3.3	2.0
Adaptabilidad	Práctica de tradiciones, conocimientos y/o tecnologías ancestrales		Coeficiente Cultivos intercalados al limón persa	0.60	0.80
	Agrobiodiversidad			0	1
Autonomía y autogestión	Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)		%	100	100
	Organización para la comercialización		N.A.	En proceso	Ninguna
	Capacitación profesional y asesoría		N.A.	Ninguna	Ninguna
	Requerimiento de mano de obra anual		Jornales	102	148

Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Materia orgánica	%	1.48	1.21
	Aridificación del suelo	N.A.	Baja probabilidad ^w	Baja probabilidad
	Grado de satisfacción	N.A.	Satisfecho	Satisfecho

^z Sistema Agrícola Referencial

Fuente: elaboración propia

^y Sistema Agrícola Alternativo

^w Baja probabilidad de presentar aridificación

En las líneas siguientes se presenta un análisis de los resultados obtenidos para cada indicador según su atributo.

5.5.1.1 Productividad

Rendimiento del limón

Los resultados del conteo del historial de cosecha del 4to año de producción para el sistema alternativo agroforestal: limón + maíz muestran que el sistema produce 14.2 t ha⁻¹. En lo que respecta al monocultivo de limón, el rendimiento en la comunidad está alrededor de 13.5 t ha⁻¹ (Victoriano, 2015).

Tanto el rendimiento del sistema referencial de monocultivo como el agroforestal de limón persa con maíz presentan valores muy por encima del valor mínimo reportado por Curti *et al.* (2000) que es de 5.0 t ha⁻¹. Sin embargo ambos presentan valores similares al rendimiento del promedio nacional que es de 14.3 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Ambos resultados están muy por abajo del máximo rendimiento registrado en una de las principales zonas

productores de limón persa, Tlapacoyan, Veracruz, y que es de 21.4 t ha^{-1} (Caamal *et al.*, 2014).

Cuando se comparan los rendimientos que presenta este sistema al 4to año de edad, se observan rendimientos similares a los obtenidos en producciones de 5 años de edad en Florida bajo un manejo óptimo de fertilización química y sin riego (Campbell, 1984).

Para Maldonado *et al.* (2008) un bajo rendimiento es atribuible al manejo inadecuado de la fertilización de las plantaciones; por su parte Curti *et al.* (2000) lo atribuyen a la poca tecnificación del cultivo y a factores limitantes de la producción como son: suelos degradados con poca retención de humedad y baja fertilidad, acidez o alcalinidad extrema, deficiente drenaje, plagas, enfermedades y distribución errática de la precipitación, entre otros.

Relación B/C

Es una medida que refleja la relación entre los ingresos y los costos de producción; de manera puntual este indicador permite estimar cuánto dinero obtiene el productor de la venta de su producto por cada peso que invierte.

El beneficio que es entendido también como ingreso es estimado a partir del rendimiento multiplicado por el precio de venta tal como se muestra el Cuadro 5.

Cuadro 5. Beneficios anuales por ha obtenidos para cada sistema de evaluación.

Sistema de producción	Rendimiento	Precio de venta	Beneficio (m.n)
-----------------------	-------------	-----------------	--------------------

	(t · ha ⁻¹)	(\$ · kg ⁻¹)	
SAR: limón persa	13.5	\$3.56 ^z	\$48,024.40
SAA: Limón + Maíz			
Limón persa	14.2	\$3.56	\$50,516.40
Maíz	2	\$5.00	\$10,000.00
			\$60,516.40

^z Precio ponderado del limón persa calculado a partir del historial de venta: mayo 2014-abril 2015.

Fuente: elaboración propia.

Los costos fueron estimados a partir de los conceptos que se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición de costos anuales por ha para cada sistema de evaluación.

Concepto	SAR: Limón	SAA: Limón + Maíz
Fertilizantes	\$6,368.00	\$2,000.00
Herbicidas	\$480.00	\$1,665.00
Plaguicidas	\$1,971.00	\$1,960.00
Cal	\$500.00	\$350.00
Semilla (maíz)	-	\$1,200.00
Subtotal	\$9,319.00	\$7,175.00
Otros gastos		
Renta de maquinaria y combustible	-	\$250
Costo de la renta de la tierra	\$4,000.00	\$4,000.00
Costos amortizados		
Plantas	\$250.00	\$180.00
Herramientas y equipo	\$805.22	\$790.10
Mano de obra		
Mano de obra contratada	\$6,990.00	\$4,650.00
Autoempleo	\$8,290.00	\$17,500.00
Subtotal	\$15,280.00	\$22,150.00
Total	\$29,654.22	\$34,545.10

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se estimó la relación B/C tal como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Relación B/C por ha para cada sistema de evaluación.

Sistema de producción	Beneficios	Costos	Relación B/C
	(m.n.)		
SAR: Limón persa	\$48,024.40	\$29,654.22	1.62
SAA: Limón + Maíz	\$60,516.40	\$34,545.10	1.75

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse ambos sistemas generan ganancias para el productor dado que la relación B/C es mayor a 1. Comparando ambos sistemas puede notarse que el sistema agroforestal presenta un ingreso adicional de \$0.13 por cada peso que se invierte en comparación al monocultivo.

Ahora bien, cuando se analiza la composición de los costos puede observarse que el mayor costo para el sistema agroforestal corresponde al autoempleo, rubro que en sí mismo representa el 51% de los costos del sistema; a diferencia del monocultivo que es sólo 28%. Cabe hacer notar que el sistema agroforestal ingresa aún una mayor cantidad de dinero debido a que invierte más a través de la propia mano de obra del productor y no de un desembolso económico.

Un estudio realizado en un sistema MIAF (milpa intercalada con árboles frutales), reportó una relación B/C de 1.52 para un sistema establecido en laderas (Cortés *et al.*, 2005). Relación por debajo de lo obtenido en este estudio para ambos sistemas.

La relación obtenida para ambos sistemas es baja si se compara con lo registrado por Montiel *et al.* (2006) en donde se obtuvo una relación B/C de 2.80 para un sistema agroforestal compuesto por mango + limón en el estado de Michoacán. Cabe resaltar que en este estudio tan sólo el monocultivo de mango presenta una relación B/C de 1.54.

Por otra parte, Caamal *et al.* (2014) reportó una relación B/C de 1.34 para el monocultivo de limón persa en Tlapacoyan, Veracruz. Cantidad que está por abajo de la relación B/C de ambos sistemas de estudio. Tanto los costos de producción y precios de venta reportados por Caamal *et al.* (2014), son muy inferiores a los obtenidos en este estudio; asimismo este autor no considera los costos de amortización por establecimiento, herramientas y equipo.

Superficie requerida para cubrir la línea de bienestar familiar

Para el cálculo de ISM ha⁻¹ se retomó los valores de costos que se muestran en el Cuadro 6. A estos valores se les ha sumado la columna autoempleo para obtener el ingreso, tal como puede observarse en el Cuadro 8. Lo anterior debido a que bajo el método seleccionado el autoempleo no es un desembolso económico que el productor lleva a cabo.

Cuadro 8. Superficie para cubrir la línea de bienestar familiar para cada sistema de producción.

Sistema de Producción	Producción parcela	Costos	Autoempleo	Ingreso anual neto	Ingreso mensual	Superficie línea de bienestar familiar (ha)
	(m.n.)					
SAR: Limón persa	\$48,024.40	\$29,654.22	\$8,290.00	\$26,660.18	\$2,222.70	3.3
SAA: Limón + Maíz	\$60,516.40	\$34,545.10	\$17,500.00	\$43,471.30	\$3,622.60	2.0

Fuente: elaboración propia.

Recordar que la línea de bienestar familiar se estimó en \$7,297.40 (CONEVAL, 2015). Bajo estas condiciones y en el supuesto que el productor tan sólo contara con el ingreso de estos sistemas, los productores del sistema de monocultivo requerirían alrededor de 3.3 ha; superficie que supera el promedio de extensión de un productor en la comunidad (2 ha). En cambio el productor del SAF l+m requiere solamente 2.0 ha para que toda su familia cubra las necesidades monetarias que marca la línea de bienestar (CONEVAL, 2015).

Cabe hacer mención que si se considera el número de jornales de autoempleo destinados para cada sistema, que puede estimarse a partir del Cuadro 6¹, el sistema referencial tan sólo requiere 55 jornales al productor; en comparación a los 117 jornales que invierte el productor del sistema agroforestal. Con 55 jornales el productor del sistema referencial

¹ Se estimó dividiendo el monto destinado a mano de obra: autoempleo, entre \$150.00, que es costo de jornal en Jaltepec de Candayoc en el año en curso.

cuenta con alrededor de dos veces más disponibilidad de invertir su tiempo en otras actividades productivas (en comparación al productor del sistema agroforestal).

5.5.1.2 Equidad

Requerimiento de mano de obra

Indicador que permite saber qué tanto este sistema brinda oportunidades de trabajo para el productor y otros miembros de su familia o comunidad, de tal manera que puede contribuir a distribuir las ganancias y a reducir la migración.

De entrevista a productores representativos de cada sistema se estimó que en 1 ha de producción, en el 4to año de edad, el monocultivo requiere un total de 102 jornales (que equivale a \$15,280.00); mientras que el sistema agroforestal o alternativo utiliza 148 (alrededor de \$22,150.00).

Como puede observarse, el sistema agroforestal requiere 46 jornales ha^{-1} más de mano de obra que el sistema referencial o monocultivo; esto se traduce en \$6,870.00 anuales adicionales que son destinados a personas de la comunidad o a miembros de la familia. Para ambos sistemas la mano de obra es el principal costo de producción.

Los dos sistemas bajo estudio están por arriba de 98 jornales que es el valor mínimo reportado en la bibliografía para una producción de 1 ha de limón persa (Gómez *et al.*, 1994). En contraparte, ambos sistemas presentaron valores por debajo del valor óptimo. Cabe recordar que el valor óptimo se estableció en 173 jornales que corresponde a Ruiz

et al. (2012) para la producción de 1 ha de un sistema de milpa intercalada con árboles frutales en la región mixe.

A manera de generar otras referencias de comparación se encontró que Grammont *et al.* (1999) establece que el número de jornales promedio que se requieren para una producción orgánica de 1 ha es de 160 jornales; por su parte Ruiz *et al.* (2012) registró un requerimiento de 84 jornales para la producción de milpa tradicional.

