



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad
Morelia

META-ANÁLISIS SOBRE LA EVALUACIÓN DE
SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS CAMPESINOS:
UN ACERCAMIENTO A ESTUDIOS LONGITUDINALES

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

SUSANA D'ACOSTA LAFON

DIRECTORA DE TESINA: DRA. MARTA ASTIER CALDERÓN

MORELIA, MICHOACÁN

ENERO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESCUELA
NACIONAL
DE ESTUDIOS
SUPERIORES
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

10
años
(1911-2021)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA
SECRETARÍA GENERAL
SERVICIOS ESCOLARES

MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE

DIRECTORA

DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

PRESENTE

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 09** del **Comité Académico** de la **Licenciatura en Ciencias Ambientales** de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **17 de octubre de 2022**, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional de la alumna **Susana D'Acosta Lafon** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **408099965**, con el trabajo titulado: **"Meta-análisis sobre la evaluación de sustentabilidad en sistemas campesinos: Un acercamiento a estudios longitudinales"**, bajo la dirección como tutora de la **Dra. Marta Astier Calderón**.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

Presidente:	Dr. Carlos Ernesto González Esquivel
Vocal:	Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes
Secretario:	Dra. Marta Astier Calderón
Suplente:	Dra. Jovanka Špirić
Suplente:	Dra. María de la Esperanza Arnés Prieto

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Morelia, Michoacán a 07 de diciembre de 2022.

DRA. YUNUEN TAPIA TORRES
SECRETARIA GENERAL

CAMPUS MORELIA

Antigua Carretera a Pátzcuaro N° 5701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta
58190, Morelia, Michoacán, México. Tel: (443)689.3500 y (55)5623.7300, Extensión Red UNAM: 80614
www.enesmorelia.unam.mx

Agradecimientos

A la Licenciatura en Ciencias Ambientales por permitirme ser parte de las primeras generaciones de este gran proyecto.

A Marta Astier, la directora de este trabajo, por la enorme paciencia y por compartir la emoción y las ganas de concluir este trabajo, por la confianza, el apoyo y las enseñanzas para resolver los obstáculos que se presentaron en el proceso de elaboración de esta tesina.

A los miembros del jurado por aceptar ser parte de este proceso, por su tiempo y sus atinados comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo:

- Dr. Carlos Ernesto González Esquivel
- Maestra Carla Noemí Suarez Reyes
- Dra. Marta Astier Calderón
- Dra. Jovanka Spiric
- Dra. María de la Esperanza Arnés Prieto

A todo el equipo de servicios escolares que en estos años me han asesorado en repetidas ocasiones y con una enorme paciencia para que pudiera concluir este proceso, en especial al Licenciado Agustín Martínez que pacientemente me ha orientado en cada uno de los trámites.

A todos los profesores de la carrera que me guiaron y enseñaron a ver el medio con una mirada más amplia, por compartir su conocimiento y brindarme las herramientas y la convicción de dedicarme a las Ciencias Ambientales.

Agradecimientos personales

A mis padres por su paciencia, amor, aceptación y apoyo incondicional: a mi mamá por ser ejemplo de bondad y perseverancia, por alentarme a intentarlo las veces que sean necesarias; a mi papá por acompañarme inteligentemente, por ser ejemplo de templanza y fuerza, por mostrarme la importancia de la honestidad y por su inacabable generosidad.

A mis hermanos por ser mis compañeros en este caminar; a Aban por su libertad y desapego, por cuidarme y brindarme ligereza; a Francisco por su nobleza y sensibilidad, por sus opiniones honestas, por ayudarme a concretar y a ver las cosas desde otra perspectiva.

A Miguel por ayudarme a crecer y mostrarme tantas cosas que desconocía de mí, por su cariño y todos sus esfuerzos, por brindarme la estabilidad que necesitaba para concluir este ciclo.

A Irma por hacer esta licenciatura conmigo, por todo el amor, por la confianza brindada y por decirme siempre la verdad.

A Fausto por todo lo compartido, por mantenerse como un bello recuerdo y ser uno de los motores principales que me llevaron a concluir este proceso.

A Isabel por estar presente, por los abrazos y por permitirme acompañarnos mutuamente en esta etapa de tesis.

A Michelle por su guía e interés para que concluyera esta etapa, por estar, aún a la distancia y por ser una importante inspiración académica.

A toda mi familia, amigas y amigos, por las porras y el interés genuino que han mostrado por mi trabajo de titulación.