Con los datos anteriores se puede inferir que la tecnología MIAF y los cultivos orgánicos requieren de un mayor número de jornales que los sistemas bajo estudio.

En conclusión, el sistema agroforestal tal como se maneja actualmente, es altamente dependiente de mano de obra y esto lejos de ser una limitante en la comunidad se convierte en una posibilidad de trabajo adicional que puede inferir en una reducción de la migración en la comunidad.

5.5.1.3 Adaptabilidad

Práctica de tradiciones, conocimientos y tecnologías agrícolas ancestrales

Es de notarse que el sistema alternativo en comparación al monocultivo faculta la puesta en prácticas de todas las actividades y conocimientos identificados dado que el sistema agroforestal, al presentar el cultivo de maíz, posibilita que se haga uso de maíz criollo y el uso de espeque.

Sin embargo, de la aplicación de 10 entrevistas a productores de limón persa no se puede concluir que el resto de las tradiciones (distintas al uso de maíz criollo y el uso de espeque) sean debidas al sistema; sino más bien es atribuible a las características del productor: sus convicciones, de lo que aprendió de sus padres y de sus relaciones sociales.

Por las razones anteriores se estimó este indicador en función del potencial de cada sistema para poder llevar a la práctica los conocimientos, tradiciones y tecnologías ancestrales identificadas. Estos datos se corroboraron en campo a través de las entrevistas semi-estructuradas, en donde se anotó 1 en los casos en que por lo menos un productor llevara a cabo la práctica en cuestión y 0 en los casos en que ninguno lo practicara. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados de la puesta en práctica de tradiciones, conocimientos y tecnologías agrícolas ancestrales por sistema.

Sistema/ Práctica ancestral	Mano y vuelta	Ceremonia en siembra y cosecha	Conocimiento luna en sistema	Uso espeque	Maíz criollo	Total	Coefficiente
SAR Monocultivo	1	1	1	0	0	3	3/5
SAA Limón + maíz	1	1	1	1	0	4	4/5

Fuente: elaboración propia.

De la observación del Cuadro 9, destaca el hecho de que aunque en el sistema agroforestal, se podría llevar a cabo la práctica de utilizar *maíz criollo*; actualmente no se hace uso de esta semilla.

Agrobiodiversidad

El monocultivo, obviamente, no posee cultivos agrícolas intercalados al limón persa, por lo que su valor es 0; el sistema agroforestal, en cambio, presenta maíz intercalado al limón persa, por lo que resulta en 1. Cabe recordar que el valor óptimo es con base al sistema MIAF que es 2 (maíz y frijol intercalados al frutal). Esto le ofrece una ventaja adaptativa ante un cambio desfavorable en el mercado; además de que al ser maíz el cultivo intercalado, se aseguran en 1ha, la cantidad mínima que requiere una familia de 4 miembros para cubrir sus requerimientos de maíz anuales (CONEVAL, 2015). Contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria.

5.5.1.4 Autonomía y autogestión

Nivel de organización para la comercialización

Analizando las respuestas de la aplicación de entrevistas semiestructuradas a distintos productores de limón persa, se concluye que no existe relación alguna entre el tipo de sistema practicado y la posibilidad de organizarse para la comercialización; sino que esto último está en función de las relaciones sociales entre los productores.

Por lo anterior este indicador no es concluyente, y sólo puede servirnos a manera de indicar que en la comunidad hay procesos de organización para la comercialización y que no todos los productores forman parte de esta organización.

Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)

Como puede estimarse a partir del Cuadro 10, el índice de dependencia de insumos externos para ambos sistemas es 100%; es decir, ambos sistemas de estudio son altamente dependientes al uso de agroquímicos, semillas de la industria y planta del exterior. Como se reportó anteriormente, en la comunidad existen ejidatarios que manejan ganado. Sin embargo, no se encontró productor alguno que utilizara el estiércol para la elaboración de abonos naturales.

Cuadro 10. Montos anuales de los insumos de cada sistema de producción en 1ha para el cálculo del Índice de Dependencia de Insumos Externos (IDIE).

Concepto	SAR: Limón		SAA: Limón + Maíz	
Insumos	Externo	Interno	Externo	Interno
Fertilizantes	\$6,368.00	-	\$2,000.00	-
Herbicidas	\$480.00	-	\$1,665.00	-
Plaguicidas	\$1,971.00	-	\$1,960.00	-
Cal	\$500.00	-	\$350.00	-
Semilla	-	-	\$1,200.00	-
Maquinaria y Combustible	-	-	\$250.00	-
Plantas	\$250.00	-	\$180.00	-

Total	\$9,569.00	-	\$7,605.00	-
Índice de dependencia de insumos externos	100%		100%	

Fuente: elaboración propia.

Nivel de capacitación y asesoría

De los 10 productores entrevistados, dos de ellos de manera excepcional han recibido una capacitación formal por una institución como el INIFAP en la comunidad cercana de María Lombardo; y por la institución Unión de Comunidades Indígenas de la Región del Istmo (UCIRI) en el municipio de Ixtepec, Oaxaca, ubicada a aproximadamente 170 km de distancia.

Ninguno de los productores entrevistados ha tenido una asesoría permanente; y tampoco han recibido una capacitación para el establecimiento y manejo de un sistema alternativo: limón + maíz.

Dado que los dos casos que han recibido capacitación única son excepcionales, se considera que de manera general ambos sistemas se ubican en el *nivel 1: capacitación en la práctica por otros productores de Jaltepec de Candayoc y sin asesoría permanente*.

5.5.1.5 Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Materia orgánica

Se ha seleccionado la materia orgánica como el indicador de fertilidad para este estudio dado que influye favorablemente sobre las propiedades y características fisicoquímicas

del suelo. Asimismo, se la considera uno de los principales componentes de la sustentabilidad de los agrosistemas (Swift y Woome 1991). Los resultados de este indicador se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Porcentaje de materia orgánica para cada sistema de producción según zonas.

Sistema	Zona de la parcela	M.O. %	Clasificación ^z
Cafetal conservado		2.69	Media
SAR: Limón	Zona de goteo	1.48	Baja
	Callejones	1.08	Baja
SAA: Limón + Maíz	Zona de goteo	1.21	Baja
	Callejones sin maíz	1.48	Baja
	Entre líneas de maíz	1.61	Baja

^z Clasificación según la NOM-RECNAT (2002)

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a los sistemas de estudio, como puede observarse en el Cuadro 11, los callejones del sistema referencial presentan la zona con menor cantidad de materia orgánica, casi 0.5% menos que la zona que presenta la mayor cantidad de esta, que es el área entre líneas de maíz en el sistema alternativo. Lo anterior puede explicarse a partir del manejo de los residuos de maíz que el productor del sistema alternativo práctica, éste deja los resididos del maíz en el campo, dejando que se desintegren en el suelo poco a poco.

De manera general la zona que presenta mayores cantidades de materia orgánica es el cafetal conservado, lo que es de esperarse dado que el cultivo permite la incorporación

de residuos proveniente de los árboles nativos; así como que el suelo permanece constantemente cubierto de una diversa cantidad de especies vegetales.

En relación a la zona de goteo, la diferencia entre el sistema referencial y alternativo es de apenas 0.27% a favor del sistema referencial.

En general, ambos sistemas presentan bajos niveles de materia orgánica según la NOM-021-SEMARNAT-2002. Esto es de esperarse debido a que no existe un aporte de materia orgánica constante y suficiente.

En Jaltpec de Candayoc, Oaxaca, se considera que un productor modelo en el cultivo de limón persa es aquel que mantiene los callejones entre los limones totalmente limpios. Esto suele lograrse con el uso de herbicidas; de tal manera que el sistema se queda sin la incorporación de algún cultivo de cobertura que supla los nutrientes extraídos por la agricultura. Asimismo, el limón es un árbol perenifolio; es decir, que sus hojas permanecen en el árbol y no se integran al suelo. Así pues, tanto la naturaleza del cultivo de limón como su manejo no facilitan el reciclaje de nutrientes en el sistema.

Estos bajos niveles de materia orgánica son similares a los obtenidos por Huerta (2014) quien reportó 1.97% de materia orgánica para un sistema convencional de monocultivo de limón mexicano; y 1.43% para un sistema silvopastoril: limón mexicano + leucaena + pastos forrajeros.

Por su parte, cuando se comparan estos datos con lo obtenido por Juárez (2012) en un estudio llevado a cabo en dos sistemas MIAF de clima templado, en ladera y en plano; los datos del MIAF en ladera son contrastantes. Este autor reportó 7.26% de materia orgánica para el sistema MIAF en ladera; mientras que el sistema MIAF en plano reportó tan solo 1.07% de materia orgánica. El autor explica que el manejo de los residuos de cosecha y podas que son depositados en la hilera de frutales facilita la acumulación de materia orgánica.

Bugarín *et al.* (2010) considera que un sistema agroproductivo con concentraciones de materia orgánica por debajo o cercanas al 1.68%, evidencia el uso intenso al que el suelo ha estado sometido la falta de incorporación de materia orgánica.

Cabe recordar que el rango óptimo para el desarrollo del cultivo de limón persa se estableció en 5% de materia orgánica en suelo (CENSPLPLPCLL, 2008).

Probabilidad de aridificación con base en la Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Como puede observarse en el Cuadro 12, ambos sistemas de producción presentan una CC y PMP muy similar. Ambos suelos han sido clasificados como suelos francos limosos. Los resultados de las variantes PMP y CC están dentro de los parámetros que ha establecido Israelsen y Hansen (1979) para un suelo franco. Según Curti *et al.* (2000) este tipo de suelo es apto y recomendable para el cultivo de limón persa.

Cuadro 12. Resultados de Punto de Marchitez Permanente y Capacidad de Campo para cada uno de los sistemas evaluados.

Sistema	Dap ^z	PMP (%)	CC
SAR: Limón	1.25	6	21.84
SAA: Limón + maíz	1.16	5.79	22.54

^z DAP: Densidad aparente.

Fuente: elaboración propia.

Estos valores muestran que los suelos bajo estudio tienen mayor capacidad de retener agua en comparación de los suelos arenosos que típicamente presentan entre 6 y 12% de CC. En lo que respecta al PMP, los suelos evaluados ceden agua con mayor facilidad en caso de estrés hídrico en comparación a los suelos arcillosos, que aunque tienen mayor capacidad de retener agua (entre 23 y 31% de CC), tienen la particularidad de presentar mayores porcentajes de PMP, casi el doble (12 y 15%) de lo que presentan los suelos evaluados.

De lo anterior se deduce que los suelos bajo estudio tienen baja probabilidad de presentar condiciones para la aridificación.

Grado de satisfacción de los productores con el sistema

Este indicador hace referencia en qué tanto cada sistema tiene posibilidad de seguir en el tiempo y de ser replicado. Para estos fines se aplicó el instrumento del Anexo II, dirigido a 10 productores de limón persa a través de una entrevista semi-estructurada con la finalidad de no sólo contabilizar las respuestas; sino también obtener una mayor

comprensión tanto de las posibilidades de replicación del sistema como de los factores limitantes para el seguimiento o réplica de cada uno.

De manera general, en lo que respecta al cultivo de limón, de los 10 productores entrevistados en relación a qué tan satisfecho (o contento) se encontraba con el cultivo de limón, ocho respondieron que “satisfechos” y dos de ellos “muy satisfechos”. Todos recomendarían a otros productores implementar este cultivo. La principal razón para recomendar este sistema es que el cultivo genera dinero en efectivo cada 15 días.

5.5.2 Integración de los indicadores

Siguiendo el método descrito por GIRA (2008) para MESMIS, se determinaron los valores mínimos y máximos para cada indicador bajo los criterios que se ilustran en el Cuadro 13. Una vez determinados estos valores se estandarizaron en una misma unidad tal como se muestra en el Cuadro 14. Con la información obtenida en este último Cuadro se generó la gráfica multicriterio tipo telaraña o amiba de la Figura 7.

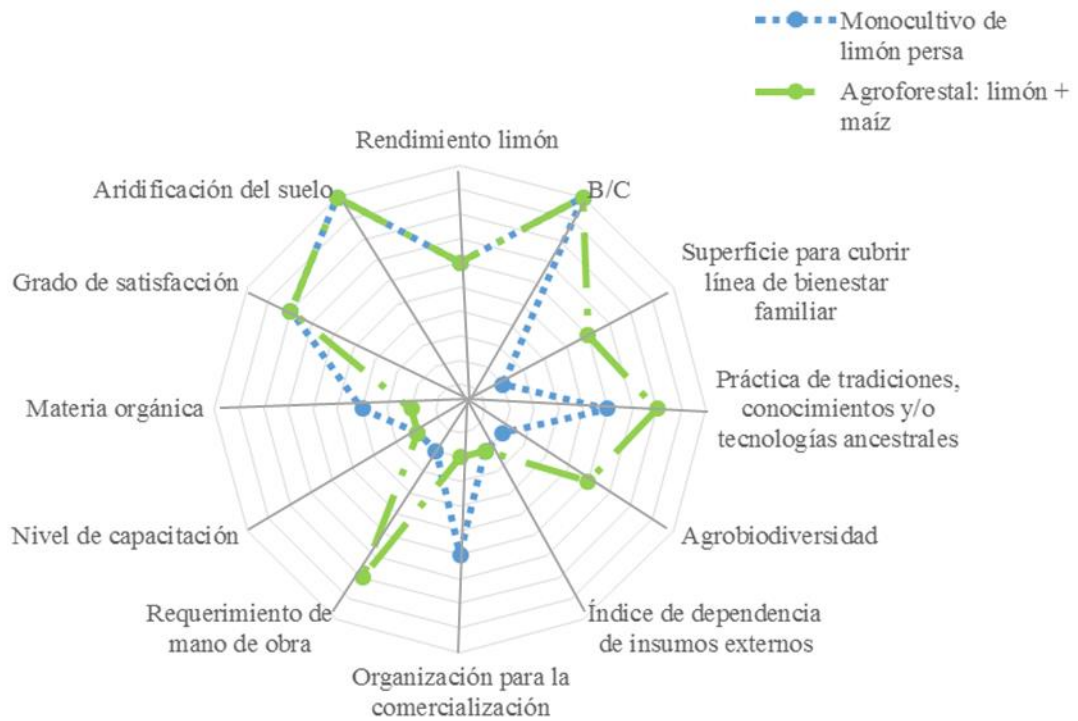


Figura 7. Gráfica comparativa de los indicadores de sustentabilidad para el sistema monocultivo de limón persa y el sistema agroforestal: limón + maíz.

Fuente: elaboración propia.

En las Figuras 8 y 9 se presentan las gráficas multicriterio para cada uno de los sistemas de evaluación por separado, con la finalidad de facilitar la visualización y análisis de los resultados.

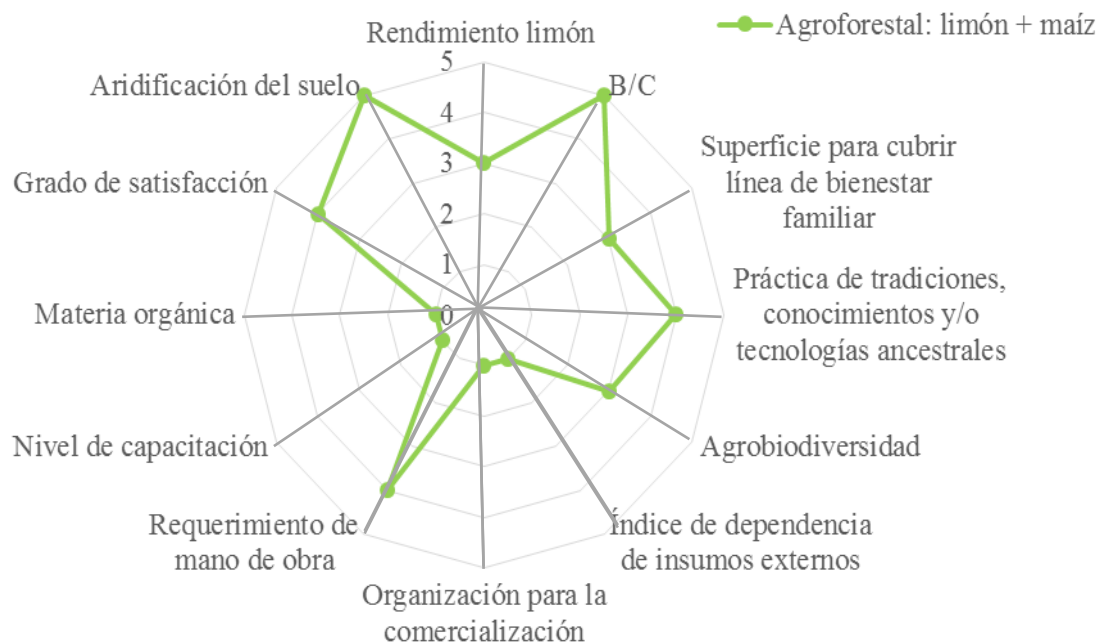


Figura 8. Gráfica multicriterio del Sistema Agroforestal: limón + maíz.
Fuente: elaboración propia.

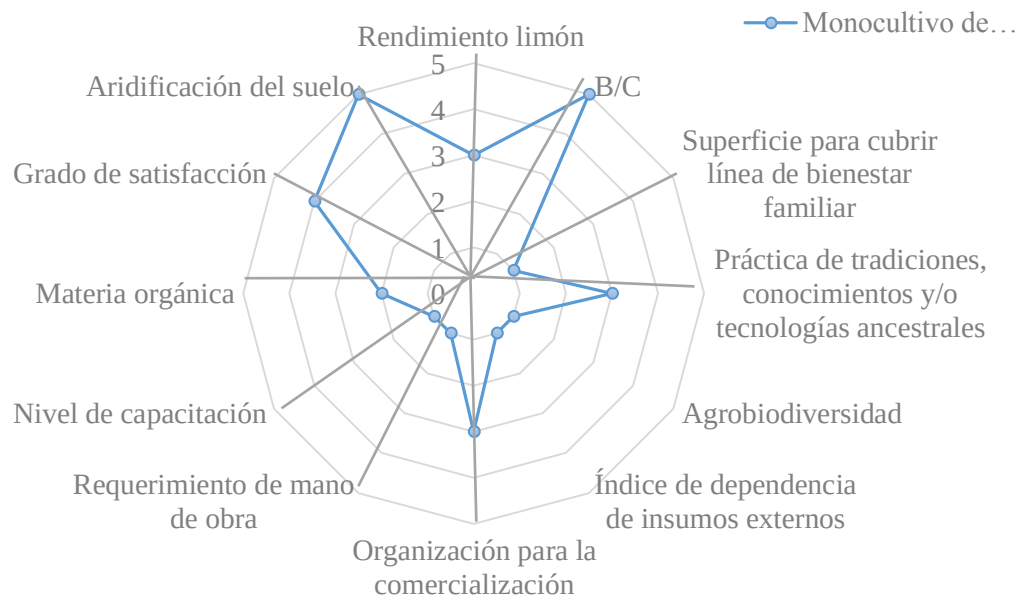


Figura 9. Gráfica multicriterio del Sistema monocultivo: limón.
Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13. Valores mínimos y máximos para la estandarización de los indicadores y sus criterios de selección.

Indicador	Unidades	Valor min.	Criterio	Valor max.	Criterio para el óptimo
Rendimiento limón	t ha ⁻¹	5	Mínimo reportado (Curti <i>et al.</i> , 2000)	21.4	Máximo reportado en la región (Caamal <i>et al.</i> , 2014)
B/C	Coefficiente	1.27	Valor mínimo reportado para MIAF (Cortés <i>et al.</i> , 2005)	1.52	Máximo reportado en la región (Caamal <i>et al.</i> , 2014)
Extensión para cubrir requerimientos familiares	ha	3	Excede al número de hectáreas de un productor promedio	1	Posibilita cubrir sus requerimientos mínimos y a generar excedentes.
Prácticas ancestrales	Coefficiente	0	Suponiendo que no se lleva a cabo ninguna práctica	1	Suponiendo se llevan a cabo todas las prácticas
Agrobiodiversidad	Cultivos intercalados	0	No se intercala ningún cultivo al limón.	2	En relación al MIAF. Intercala maíz y frijol
Índice de dependencia de insumos externos	%	100	Mínimo posible	0	Máximo posible
Organización para la comercialización	N.A.	1	Escala cualitativa. Mínimo posible ^y	3	Escala cualitativa. Máximo posible
Capacitación profesional y asesoría	N.A.	1	Escala cualitativa. Mínimo posible ^x	3	Escala cualitativa. Máximo posible
Requerimiento de mano de obra anual	Jornales	98	Mínimo registrado para el limón persa (Gómez <i>et al.</i> , 1994)	173	En relación al MIAF (Ruiz <i>et al.</i> , 2012)
Materia orgánica	%	0.5	Mínimo reportado para suelos agrícolas (SAGARPA, 2012)	5	CENSPLPLPCLL (2008)
Aridificación del suelo	N.A.	1	Escala cualitativa. Mínimo posible ^w	3	Escala cualitativa. Máximo posible
Grado de satisfacción	N.A.	1	Escala cualitativa. Mínimo posible ^v	4	Escala cualitativa. Máximo posible

^z Un productor promedio en Jaltepec de Candayoc Oaxaca posee 2 ha

^y Nivel 1: no existe ningún tipo de organización; Nivel 2: están en proceso de organización; Nivel 3: si existe una organización operante.