A todas las personas que han acompañado mi camino desde que inicie la Licenciatura en Ciencias Ambientales, hace ya 14 años.

Gracias a cada uno de ustedes por ser mis maestros, por construir una parte de mí, por construir una parte del presente trabajo.

Índice

Resumen	5
1. Introducción	9
1.1 Justificación.....	10
1.2 Preguntas de investigación	11
1.3 Objetivos	11
2. Marco teórico	13
2.1 La Sustentabilidad.....	13
2.2 Sistemas campesinos.....	14
2.3 Evaluar la sustentabilidad.....	15
2.4 El marco MESMIS	16
2.5 Análisis de estudios de caso	21
3. Metodología	23
3.1 Búsqueda y recopilación de información	24
3.2 Lectura y registro de información	24
3.3 Integración de bases de datos.....	25
3.4 Análisis e integración de la información.....	27
4. Resultados	28
4.1 Análisis general del MESMIS	28
4.2 Análisis de los sistemas alternativos más sustentables	42
4.3 Análisis de los estudios de caso longitudinales	47
5. Discusión	57
5.1 Análisis general del MESMIS	57
5.2 Análisis de los sistemas alternativos más sustentables	64
5.3 Análisis de los estudios de caso longitudinales	66
6. Conclusiones	71
6.1 Desde el punto de vista metodológico	71
6.2 Desde el punto de vista de la sustentabilidad.....	73
Referencias bibliográficas.....	76
Anexos	82

Resumen

La discusión en torno al concepto de sustentabilidad es extensa y de una gran ambigüedad y, aunque no se cuenta con una definición universal, es innegable que se trata de un concepto de gran relevancia a escala local y global. De ahí ha surgido la necesidad de desarrollar métodos para evaluar la sustentabilidad de las múltiples formas de manejo de recursos naturales, en un sinnúmero de localidades en el mundo.

La evaluación de la sustentabilidad mediante enfoques sistémicos que incluyan indicadores ambientales, económicos y sociales, ha recibido atención recientemente debido a su potencial como herramienta para la toma de decisiones. Entre dichas metodologías se encuentra el MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad), creado por un grupo de investigadores de centros de investigación y ONGs mexicanas, quienes hicieron pública la metodología en 1999. Para el 2019, tras 20 años del desarrollo del marco, se han realizado más de 100 estudios de caso que han incorporado el MESMIS como método de evaluación de la sustentabilidad en distintos sistemas de manejo alrededor del mundo.

El presente proyecto hace un análisis de esta propuesta metodológica para entender cuáles son las debilidades y fortalezas tanto de la metodología como de los sistemas que le apuestan a la sustentabilidad, mostrando el aprendizaje generado a lo largo de 20 años de uso del MESMIS. Para poder alcanzar estos objetivos la investigación se dividió en tres secciones; en la primera se hace un meta-análisis de un conjunto de 110 estudios de caso buscando conocer el uso del MESMIS en términos metodológicos; en la segunda se analiza un subconjunto de 35 casos cuyos sistemas alternativos son más sustentables que los de referencia, para identificar las principales técnicas y prácticas de manejo que aportan a la sustentabilidad; y en la tercera sección se analiza a profundidad un subconjunto de 13 estudios de caso que llevaron a cabo evaluaciones de tipo longitudinal, con el propósito de conocer la aplicación de la metodología y los resultados obtenidos por las experiencias más consolidadas.

Los resultados mostraron que el uso de la metodología ha aumentado con el tiempo, y que se utiliza principalmente en Latinoamérica, aunque también hay casos en Norte América, Europa, Asia y África, lo que evidencia su flexibilidad frente a distintos contextos y realidades geográficas. Así mismo, el MESMIS ha demostrado ser adaptable a las condiciones y necesidades de distintos tipos de usuarios, siendo éstos principalmente instituciones académicas, pero también organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y de productores.

Desde el punto de vista metodológico, el MESMIS ha resultado útil para estudiar una gran variedad de sistemas de manejo a partir del uso de cinco premisas y seis pasos que, con algunas modificaciones, han sido utilizados en la mayoría de los casos analizados. Los resultados muestran que el marco puede fortalecerse haciendo énfasis a los usuarios sobre la importancia de (a) usar los atributos como guía para el análisis de los sistemas; (b) definir claramente los sistemas alternativos y de referencia; (c) complementar todos los pasos de la aplicación de la metodología con herramientas participativas y, finalmente, (d) hacer recomendaciones finales dirigidas tanto a la mejora de los sistemas como al perfeccionamiento de la metodología.