^x Nivel 1: Capacitación en la práctica y por otros productores y sin asesoría permanente; Nivel 2: capacitación y asesoría por instituciones de manera única; Nivel 3: capacitación y asesoría por otras instituciones de manera constante y práctica.

^w Nivel 1: baja probabilidad de presentar aridificación, Nivel 2: Media probabilidad de presentar aridificación; Nivel 3: alta probabilidad de presentar aridificación.

^v Nivel 1: nada satisfecho; Nivel 2: poco satisfecho; Nivel 3: satisfecho; Nivel 4: muy satisfecho.

Fuente: elaboración propia

Cuadro 14. Resultados finales de cada indicador para cada sistema de evaluación con sus umbrales mínimos y óptimos; así como sus respectivos valores de estandarización.

Atributo	Indicador	Unidad	SAR ^z Limón	SAA ^y Limón + maíz	Valor mínimo	Valor óptimo	Valor estándar ^x SAR	Valor estándar SAA
Productividad	Rendimiento limón	t ha ⁻¹	13.50	14.19	5	21.4	3	3
	B/C	Coeficiente	1.62	1.75	1.27	1.52	5	5
	Extensión para cubrir requerimientos familiares	ha	3.3	2	3	1	1	3
Adaptabilidad	Práctica de tradiciones, conocimientos y/o tecnologías ancestrales	Coeficiente	0.60	0.80	0	1	3	4
	Agrobiodiversidad	Cultivos intercalados	0	1	0	2	1	3
Autonomía y autogestión	Índice de dependencia de insumos externos	%	100	100	100	0	1	1
	Organización para la comercialización	N.A.	En proceso	Ninguna	1	3	3	1
	Capacitación profesional y asesoría	N.A.	Ninguna	Ninguna	1	3	1	1
Equidad	Requerimiento de mano de obra anual	Jornales	102	148	98	173	1	4
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Materia orgánica	%	1.48	1.21	0.5	5	2	1
	Aridificación del suelo	N.A.	Baja probabilidad ^w	Baja probabilidad	1	3	5	5
	Grado de satisfacción	N.A.	Satisfecho	Satisfecho	1	4	4	4

^z Sistema Agrícola Referencial

Fuente: elaboración propia.

^y Sistema Agrícola Alternativo

^x Valores asignados según la siguiente escala. 1: 0-20%; 2: 21-40%; 3: 41-60%; 4: 61-80%; y 5: 81 al 100%

^w Nivel de probabilidad de presentar aridificación con base en los resultados de PMP Y CC

5.5.3 Análisis de indicadores

En el 34% de los indicadores el sistema agroforestal presenta valores mayores al monocultivo. En contraparte el monocultivo presenta tan solo un 16% de los indicadores con valores más altos que el sistema agroforestal. Estos son: organización para la comercialización y contenido de materia orgánica.

El monocultivo presenta el 50% de sus indicadores por debajo del nivel medio; mientras que sistema agroforestal un 33%. Igualmente se observa que el sistema agroforestal presenta un 41% de sus indicadores por arriba del nivel medio; mientras que el monocultivo tan sólo un 25%.

El 82% de los indicadores del SAF presenta valores similares o más altos que el monocultivo. Tan sólo dos indicadores: organización para comercialización y nivel de materia orgánica son más altos en el monocultivo.

De manera general se observa que diez de los 12 indicadores obtenidos (83%), para ambos sistemas, requieren incrementar sus niveles para acercarse al óptimo de sustentabilidad bajo los criterios de este estudio.

Asimismo

El 50% de los indicadores presentaron valores similares para ambos sistemas.

Tanto el sistema agroforestal como el sistema referencial se encuentran en un nivel próximo a alcanzar el óptimo en el nivel de satisfacción del productor con el sistema. Igualmente ambos sistemas están en un rango óptimo en lo que respecta a: la baja probabilidad de presentar aridificación y la relación B/C. Por lo anterior, es muy probable que ambos sistemas se mantengan en el tiempo.

Todos los indicadores del atributo autonomía y autogestión presentaron valores mínimos para el sistema agroforestal. Estos indicadores requieren atención prioritaria al igual que el nivel de materia orgánica.

5.6 Recomendaciones

De manera prioritaria se recomienda formular estrategias tecnológicas y educativas que incrementen el valor de los siguientes indicadores: dependencia de insumos externos, organización para la comercialización, nivel de capacitación y nivel de materia orgánica.

En el Cuadro 15 se enlistan algunas opciones para incrementar los indicadores evaluados. Para mayores detalles se sugiere consultar el Anexo V.

Cuadro 15. Opciones para incrementar la sustentabilidad según cada indicador.

Indicador	Cualidad del número estándar					Opciones
	1 Mínimo	2 Medio bajo	3 Medio	4 Medio óptimo	5 Óptimo	
Rendimiento limón			SAR ^z , SAA ^y			MIAF, capacitación, manejo integral de plagas y enfermedades, nutrición y encalado, abonos orgánicos, riego, cultivos de cobertura (monocultivo).
B/C					SAR, SAA	Todas las recomendaciones en su conjunto pueden contribuir a incrementar este indicador.
Superficie para cubrir línea de bienestar familiar	SAR		SAA			Reducir gastos por compra de insumos externos, incrementar rendimiento (considerar las recomendaciones de este indicador).
Práctica de tradiciones, conocimientos y/o tecnologías ancestrales			SAR	SAA		Organización de eventos para intercambio y promoción de saberes agrícolas y el uso de maíz criollo (conservación <i>in situ</i>).
Agrobiodiversidad	SAR		SAA			MIAF, capacitación importancia agrobiodiversidad.
Índice de dependencia de insumos externos	SAR, SAA					Capacitación para la elaboración de abonos orgánicos, biofertilizantes y otros insumos para el manejo integral de plagas y enfermedades, cultivos de cobertura.
Organización para la comercialización	SAA		SAR			Pláticas para promover la organización para la comercialización.
Requerimiento de mano de obra	SAR				SAA	MIAF e incorporación de jornales familiares.
Nivel de capacitación	SAR, SAA					Capacitación y asesoría constante (temas varios).
Materia orgánica	SAA	SAR				Abonos orgánicos, cultivos de cobertura (monocultivo).
Grado de satisfacción				SAR, SAA		Conjunto de recomendaciones.
Aridificación del suelo					SAR, SAA	No aplica.

^z SAR: Sistema Agrícola Referencial; SAA: Sistema Agrícola Alternativo; SAA: Sistema Agrícola Alternativo

Fuente: elaboración propia

6. CONCLUSIONES

El sistema agroforestal es más sustentable que el monocultivo en los atributos de productividad, adaptabilidad y equidad.

Tan sólo dos indicadores: organización para la comercialización y nivel de materia orgánica, presentan valores más altos en el monocultivo. El resto de los indicadores presentan valores similares o más altos para el sistema agroforestal en comparación al monocultivo.

El atributo de autonomía y autogestión integrado por los indicadores: organización para la comercialización, independencia de insumos externos y nivel de capacitación; se encuentra en el nivel mínimo para el sistema agroforestal: limón + maíz, al igual que el nivel de materia orgánica. Se recomiendan acciones prioritarias para incrementar estos indicadores.

7. LITERATURA CITADA

- Achkar, M. 2005. Indicadores de sustentabilidad, en: Ordenamiento ambiental del territorio: Comisión Sectorial de Educación Permanente, Facultad de Ciencias, Universidad de la República Uruguay. Montevideo. 55-70 pp.
- Altieri, M., y C. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. PNUMA. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/altieri01.pdf>.
- Astier, M., O. R. Masera, y M. Galván (coords.). 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológico y Sustentable. España. 234 p.
- Borroto, M. C., y A. Borroto. 1991. Citricultura Tropical. Ediciones ENPES. Cuba. 45 p.
- Borroto, M., R. Pérez, R. Borroto, P. A. Cepero, R. M. Cubillasez, A. Cepero, y N. Cubillas. 2001. Impacto sobre el suelo de leguminosas herbáceas como mejoradores de las coberturas naturales en plantaciones de cítricos. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, 5 (2): 93-116.
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26050208>.
- Bugarín, J., J. Bojórquez, C. Lemus, R. Murray, A. Hernández, H. Ontiveros, y J. Aguirre. 2010. Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo con diferente sistema silvopastoril en la llanura norte de Nayarit. Cultivos Tropicales 31(2): 48-55.

- Caamal, C. I., P. Fernández, F. J. Ascencio, L. E. Santoyo, y J. G. Ramos. 2014. Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista biológica agropecuaria Tuxpan* 2(3): 192-200
- Campbell, C.W. 1984. Tahitio lime production in Florida. Fla. Coop. Extn. Service, IFAS, Univ. of Fla.
- Disponible en: <http://ufdcweb1.uflib.ufl.edu/ufdc/?c=fao1&b=UF00028121&v=00001> P.1-28.
- Casanova, F., J. Petit-Aldana, y J. Solorio. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *RCHSCFA* 17(1): 118 pp. (En línea). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-32312011000100013&script=sci_arttext. Fecha de consulta: 05/03/2014.
- CDI (Comisión nacional para el Desarrollo de los pueblos Indígenas). 2010. Catálogo de localidades indígenas 2010. Disponible en: http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2578. Fecha de consulta: 5/11/2014.
- CEA (Centro de Estudios Ayuuk). 2006. Hacia dónde vamos. Un diagnóstico de la región mixe. Centro de Estudios Ayuuk-Universidad Indígena Intercultural Ayuuk. México.
- CMMAyD (Comisión sobre el Medio Ambiente y Desarrollo).1987. Report of the World Commission on Environment and Development. Disponible en: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N87/184/67/IMG/N8718467.pdf?OpenElement>. Fecha de consulta: 4/11/2014.
- CENSPLPLPCLL (Comité Ejecutivo Nacional Sistema Producto Limón Persa *Citrus latifolia* A.C.). 2008. Plan Rector. Disponible en:

- <http://www.solucionesexpress.com.mx/wordpress/wp-content/uploads/Plan-Rector-Sistema-Producto-Limon-Persa-2010.pdf>. Fecha de consulta: 08/07/2015.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2015. Valor de la canasta alimentaria y no alimentaria. Disponible en: <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>. Fecha de consulta: 03/08/2015.
- Cortés, J. I., A. Turrent, E. Hernández, N. Francisco, J.P. Torres, y A. Zambada. 2005. Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). SAGARPA. México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/03%20MILPA%20INTERCALADA%20CON%20FRUTALES.pdf>
- Curti, D., X. Loredó-Salazar, U. Díaz-Zorrilla, J.A. Sandoval, y J. Hernández. 2000. Tecnología para producir limón Persa. INIFAP/CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico Núm. 8. México.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1995. El desarrollo sostenible. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5600s/x5600s05.htm>. Fecha de consulta: 25/11/2014.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Seguridad alimentaria. Informe de políticas, 2. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/es/esa/policybriefs/pb_02_es.pdf. Fecha de consulta: 17/08/15.
- FAOSTAT. 2013. Descargas. En: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S> . Fecha de consulta: 14/06/2015.
- Farrel, J.G., y M.A. Altieri. 1999. Sistemas Agroforestales. In: Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Aliteri M.A. Nordan-Comunidad (ed.). Paraguay. Disponible en: www.mec.gub.uy/innovaportal/file/75868/1/libro-agroecologia-miguel-altieri.pdf

- García, L.E. 2003. Plan-plant interactions in tropical agriculture. *In*: Vandermeer, J.H. (Ed.). Tropical agroecosystems. Cambridge University Press. UK. pp: 12-50.
- García, M. A. 2006. Tendencias del sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales en la región Mazateca del estado de Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 105 p.
- García, U., P. 2012. La Alimentación de los Mexicanos. Cambios Sociales y Económicos, y su Impacto en los Hábitos Alimenticios. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA). México. p. 162.
- Geilfus F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural: Guía de especies. Enda-caribe/CATIE. Costa Rica. 778 p.
- GIDSA (Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales). 1996. Semillas para el futuro. GIDSA. Morelia.
- GIRA (Grupo Interdisciplinario de tecnología Rural Apropiada). 2008. MESMIS interactivo. Disponible en: <http://mesmis.gira.org.mx/mesmis-interactivo>. Fecha de consulta: 3/10/2014.
- Gliessman, S. R. 1987. Species interactions and community ecology in low external-input agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*. Vol. 2: 04
- Gómez, C. M., R. Schwentesius, y G. A. Barrera. 1994. El limón Persa en México. Una opción para el trópico. SARH. CUESTAAM. UACH. 202 p.
- Grammont, H. C., M. A. Gómez-Cruz, H. González, y R. Schwentesius (coords.) 1999. Agricultura de exportación en tiempos de globalización. Juan Pablos Editor, S.A. México. 23 p.
- Hernández, R., C. Fernández, y P. Baptista. 2008. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana. México. 850 p.

- 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. México. 175 p.
- Huerta O., F. 2014. Evaluación nutrimental del suelo y limón mexicano con manejo convencional y silvopastoril. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 145 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2002. Unidades de suelo de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. (Cartografía digital).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Continuo de elevaciones de Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (Cartografía digital).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censos y conteos de población y vivienda. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/consultar_info.aspx. Fecha de consulta: 5/11/2014.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2008. Potencial productivo de Limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de temporal en México. Disponible en: <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/potencialproductivo/requerimientos/concentrado-limon-persatemporal.html#>. Fecha de consulta: 14/11/15.
- Iglesias J., M. 2011. Sistemas de producción agroforestales. Capacitación y análisis en: Conceptos generales y definiciones. Rev. Sist. Prod. Agroecol. 2(1): 151-172.
- International Council for Research in Agroforestry. 1983. Guidelines for agroforestry diagnosis and design. Kenya. 25 p.

- Juárez R., D. 2012. Efecto de la biota edáfica en la fertilidad del suelo en el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. México. 234 p.
- Krishnamurthy, L., y M. Avila. 1999. Agroforestería básica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 340 p.
- Maldonado T., R., G. Almaguer, M. E. Álvarez, y S. E. Robledo. 2008. Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. Terra Latinoamericana. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313051007>> ISSN. Fecha de consulta: 1/10/2015.
- Leff, E. 2010. Saber Ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. Siglo XXI Editores. México. pp: 15-28.
- Malo, S.E., y C.W. Campbell. 1994. El limón persa en Florida. University of Florida. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/hs273>. Fecha de consulta: 10/11/2015.
- Montiel, A., L. Krishnamurthy, A. Vázquez-Alarcón, y M. Uribe. 2006. Opciones agroforestales para productores de mango. Terra Latinoamericana 3 (21): 26-34.
- Nair, P. K. R. 1985. Agroforestry in the context of land clearing and development in the tropics. ICRAF. Kenya. 60 p. Disponible en: http://worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/54_Working_paper_no_33.pdf. Fecha de consulta: 15/01/2016.
- Nair, P. K. R. 1993. An introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers/ ICRAF. The Netherlands. pp: 245-260.
- Nair, P. K. R., B. Mohan, and V. D. Nair. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172: 10-23. Disponible en:

- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.200800030/abstract>. Fecha de consulta: 05/03/2014.
- Pandey, D. N. 2002. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Climate Policy*. 2 (4):367-377.
- Pierri, N. 2005. Historia del concepto de desarrollo Sustentable. *In: ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Faladori, G., y N. Pierri (coords.). H. Cámara de diputados, LIX legislatura/ Universidad Autónoma de Zacatecas/Miguel Angel Porrúa. México. pp: 27-81.
- Pound, B. 1998. Cultivos de cobertura para la Agricultura sostenible en América Latina. *In: Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados*. Taller Regional Latino-Americano. Anderson, S., N. Ferraes, S. Gundel, B. Keane, y B. Pound (editores). Universidad Autónoma de Yucatan. Mérida. Mexico. Disponible en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/pound7.pdf>. Fecha de consulta: 13/01/2015.
- Pronatura. 2014. Hábitat 3. Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=mpJqGYkBQfl>. Fecha de consulta: 14/01/16.
- Quiroga M., R. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado de arte y perspectivas. CEPAL. 116 p. Disponible en: <http://archivo.cepal.org/pdfs/2001/S0110817.pdf>. Fecha de consulta: 15/03/2014.
- Restrepo, J. 2006. Manual práctico. ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. Fundación Produce Jalisco. México. 259 p.

- Roca J., J. 2000. El debate sobre el crecimiento económico desde la perspectiva de la sostenibilidad y la equidad. *In*: VII Jornadas de Economía Crítica. España. Disponible en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/ec/jec7/pdf/plen1-c.pdf>. Fecha de consulta: 15/05/2015.
- Rodríguez M., J. 2008. Diagnóstico ambiental y su relación con los sistemas de producción local. CEA-UIIA. México. 345 p.
- Rodríguez, A. C. 2015. Pérdida y propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo para la producción de maíz bajo sistemas agroforestal y monocultivo. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 125 p.
- Ruiz M., A. D., L. Jiménez, O. L. Figueroa, y M. Morales. 2012. Adopción del sistema milpa intercalada en árboles frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263124770010> ISSN 2007-0934. Fecha de consulta: 8/11/2015
- Ruiz, F. 2014. Producción orgánica de limón persa (*Citrus latifolia* L.) en Huimanguillo, Tabasco, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 170 p.
- Salminis J., M. Geymonat, y C. Demo. 2006. Evaluación de la sustentabilidad socioeconómica y ambiental de diferentes técnicas agrícolas: Aplicación experimental del Marco de Evaluación MESMIS. Disponible en: <ftp://ftp.cgiar.org/cip/CIP-QUITO/Jorge%20Andrade/Literatura%20SAS/INDICADORES%20DE%20SOSTE/evaluacion%20de%20la%20sustentabilidad%20socioeconomica%20y%20ambiental%20de%20diferentes%20tecnicas%20agricolas%20aplicacion%20experimental%20del%20marco%20de%20memis.pdf>. Fecha de consulta: 19/03/2014.

- Sarandón S., J., y C.C. Flores. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Sarandón S., J., y C.C. Flores. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Universidad Nacional de La Plata, 1er Ed. Argentina. 467 p.
- Smyth, A. J., y J. Dumanski. 1994. FESLM: An International Framwork for Evaluating Sustainable Land mangment. World Soil Resources Reports 73. Food and Agricultural Organizations of the United Nations. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t1079e/t1079e00.htm>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT- 2002 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. En: Diario oficial. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002. Fecha de consulta: 03/03/2015.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación). 2012. Recomendaciones generales para incrementar rendimientos y/o mejorar las condiciones físico-químicas de los suelos en cada OAT. Disponible en: <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/potencialproductivo/especificos/recomendacionesgenerales.pdf>. Fecha de consulta: 14/04/2016.
- SHCP (Secretaria de Hacienda y Crédito Público). 2014. Panorama del limón. Disponible en: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Lim%C3%B3n%20\(abr%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Lim%C3%B3n%20(abr%202014).pdf). Fecha de consulta: 16/06/2015.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2007. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Disponible en: www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/.../Perspectivas/maiz96-12.pdf
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Fecha de consulta: 01/10/2015.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2012. Información técnica complementaria para exportar limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de México a China.
- Disponible en:
- <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAAahUKEwjltmm1pDJAhXFXR4KHfzlCj8&url=http%3A%2F%2Fwww.senasica.gob.mx%2Fincludes%2Fasp%2Fdownload.asp%3FIdDocumento%3D23492%26IdUrl%3D47166&usg=AFQjCNGdxypElh72d8kuPsGSpO5ri1cq7w>. Fecha de consulta: 14/07/2015.
- Speelman, E. N., R. López, S. Aliana, N. Astier, and O. Masera. 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 14: 345-361.
- Torres, J. P., J. I. Cortés, A. Turrent, E. Hernández, y A. Muratalla. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. *Terra Latinoamericana*. Disponible en :<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313050008>> ISSN. Fecha de consulta: 9/03/15.