En lo que respecta a la sustentabilidad, se observó que la mayoría de las propuestas buscan mantener los beneficios y conocimientos existentes, agregando innovaciones que permitan mejorar el sistema productivo, en lugar de sustituirlo por uno nuevo. Las características más frecuentes entre los sistemas con mayor grado de sustentabilidad son la alta diversidad de cultivos, la práctica del autoconsumo, la baja dependencia de insumos externos, el uso de coberturas vegetales, y la alta participación de los productores en capacitaciones y asesorías.

En cuanto al análisis de los estudios longitudinales, en términos metodológicos se observó que es relevante involucrar a los productores de manera que ellos continúen con los ciclos de evaluación, y que es necesario analizar los indicadores antes de cada evaluación, ya que puede ser necesario modificarlos para no omitir datos relevantes de la evolución del sistema. En términos de sustentabilidad, se analizaron los puntos críticos previos a la propuesta alternativa, los indicadores en los que se vieron reflejadas las mejoras de los sistemas y las características que contribuyen a la sustentabilidad en la mayor parte de los sistemas evaluados. Se encontró que estas características son el uso de prácticas para la conservación de suelos y control de erosión, la alta diversidad de cultivos y la buena organización comunitaria y participación de los productores en la toma de decisiones.

Este trabajo ofrece información fundamental para la actualización y mejora del marco MESMIS, con lo que se busca potenciar su uso y beneficiar a una mayor cantidad de usuarios y una mayor cantidad de sistemas de manejo de recursos naturales.

Abstract

The discussion around the concept of sustainability is extensive and highly ambiguous and, although there is no universal definition, it is undeniable that it is a concept of great relevance on a local and global scale. Therefore arises the need to develop methods to assess the sustainability of the multiple forms of natural resource management in countless locations around the world.

Sustainability assessment through systemic approaches that include environmental, economic and social indicators has recently received attention due to its potential as a tool for decision making. Among such methodologies there is MESMIS (Framework for the Assessment of Management Systems Incorporating Sustainability Indicators, acronym in Spanish), created by a group of academics from Mexican research centers and NGOs, who made the methodology public in 1999. By 2019, 20 years after the development of the framework, more than 100 case studies have incorporated MESMIS as a sustainability assessment method in different management systems around the world.

This project analyzes this methodological proposal to understand the weaknesses and strengths of both the methodology, and the systems that bet on sustainability, showing the knowledge generated on 20 years of use. For this, the investigation was divided in three sections; in the first one a meta-analysis of 110 case studies was made, focused on understanding the use of MESMIS in methodological terms; in the second one 35 cases whose alternative systems are more sustainable were studied, to identify the main techniques and management practices that contribute to sustainability; and in the third section, 13 case studies that made a longitudinal assessment were analyzed in depth, to learn about the application of the methodology and the results obtained by the most consolidated proposals.

The results showed that the use of the methodology has increased over time, and that it is mainly used in Latin America, although there are also cases in North America, Europe, Asia and Africa, which demonstrates its flexibility in different contexts and geographical realities. Likewise, MESMIS has proven to be adaptable to the conditions and needs of different types of users, which mainly are academic institutions, but also governmental and non-governmental organizations and farmers.

From a methodological point of view, MESMIS has proved to be useful for studying a wide variety of management systems based on the use of five premises and six steps that, with some modifications, have been used in most of the analyzed cases. According to the results, the framework can be strengthened by communicating more clearly to the users, the relevance of (a) using the attributes

as a guide for systems analysis, (b) defining the alternative and reference systems, (c) using participatory tools in every step, and (d) making final recommendations for the improvement of both, systems and methodology.

Talking about sustainability, it was observed that most of the proposals seek to maintain existing benefits and knowledge, adding innovations that allow improvement in the production system, instead of replacing it with a new one. The most frequent characteristics among the systems with the highest degree of sustainability are the high crop diversity, food self-sufficiency, low external inputs, use of vegetative cover, and farmer's high participation in trainings.

Regarding the analysis of the longitudinal studies, in methodological terms, it was observed that it is relevant to involve the farmers so that they continue with the assessment cycles, and that it is necessary to analyze the indicators before each evaluation to make the necessary modifications not to omit relevant data on the system's evolution. In terms of sustainability, the critical points prior to the alternative proposal, the indicators in which the improvements of the systems were reflected and the characteristics that contribute to the sustainability of most of the assessed systems, were analyzed. Finding that, the use of soil conservation and erosion control practices, high crop diversity, and good community organization and participation of producers in decision making are the most frequent characteristics.