Turrent, F. A., T. A. Wise, y E. Garvey. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Mex. Rural Develop. Res. Rep. 24:1-36.

TRADEMAP. 2014. Lista de los países exportadores para el producto seleccionado en 2014.

Producto: 080550 limone *Citrus limon*, *Citrus limonum* y limas *Citrus aurantifolia*, *citrus latifolia*, fresco. Disponible en:

[http://www.trademap.org/\(S\(k5iyo1ensiit4v45awj0nc45\)\)/Country_SelProduct.aspx?nvp m=3||||080550|||6|1|1|2|1|1|2|1|1#RatePage](http://www.trademap.org/(S(k5iyo1ensiit4v45awj0nc45))/Country_SelProduct.aspx?nvp m=3||||080550|||6|1|1|2|1|1|2|1|1#RatePage). Fecha de consulta: 18/06/2015.

Uribe, M. 2012. La Agroforestería como factor de Desarrollo Rural para comunidades campesina de la Sierra de Huautla, Morelos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. México. 222 p.

Victoriano, T. 2015. Caracterización del sistema de manejo del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en la comunidad de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca. Instituto Superior Intercultural AYUUK. Tesis profesional. México. 52 p.

8. ANEXOS

Anexo I.

Guía de entrevista semiestructurada para:
Caracterización de los sistemas de producción de limón persa
Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.



Responsable: Priscila I. Benítez Covarrubias
Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de Chapingo

Dirigido a: Productores de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

Datos de la encuesta

Informante _____ Fecha _____

Encuestador _____ No. encuesta _____

Características generales de la unidad agrícola

Cultivo: _____ Porta injerto: _____

¿Qué edad tienen sus plantas de limón? _____

Extensión de las parcelas de limón: _____

Destino final del limón:

Autoconsumo () *Venta directa* () *Intermediario* ()

Característica: Arreglo y densidad del cultivo

1. ¿Cuántos árboles tiene por ha? _____
2. Distancia entre plantas de la misma hilera: _____
3. Distancia entre surcos _____
4. ¿Qué arreglo tiene el cultivo? _____

Característica: Antecedentes de uso de suelo

1. Antes de estar establecido este cultivo, ¿Qué sembraba o qué uso tenía la tierra? (por lo menos 5 años atrás)

Característica: Establecimiento

1. Describa de manera general ¿cómo fue el proceso de establecimiento de su sistema de producción?, mencione las herramientas que utilizó.

Característica: Manejo agrícola de la parcela

Momento	Frecuencia	Temporada	Productos que utiliza
Fertilización*			
Deshierbe			
Plagas			
Cal			
Podas			
Floración			

*Especificar si es al suelo o foliar

Característica: Plagas y enfermedades

1. ¿Cuáles son las plagas y enfermedades que afectan a su sistema de producción de limón persa?

Característica: Cultivos intercalados

1. ¿Ha intercalado o intercala otro cultivo al limón persa?
Si () No () pasar a la sección georreferenciación
2. ¿Por qué razones usted intercaló el limón con otro cultivo?
3. ¿En qué edad del cultivo de limón persa dejará de intercalarlo? _____
4. ¿Por qué razones?
5. ¿Qué cultivos intercaló al limón? _____
En caso de contestar maíz, pasar a la pregunta 6; de lo contrario pasar a la sección georreferenciación
6. ¿En qué espacios intercaló el maíz al limón?
7. ¿Qué dificultades ha tenido con su sistema limón + maíz?
8. ¿Cómo sembró el maíz entre los limones?
Sembradora () Espeque ()
9. ¿Cuáles son las variedades de maíz que ha intercalado con el limón?
10. En esta parcela de limón: ¿Cuántos ciclos de maíz cosechó o cosecha en el año?
11. ¿Cuál es el destino final del maíz? (marque del 1 al 3, considerando que 1 es el principal destino):
Autoconsumo () Ganado () Venta ()
12. ¿Qué usos le da al residuo de la planta de maíz?
Ganado () Troza y deja en el terreno () Troza e incorpora () Quema ()
13. En este sistema limón + maíz, ¿Qué manejo le da al maíz?

Momento	Frecuencia	Productos
Fertilización		
Plagas		
Herbicida		

Característica: Capacitación

¿Ha recibido capacitación para el manejo del limón o del maíz?
¿Por quiénes o qué institución?
¿De qué fue la capacitación?

Georeferenciación

¿Podría situar su parcela en el siguiente mapa por favor?

Otro:

¿Estaría interesado en participar en esta investigación?

Anexo II.

Guía de entrevista semiestructurada para:
Obtención de los indicadores de adaptabilidad y grado de satisfacción
Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.



Responsable: Priscila I. Benítez Covarrubias
Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de Chapingo

Dirigida a: Productores de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

Datos de la encuesta

Informante _____

Encuestador _____

Sistema de producción: _____

Adaptabilidad: Puesta en práctica de conocimientos agrícolas ancestrales

1. Dentro de su parcela realiza alguna práctica que aprendió de algún mayor que le haya enseñado el manejo y cuidado de la tierra (por ejemplo la relación de la luna con los ciclos de cultivo)

No ()

Si ()*

*Especifique: _____

*Describir brevemente:

2. ¿Practica la mano y vuelta?

No ()

Si ()

¿Por qué? _____

3. Además de participar colectivamente en las actividades de campo, ¿lleva a cabo alguna otra actividad en la parcela (ej. ceremonia o compartir de comida, etc.)?

No () Si ()*

**Describir brevemente:*

*En caso de que no, ¿por qué ya no lo practica?*_____

4. **Otros:** ¿Considera que hace alguna práctica diferente del resto de los productores?

No () Si ()*

**Describir brevemente:*

Grado de satisfacción de los productores con el sistema

1. ¿Desde hace cuántos años tiene establecido este sistema?

2. ¿Por qué implementó este sistema?

3. ¿Qué tan satisfecho está con su sistema de producción de limón persa?

Muy satisfecho

Satisfecho

Poco satisfecho

Nada satisfecho

4. ¿Lo recomendaría?

No

SI

¿Por qué?

Anexo III.

Guía de apoyo para estimar los indicadores económicos

Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.



Responsable: Priscila I. Benítez Covarrubias

Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de Chapingo

Dirigida a: Productores de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

Nombre del productor: _____

Fecha: _____

Sistema de producción: _____

Ingresos por cosecha 4^{to} año:

Cultivo: Limón persa

Mes	Cantidad (rejas)	Costo de venta / reja	Total venta	Número de jornales	
				Autoempleo	FTC
.					
.					
.					
Gran total anual (m.n.)					

Cultivo: maíz

Época	Cantidad kg	Costo de venta / kg	Total venta	Número de jornales	
				Autoempleo	FTC
.					
.					
.					
Gran Total Anual (m.n.)					

Itinerario técnico

Extensión: 1ha

Año	Actividad	Consumos intermedios							Mano de obra						GRAN TOTAL (m.n.)
		Frecuencia	Producto	Cantidad/ aplicación (l)	Cantidad anual (l)	Costo unitario producto (m.n.)	Costo anual producto (m.n.)	Total	Jornales/ Aplicación		Jornales Anuales		Costo total jornales (m.n.)		
									Autoempleo	FTC	Autoempleo	FTC	Autoempleo	FTC	
4	Fertilización Chapeo Herbicida														

	Cal Plagas Podas Deshijar														
--	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Estimación depreciaciones

Plántulas y Herramientas	Cantidad	Costo unitario (m.n.)	Vida útil (años)	% tiempo de uso en este cultivo	Prorratio anual
• • •					
Gran total anual (m.n.)					

Índice de dependencia de insumos externos (IDIE)

Marca con una x en la columna, según sea el origen del insumo para cada concepto o actividad

Concepto o Actividad	Insumos
----------------------	---------

	Ext. ^z	Loc. ^y
Plántulas y semillas		
Fertilización		
Deshierbe		
Manejo de Plagas		
Atención de enfermedades		
En floración		
TOTAL		

^z Ext. Se refiere a Insumos provenientes del exterior de la comunidad

^y Loc. Se refiere a insumos fabricados o provenientes de recursos de la localidad.

Anexo IV.

Guía de entrevista semiestructurada para la
identificación de temas de capacitación: requerimientos y conocimientos sobre tecnologías
agroecológicas y agroforestales

Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.



Responsable: Priscila I. Benítez Covarrubias

Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de
Chapingo

Dirigido a: Productores de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

Datos de la encuesta

Informante _____

Fecha _____

Capacitación

1. ¿Específicamente en qué requiere apoyo o capacitación?,

Establecimiento

Fertilización

Herbicidas

Plagas

Enfermedades

Podas

Comercialización

Riego

Otro

Tecnologías alternativas

2. ¿Ha probado otras tecnologías alternativas? (especifique cuáles y en qué cultivo)

Abonos orgánicos

Biofertilizantes líquidos

Caldos minerales

Control biológico para plagas

Cultivos de cobertura

Anexo V.

Opciones para incrementar la sustentabilidad de los sistemas de producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca

1. Establecimiento de la tecnología: Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF)

Bajo los conceptos desarrollados en la revisión literaria de este estudio y con base en los resultados, se sugiere un diseño y un manejo que puede ser un modelo de producción sustentable para el cultivo de limón persa en la comunidad de Jaltepec de Candayoc, Oaxaca. Este diseño se concreta en la tecnología del tipo MIAF (milpa intercalada con árboles frutales), con un manejo agroecológico que es pertinente al contexto social, ambiental y económico de esta comunidad.

Se sugiere la implementación de la tecnología MIAF por las siguientes razones:

- Contribuye al logro de la seguridad alimentaria al garantizar el abastecimiento de suficiente maíz para una familia de cuatro miembros.
- Incrementa el rendimiento de la especie frutal: Establecimientos de esta tecnología en Veracruz reportan que bajo este arreglo, el árbol frutal que ocupa una tercera parte del terreno produce lo que un monocultivo ocupando la mitad del terreno (Pronatura, 2014).
- En Jaltepec de Candayoc, Oaxaca, se cultiva maíz bajo el esquema de labranza cero y los desechos de la anterior cosecha se dejan en el suelo; este

manejo puede incrementar paulatinamente el contenido de materia orgánica en el suelo de la parcela (Hernández, 2014).

- La asociación entre el maíz y una leguminosa que aporta nitrógeno, puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos.
- Es una tecnología practicada y evaluada en la región mixe, por lo que hay personal capacitado en la región que facilitaría la asesoría y capacitación.
- Un incremento de la diversidad biológica lo que hace menos vulnerable al productor ante un desastre natural o cambios drásticos en los precios del mercado (Sarandón y Flores, 2014); asimismo que favorece los procesos a nivel ecológico de comunidad y con esto se hace eficiente el reciclaje de nutrientes y la regularización de plagas y enfermedades (Gliessman, 1987).

Otros aspectos que no fueron evaluados en este estudio, pero en los que igualmente contribuye esta tecnología a incrementar aspectos de sustentabilidad son:

- Puede disminuir la actual presión del cambio de cultivo de maíz a cultivo de limón en la comunidad de estudio.

Definición y antecedentes de la tecnología MIAF

La Milpa Intercalada con Árboles Frutales, también conocida como MIAF, es una tecnología del sistema agroforestal constituido con por lo menos tres especies, el árbol frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo) y otra especie de preferencia leguminosa (sotocultivo). Estos cultivos están en intensa interacción agronómica y ecológica y tienen como propósito, proporcionar la seguridad alimentaria a través de la producción

de maíz y frijol, incrementar el ingreso neto familiar y el contenido de materia orgánica del suelo; así como controlar la erosión hídrica del suelo para el caso de cultivo en laderas (Cortés *et al.*, 2005).

En un estudio realizado en la región mazateca, se observó que este sistema es del gusto de los productores y que existe una tendencia a incrementar la superficie de esta tecnología. Según García (2006), los factores que han determinado la adopción de esta tecnología en la región son: capacitación y asesoría constante; obtención de una mayor producción por unidad de superficie; e incremento de los ingresos. Asimismo se observa una diferencia según la capacidad económica de los productores participantes debido a que se requiere contar con un capital y acceso a vías de comunicación que permitan la adquisición de los insumos y contratación de mano de obra.

Diseño de la tecnología MIAF

En terrenos con pendientes moderadas, menores al 20%, Cortés *et al.* (2005) han implementado un arreglo espacial típico que consiste de tres franjas de 4.8 m de ancho cada una. La franja central está compuesta por una hilera de árboles frutales (que respondan a la conducción y poda tipo *Tatura*) y las franjas contiguas por el maíz o frijol. En total son seis surcos de 0.80 m de ancho cada uno. Idealmente se alternan dos surcos de maíz seguido de dos de alguna especie leguminosa, procurando una microrotación entre estos. De esta manera, cada especie ocupa una tercera parte de terreno. La repetición de este módulo resulta en un total de 12 surcos de maíz con

leguminosa intercalados en hileras de árboles frutales separadas a 14.4 m. Debido a que el árbol frutal se encuentra en crecimiento, los primeros tres años se pueden aprovechar con una franja de 1.6 m a cada lado del árbol con los cultivos básicos.

Los árboles frutales se siembran a una distancia de 1 m siguiendo una poda tipo *Tatura* modificado por Cortés *et al.* (2005); es decir dejando una o dos ramas de estructura en cada lado. Siguiendo este arreglo se obtienen una densidad de 694 árboles ha⁻¹ (Hernández, 2014).

Podas de formación y mantenimiento

En los estudios de Torres *et al.* (2008) utilizando sistemas MIAF se concluyó que la formación y poda del árbol frutal es clave para maximizar la eficiencia de la producción económica. Cortés *et al.* (2005) proponen para esta tecnología el sistema de poda y conducción *tatura* modificado. Este sistema consiste en dejar una o dos ramas estructurales por árbol (con sus respectivas ramillas de fructificación) de tal manera que el árbol tenga forma estructural de “y”.

A continuación se detallan los procedimientos generales para llevar a cabo la poda bajo esta tecnología:

- Primer año, poda de invierno: el despunte es importante en limón persa debe hacerse cuando el árbol tiene una altura de 70 cm aproximadamente, se despunta alrededor de 10 cm (Curti *et al.*, 2000).

- Podas en periodo de crecimiento: se recomiendan podas ligeras una o dos veces al año. En este periodo se deben reducir de manera importante las ramas que no se quieren como permanentes, eliminar los ápices de las ramas menos deseables, y remover los crecimientos vigorosos ubicados al centro del árbol (chupones) normalmente improductivos.
- Segundo año de poda de invierno (reposo): esta poda es definitiva para establecer la rama estructural. Esta debe estar a un ángulo de alrededor de 30° en relación al árbol y orientada perpendicularmente a la hilera. Una vez seleccionada, se despunta en su tercio terminal. El resto de las ramas se eliminan. Las ramillas laterales pequeñas a lo largo de las dos ramas se dejan para fructificación precoz, crecimiento del árbol y protección de quemaduras de sol.
- Podas en los años subsecuentes: estas tienen por objeto estimular el crecimiento dirigido de las ramas primarias y sus ramificaciones. Para lograr esto, en la rama de estructura se selecciona una rama líder vigorosa con dirección hacia arriba y hacia afuera. Esta rama líder se despunta 1/3 del crecimiento anual. Las ramas secundarias, perpendiculares a la rama primaria de estructura, se eliminan y las restantes son acortadas 2/3 de la longitud. Las ramillas laterales débiles son cortadas a una o dos yemas, mientras que las vigorosas se dejan para fructificación. De esta manera se asegura fructificación suficiente para una producción constante del árbol. Asimismo, para permitir la penetración de luz al interior debe regularse el crecimiento vigoroso de la parte superior del árbol y eliminar “chupones”.

Se sugiere la aplicación de pasta sulfocálcica (1 kg en 2 l de agua) en árboles recién podados para estimular la cicatrización. La aplicación se hace con brocha directamente en la herida.

Aspectos críticos a considerar para el establecimiento del MIAF

Se requiere una alta capacitación y posterior asesoría para el manejo de los árboles frutales (Cortés *et al.*, 2005), particularmente las podas, lo que se documentó en Ruiz *et al.* (2012) para la región mixe, donde entre el 31 y 42% de los productores practicantes mencionaron la poda como una actividad difícil de aprender. Asimismo, la inversión del establecimiento puede llegar a ser tres veces más en comparación al monocultivo en esta zona, (considerando la cantidad de árboles que se requieren), para lo que Cortés *et al.* (2005) sugiere una implementación gradual de la tecnología.

2. Manejo integral de plagas y enfermedades

Con la finalidad de incrementar los niveles en los indicadores: *rendimiento de limón* y *el índice de dependencia de insumos externos*; se propone el siguiente manejo integral de plagas y enfermedades.

En entrevista semiestructurada del Anexo I, dirigida a productores de limón persa de la comunidad, se mencionó afectación de los cultivo de limón persa por: gomosis, araña roja y virus de la tristeza. Asimismo en campo se observó afectación de los frutos (sin

ser un daño considerable) por un tipo de ácaro. En atención de lo anterior, se sugiere el siguiente manejo según la causa de la afectación:

Gomosis

Esta afectación se observa en la Figura 10. La gomosis es generada por dos géneros de hongo, uno de los cuales proviene del suelo, del género *Phytophthora*; y el otro de las partes aéreas, del género *Diplodia*, que ataca primero las puntas de las ramas del árbol. Este último se combate con las podas de aclareo para eliminar las zonas afectadas (Geilfus, 1994). Para evitar la afectación por *Phytophthora* se sugiere lo siguiente (Geilfus, 1994; Curti *et al.*, 2000; Restrepo, 2006):

- Injerto a 30-40 cm del suelo y cultivos de cobertura (como *Arachis pintoi*) alrededor del árbol para evitar que las salpicaduras de agua lleguen a las heridas o aberturas del tronco
- Uso del porta injerto de naranjo agrio o cucho que es muy tolerante a este hongo
- Evitar las heridas al tronco
- Aplicación de caldo bordelés al 1%
- Desinfección de la herramienta de corte y podas con caldo bordelés
- Podar las ramas inferiores para mejorar la aireación del tronco
- Controlar oportunamente las partes dañadas



Figura 10. Árbol de limón persa afectado por gomosis en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.

Es importante remarcar que la excesiva humedad favorece el desarrollo del hongo, por lo que las recomendaciones irán dirigidas también para evitar encharcamientos.

Virus de la tristeza

Para el caso de la afectación por virus de la tristeza, esta no es posible erradicarla, pero si prevenirla. Hay afectación por medio de los porta-injertos que ya vienen afectados (Geilfus, 1994); y a través de pulgones (Curti *et al.*, 2000). De los porta-injertos que se utilizan en la comunidad, el más susceptible a este virus y el más utilizando es la variedad naranjo agrio (*Citrus aurantium*); en contraparte, el porta-injerto volkameriana es tolerante; por lo que es recomendable el establecimiento de parcelas de limón persa con porta-injertos diversificados.

Asimismo es posible evitar la presencia de los pulgones como vectores del virus de la tristeza utilizando caldo sulfocálcico al 10%. Este mismo preparado puede ser utilizado para el control de araña roja y los ácaros de los frutos. Para más detalle de los aspectos de aplicación de los preparados mencionados en este apartado, consulte el Cuadro 16.

3. Nutrición

Con la finalidad de incrementar los niveles de los indicadores: *rendimiento de limón persa, materia orgánica y el índice de dependencia de insumos externos*; se hace la propuesta que se describe a continuación con base al análisis químico de fertilidad del suelo y de observaciones en campo.

Los resultados del análisis químico de los suelos en la zona de goteo de ambos sistemas se muestran en el Cuadro 17. Estos resultados fueron obtenidos y clasificados según lo establecido en la NOM-021- SEMARNAT-2002.

Como puede observarse en el Cuadro 17, ambas parcelas presentan rangos similares; a excepción única del potasio, que en el caso del sistema agroforestal presenta concentraciones altas, en comparación al rango medio que presenta el monocultivo.

Cuadro 16. Aspectos a tomar en cuenta para la aplicación de los preparados orgánicos

Afectación/ momento	Causa	Preparado	Aplicación
Gomosis	Hongos	Caldo bordalés al 1% (a base de sulfato de cobre y cal)	Rociar foliarmente los árboles después de cada floración, si el daño es grande, dos aplicaciones: una antes de la floración y otra cuando dos tercios de los pétalos hayan caído.
Pulgones transmisores del virus de la tristeza, araña roja y ácaros		Caldo sulfocálcico al 10% (a base de azufre y cal viva)	Se aplica de manera foliar, de preferencia en el revés de las hojas con una bomba. Aplicar al atardecer o cuando comienza a amanecer porque con el sol directo pueden generarse afectaciones.
Podas		Pasta sulfocálcica	1 kg en 2 litros de agua. Aplicar directamente con brocha en la zona recién cortada.