The results of this work seek to provide fundamental information for the update and improvement of MESMIS, with the aim of enhancing its use for the benefit of a greater number of users and a larger number of systems.

1. Introducción

La discusión en torno a la definición del concepto “sustentabilidad” es extensa y de una gran ambigüedad. Actualmente no se cuenta con una definición universal, puesto que la sustentabilidad debe definirse localmente prestando atención a la diversidad sociocultural y ambiental. Sin embargo, no se puede debatir que es un concepto de gran relevancia global.

A partir de la publicación del informe de Bruntland en 1987, el concepto de sustentabilidad ha cobrado cada vez mayor importancia. Actualmente se ha convertido en uno de los elementos clave para el manejo de recursos naturales, y está en el centro de las agendas de instituciones gubernamentales, de investigación, de organizaciones no gubernamentales y otros grupos relacionados con el manejo de recursos naturales (Galván-Miyoshi et al., 2008).

Los recursos naturales son el soporte de la vida humana en este planeta, por ello es de suma importancia ser conscientes del manejo que se hace de los mismos. A raíz de la gran cantidad de información que sustenta el impacto negativo que ha tenido el aprovechamiento de éstos sobre los ecosistemas del planeta, se ha vuelto necesario conocer el impacto que tienen las acciones humanas a largo plazo, así como poder analizar y modificar el manejo de algunos recursos, con la intención de hacerlo más sustentable.

De ahí, surge la creciente necesidad de desarrollar métodos para evaluar la sustentabilidad de las formas de manejo de los recursos naturales. Sin embargo, debido a la complejidad de los sistemas socioambientales, hacer operativo el concepto de sustentabilidad no es una tarea sencilla, y su grado de complicación aumenta en la medida que se trata de evaluar sistemas complejos (Alonso y Guzmán, 2008). La evaluación de la sustentabilidad mediante enfoques sistémicos que incluyan indicadores ambientales, económicos y sociales, ha recibido atención recientemente dado su potencial como herramienta de toma de decisiones (Castillo et al., 2012). Sin embargo, qué indicadores utilizar y cómo aplicarlos a diversas situaciones no son preguntas triviales.

Se han realizado numerosos esfuerzos dirigidos a proporcionar estrategias de evaluación de la sustentabilidad, a partir de los cuales se plantearon los “marcos de evaluación de sustentabilidad”. Éstos son propuestas metodológicas flexibles que, a diferencia de los planteamientos basados en listas de indicadores o índices, permiten guiar un proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos; ya que no parten de una definición precisa, si no que establecen atributos u objetivos generales que son aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y

que sirven de guía para derivar criterios e indicadores más específicos (Galván-Miyoshi et al., 2008).

Entre dichas metodologías se encuentra el MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad), creado por un grupo de investigadores de centros de investigación y ONGs mexicanas, quienes hicieron pública su metodología en 1999 la cual ha sido usada por una gran cantidad de estudios de caso alrededor del mundo.

En 2019, tras 20 años del desarrollo del marco, se han realizado más de 100 estudios de caso que han incorporado el MESMIS como método de análisis y de evaluación de la sustentabilidad en distintos sistemas de manejo de recursos naturales.

El presente proyecto hace un análisis de esta propuesta metodológica, estudiando 110 estudios de caso, para entender cuáles son las debilidades y las fortalezas tanto de la metodología, como de los sistemas que le apuestan a la sustentabilidad. Por medio de un meta-análisis de todos los estudios de caso seleccionados y de dos análisis específicos, uno en estudios cuyas prácticas hacen aportaciones relevantes a la sustentabilidad y el segundo en estudios longitudinales, este trabajo muestra de manera sintetizada el aprendizaje generado a lo largo de 20 años de uso del MESMIS.

En los siguientes capítulos se exponen los hallazgos obtenidos en relación a la forma en la que se ha aplicado el MESMIS desde 1999 hasta el 2019, así como las conclusiones a las que se ha llegado en torno a la sustentabilidad en sistemas de manejo de recursos naturales y la contribución de los sistemas de manejo alternativos a la sustentabilidad. Conjuntamente, se muestra el potencial de la metodología y se hacen recomendaciones para posibles mejoras.

Asimismo, se presentan los resultados obtenidos de un análisis específico realizado en estudios de caso longitudinales, en el cual se evalúa la experiencia y conocimientos generados por propuestas de manejo más consolidadas, además de las oportunidades y desafíos a las que se enfrentan.

1.1 Justificación

El MESMIS es una metodología de gran relevancia para la agenda ambiental actual, debido a que es una herramienta que permite evaluar, cotejar y soportar la toma de decisiones para un futuro más sustentable.

Por consiguiente, hacer una evaluación del uso que se le ha dado a esta metodología hasta el momento (2019) es necesario para poner en evidencia (a) la efectividad del marco y las cualidades que se pueden rescatar para esfuerzos similares en el futuro y, (b) las apuestas de los sistemas de manejo alternativos y su funcionalidad.

Por otro lado, dado que la metodología MESMIS insiste en que se lleven a cabo estudios cíclicos y de largo plazo, el análisis a detalle de estudios de caso longitudinales es relevante para conocer qué se ha aprendido respecto a la sustentabilidad de las propuestas de manejo de recursos naturales cuando las evaluaciones se han logrado establecer a largo plazo, y los desafíos del proceso de transición de los sistemas evaluados.

1.2 Preguntas de investigación

- ¿Dónde se implementan los estudios de caso de aplicación del MESMIS en el mundo y a qué nivel de profundidad?
- ¿Cómo se aplica la metodología en función del cumplimiento de las premisas y pasos del MESMIS a nivel mundial?
- ¿Cuáles son los logros de los sistemas alternativos estudiados en términos de sustentabilidad?
- ¿Cómo se ha aplicado la metodología a estudios longitudinales y cuáles son las dificultades que han enfrentado?
- ¿Cuáles son las lecciones aprendidas en cuanto a la sustentabilidad alcanzada de los estudios longitudinales?

1.3 Objetivos

- Objetivo general

Analizar los hallazgos en relación a las mejoras hacia la sustentabilidad y a la forma en que se ha aplicado el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) desde 1999 hasta el 2019.

- Objetivos específicos

Realizar un análisis general del uso del MESMIS a partir de un conjunto de 110 estudios de caso para conocer el potencial de la metodología y sus posibles mejoras.

Investigar la contribución de los sistemas de manejo alternativos a la sustentabilidad de los mismos.

Hacer un análisis específico de los estudios de caso longitudinales para conocer las oportunidades y los desafíos de las propuestas de manejo más consolidadas.

2. Marco teórico

2.1 La Sustentabilidad

El concepto de sustentabilidad ha sido motivo de debate durante ya más de tres décadas, generando múltiples definiciones e interpretaciones (Johnston et al., 2007). Aunque no se cuenta con una definición universal, se ha convertido en uno de los ejes fundamentales para el diseño, evaluación y creación de propuestas tecnológicas, planteamientos para el desarrollo y políticas públicas, y se ha convertido en uno de los elementos clave para el manejo de los recursos naturales.

Aunque resulta difícil definir la sustentabilidad, este concepto es regido por el principio rector del desarrollo a largo plazo y está estructurado por tres pilares, el ambiental, el social (socio-cultural) y el económico (Luna y Muñoz, 2017). Algunos autores incluyen un cuarto pilar vinculado a cuestiones políticas y/o de gobernanza, el cual busca la complementariedad entre los mecanismos del mercado y la regulación pública desde procesos democráticos y participativos (Alvarez-Litben y Zulaica, 2015). En concreto, se puede decir que la sustentabilidad se refiere al mantenimiento de una serie de objetivos o propiedades deseados en un sistemas a lo largo del tiempo, y es un concepto esencialmente dinámico y de naturaleza multifactorial (Sánchez-Morales, 2012).

La sustentabilidad es un concepto integral, por lo que requiere que todas sus dimensiones sean consideradas interdependientes entre sí, y se debe concebir de manera dinámica, multidimensional y específica a un determinado contexto sociocultural, ambiental y espacio-temporal. El concepto de sustentabilidad es dinámico, como lo es el equilibrio de la naturaleza, por lo tanto no se puede decir que un sistema es o no es sustentable, pues la sustentabilidad más que un tema de calificación es un tema de comparación.

En los sistemas productivos, y en particular en la agricultura, la sustentabilidad es una medida sobre la habilidad que tiene un sistema para mantener la producción a través del tiempo, en presencia de restricciones ecológicas, presiones económicas (Altieri, 1989, citado por Larrondo-Posadas, 2017) y cambios socioculturales. Como Galván-Miyoshi et al. (2008) mencionan, los sistemas de manejo sustentables son aquellos que “permanecen cambiando”, para lo cual deben ser productivos, autoregularse y transformarse, sin perder su funcionalidad. Es decir, la sustentabilidad no representa un estado ideal predefinido, más bien se trata de una cualidad dinámica y para cuya obtención, no existe una única vía.