Fuente de información: Restrepo (2006).

Cuadro 17. Resultados del análisis químicos de fertilidad del suelo de las parcelas representativas de los sistemas de producción de limón persa en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.

Variable	Monocultivo: Limón		Agroforestal: Limón- maíz	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
pH	5.18	Ácido	4.96	Ácido
Materia orgánica (%)	1.48	Bajo	1.21	Bajo
Nitrógeno inorgánico (mg kg ⁻¹)	7.00	Deficiente	7.00	Deficiente
Fósforo (mg kg ⁻¹)	7.47	Bajo	5.81	Bajo
Potasio (mg kg ⁻¹)	137.61	Medio	185.80	Alto
Calcio (mg kg ⁻¹)	852.03	Bajo	883.40	Bajo
Magnesio (mg kg ⁻¹)	277.30	Alto	326.20	Alto
Sodio (mg kg ⁻¹)	5.07	Deficiente	5.84	Deficiente
Hierro (mg kg ⁻¹)	19.66	Medio	20.45	Medio
Manganeso (mg kg ⁻¹)	5.04	Deficiente	7.24	Deficiente
Zinc (mg kg ⁻¹)	1.66	Bajo	1.57	Bajo
Cobre (mg kg ⁻¹)	2.45	Alto	2.58	Alto
Boro (mg kg ⁻¹)	0.74	Bajo	0.70	Bajo
CIC (Cmol kg ⁻¹)	8.00	Bajo	12.00	Bajo

Es de notar las altas concentraciones de magnesio y cobre para ambos sistemas. La alta concentración de cobre podría explicarse debido a la acidez del suelo (Jackson, 1964).

Los elementos que se encuentran en deficiencia y bajas concentraciones son: nitrógeno inorgánico, sodio, manganeso, fósforo, calcio, zinc y boro.

La Figura 11 muestra dos fotografías obtenidas en campo en parcelas de limón persa de la comunidad. Estas hojas muestran deficiencias nutricionales que pueden atribuirse al calcio, con base en lo observado por Curti *et al.* (2000) en la Figura 12. Esta observación se corrobora con los bajos niveles de este elemento obtenido en los análisis de fertilidad de suelo.



Figura 11. Hojas de limón persa que muestran clorosis venal, en Jaltepec de Candayoc, Oaxaca.



Figura 12. Clorosis venal de la hoja de limón persa, síntoma típico de deficiencia de calcio en las hojas de la planta (Curti *et al.*, 2000).

Abonos orgánicos tipo bocashi

Las concentraciones de materia orgánica para ambos sistemas están por debajo del nivel medio, por lo que se recomienda el uso de abonos orgánicos, como por ejemplo el abono tipo bocashi, que además de incrementar los contenidos de materia orgánica pueden disminuir la acidez del suelo (Núñez, 2012). Asimismo, la neutralización del pH puede hacer más disponible el nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo (Borroto y Borroto, 1991).

Aplicación de biofertilizantes líquidos

Se recomienda la aplicación del biofertilizante supermagro enriquecido con los siguientes minerales que contienen los elementos que particularmente han sido detectados como faltantes en estos suelos: sulfato de zinc, cloruro de calcio, sulfato de manganeso, molibdato de sodio y bórax (Restrepo, 2006). Este preparado igualmente contiene cenizas que aportan otro tipo de minerales. Para mayores detalles de aplicación, consulte el Cuadro 16.

4. Encalado

Con la finalidad de contribuir a incrementar el *rendimiento del limón persa*, se propone el encalado bajo los criterios que se describen a continuación.

Como ya se mencionó anteriormente, el pH óptimo para el desarrollo de limón persa está entre 6.0 y 7.0. Los suelos de estas parcelas están por debajo del óptimo, por lo que una corrección del pH se hace necesaria. Se recomienda la aplicación de cal agrícola

dolomita (mezcla de carbonato de calcio y magnesio) al voleo en la zona de goteo. Se sugiere cal dolomita para asegurar una relación favorable de Ca/Mg.

Los resultados de análisis del suelo muestran una acidez intercambiable de alrededor de 2.3 Cmol kg^{-1} . Con base a estos resultados se estimó que se requiere el aporte de 3.8 a 4 t ha^{-1} de cal dolomita al voleo y debajo de la zona de goteo para neutralizar la acidez estos suelos. Curti *et al.* (2000) recomiendan aplicar cal cada tres años en condiciones de humedad en suelo; asimismo que el material sea lo más fino posible para asegurar una mayor disponibilidad para la planta. Se sugiere un monitoreo anual del pH del suelo para tomar medidas de prevención y/o corrección a tiempo (Curti *et al.*, 2000).

5. Riego

Con la finalidad de incrementar el rendimiento del limón, la relación B/C y los ingresos del productor que se traducen en una reducción de la superficie para cubrir la línea de bienestar familiar se recomienda ampliamente el riego. A través de seguir esta recomendación se puede incrementar notoriamente el rendimiento del limón persa en los meses de marzo y abril que es cuando este cultivo alcanza su mejor precio.

En la comunidad llueve aproximadamente 2020 mm al año. Este volumen es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo; sin embargo, la precipitación no se distribuye uniformemente durante todo el año. Curti *et al.* (2000) reporta numerosos estudios que relacionan el incremento en el rendimiento del cultivo cuando se establece riego en temporadas de baja precipitación, periodo en el que este fruto alcanza el mejor precio.

6. Promoción de la puesta en práctica de tecnologías, conocimientos y tradiciones agrícolas ancestrales

El sistema agroforestal tiene la facultad para que se lleven a cabo todas de tradiciones, tecnologías y conocimientos agrícolas de la comunidad; sin embargo, es de resaltar que aunque la siembra del maíz criollo es posible, ya no se práctica. Por lo que es primordial considerar medidas de conservación *in situ* y de resguardo de germoplasma de los maíces criollos (y los conocimiento culinarios que se derivan) en la comunidad de Jaltpec de Candayoc, Oaxaca.

Se sugiere llevar a cabo reuniones de intercambio de saberes entre productores; así como generar espacios culturales y lúdicos para la reflexión de la importancia de estas prácticas ancestrales. Estas reuniones pueden ser organizadas de manera conjunta entre la comisaría ejidal, la agencia municipal y la institución educativa de nivel superior ISIA. Se sugiere que estos saberes sean sistematizadas por estudiantes de educación media superior y superior de la comunidad.

Asimismo se propone llevar productores de otras comunidades vecinas que practiquen éstas u otras tradiciones agrícolas ancestrales para enriquecer este intercambio de saberes y tradiciones.

7. Uso de cultivos de cobertura

Con la finalidad de reducir la dependencia de insumos provenientes del exterior (IDIE) y con eso incrementar la autonomía de los productores; reducir los costos por chapeo; y con las ventajas adicionales de aportar materia orgánica, conservar la humedad,

incrementar el rendimiento de los frutos y favorecer la infiltración, entre otros, se sugiere el uso de cultivos de cobertura (Pound, 1998; Curti *et al.*, 2000; Borroto *et al.*, 2001).

Para aquellos productores que no estén en condiciones o interés de incursionar con la tecnología MIAF se sugiere el uso de cultivos de cobertura.

Curti *et al.* (2000) recomiendan la implementación de los siguientes cultivos de cobertura para el limón persa: Soya perenne (*Neonotonia wightii*), cacahuate forrajero (*Arachis pintoi*) y mucuna (*Mucuna pruriens*). Asimismo, en la comunidad de estudio se cuenta con una experiencia de intercalar *Canavalia ensiformis* al limón con estos mismos fines.

Particularmente para monocultivos de limón persa ya establecidos, que no sigan el modelo de MIAF, se sugiere la siembra de *Canavalia ensiformis* en los primeros 4 años de edad del cultivo de limón para contribuir a mejorar la fertilidad del suelo.

Se recomienda intercalar con *Canavalia ensiformis*, porque: a) no es una planta invasiva al limón, b) en la comunidad ya se cuenta con semilla; y c) hay personal capacitado para promover sus beneficios y asesor sobre su manejo.

Un estudio llevado a cabo por Borroto *et al.*, (2001) donde compara el efecto de los cultivos de cobertura: *Stylosanthes guianensis*, *Arachis pintoi*, *Clitoria ternatea* y *Neonotonia wightii*; en plantíos de cítricos, obtuvo que las especies de los géneros

Arachis y *Neonotonia* fueron las leguminosas que presentaron un aceptable potencial forrajero y persistencia; asimismo son las que más favorecieron una disminución de la densidad del suelo, un mejor estado estructural, mayor conservación de la humedad, mayor presencia de la macro y microfauna. ; así como una mayor producción de frutos.

Arachis y *Neonotonia* son perennes, pero tienen la desventaja de crecer lentamente y requieren alrededor de ocho meses para lograr una cobertura total del suelo; mientras que la mucuna, de crecimiento anual, cubre al suelo en dos meses; sin embargo en la comunidad hay productores que ya han asociado mucuna con el limón y los resultados no han sido satisfactorios dado que la mucuna es invasiva y requiere mucho control (de lo contrario compite por luz con el limón); además de que culturalmente no es muy aceptada por el productor dado que mencionan que atrae culebras.

Respecto al cacahuate forrajero, se sugiere sembrar bajo la copa de los árboles de limón persa a través de la siembra por esqueje que tiene mejores resultados que la siembra por semilla, según un estudio de Ruiz (2014) para cultivos orgánicos de limón persa en Tabasco, Huimanguillo.

Es aconsejable comenzar por los cultivos de cobertura que ya se conocen y gradualmente ir probando el efecto de otros, como la soya perenne.

8. Capacitación

Con base a los resultados de esta evaluación, se han detectado los siguientes temas que requerirán de capacitación:

- Podas.
- Manejo integral de plagas y enfermedades.
- Cultivos de cobertura.
- Elaboración y aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes.
- Identificación en campo de deficiencias nutricionales a través de la observación de las hojas.
- Importancia del encalado.
- Producción de planta.
- Organización para la comercialización.
- Implementación de riego.
- Importancia de la agrobiodiversidad.