Un tipo de agricultura (o sistema de manejo de recursos naturales) más sustentable se rige más por principios que por formulas. Un sistema con estas características debe integrar elementos ambientales, sociales y económicos en un estado de equilibrio entre ellos, con repercusiones positivas hacia el sector productivo y hacia los consumidores (Sánchez y Castro, 2011, citado por Sánchez-Morales, 2012).

Hoy en día, los sistemas productivos en manos de familias campesinas son muy importantes por su papel, por un lado, como proveedores de alimentos y, por el otro, como conservadores de la biodiversidad y de los servicios ambientales y sociales que ésta garantiza. Los sistemas campesinos muestran en la práctica, la viabilidad de crear sistemas de manejo en los cuales exista un equilibrio entre todas las dimensiones de la sustentabilidad.

2.2 Sistemas campesinos

Los sistemas campesinos generalmente son sistemas de pequeña escala, en los cuales la mano de obra es fundamentalmente familiar y la producción agropecuaria está destinada principalmente al autoconsumo y la subsistencia (Castelán-Ortega et al., 2008). Estos sistemas suelen ser unidades pluriactivas, es decir que, además de la diversidad en especies vegetales y animales aprovechadas, existen actividades complementarias dentro y fuera de la unidad campesina (De Grammont, 2004), de esta manera un sistema campesino puede incluir uno o varios de los siguientes tipos de sistemas productivos, además de aquellas actividades que vayan surgiendo debido a su constante necesidad de adaptación a las condiciones cambiantes en las que se desarrollan:

- Acuícola
- Agrícola
- Agroforestal
- Agropecuario
- Agrosilvopastoril
- Forestal
- Pecuario
- Silvopastoril
- Turismo

Este tipo de sistemas son producto de una evolución cultural y biológica que interactúa con su medio natural y social, generalmente tienen poco o nulo acceso a insumos, capitales o conocimiento científico externo, y a pesar de esto, han

desarrollado sistemas de producción con rendimientos sostenidos (Sánchez-Morales, 2012).

En la actualidad el sector campesino es muy importante debido a que constituyen la mayoría de la población de las culturas tradicionales, y son grupos sociales que han mostrado la capacidad de generar estrategias más sustentables para el manejo de recursos naturales, así como para adecuarse a las condiciones cambiantes de la actualidad y hacer frente a las situaciones adversas que se les presentan (González, 2001, citado por Sánchez-Morales, 2012). Se considera que las características de estos sistemas y los conocimientos tradicionales y saberes locales de quienes los manejan pueden contribuir a la solución de algunos de los problemas que se viven actualmente.

2.3 Evaluar la sustentabilidad

En todo el mundo, muchas comunidades, organizaciones y familias que manejan y cuidan los recursos naturales, le apuestan a ser más sustentables ambiental, económica y socialmente. Promover el manejo sustentable de los recursos naturales se ha vuelto una tarea impostergable debido a la gran cantidad de evidencia que muestra los efectos negativos del tipo de manejo actual, y para llevarla a cabo se requieren nuevos enfoques y estrategias.

Las metodologías de evaluación de sustentabilidad han sido herramientas importantes que, en las últimas décadas, han permitido evaluar y calificar las aportaciones de las nuevas prácticas y estrategias en sistemas socioambientales, haciendo explícitas las ventajas y desventajas ambientales, económicas y socioculturales de las diferentes alternativas de manejo (Matera et al., 1999). Esto ha permitido hacer operativo el concepto de sustentabilidad, y formular recomendaciones técnicas, y guiar acciones y políticas para el diseño de sistemas de manejo de recursos naturales más sustentables.

Las estrategias de evaluación de la sustentabilidad se pueden clasificar en tres grupos: el primero está centrado en la generación de listas de indicadores de sustentabilidad, las cuales no integran los resultados; el segundo, se constituye por metodologías basadas en la determinación de índices de sustentabilidad, que sintetizan la información en un valor numérico; y el tercero, incluye a los marcos de evaluación de sustentabilidad, los cuales guían el proceso completo de la evaluación (Galván-Miyoshi et al., 2008).

En los últimos años se han desarrollado y validado varios marcos de evaluación de sustentabilidad, que son propuestas metodológicas flexibles que permiten guiar

el proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos. Según Galvan-Miyoshi et al. (2008), quienes llevaron a cabo un análisis de 13 marcos de evaluación distintos, estas metodologías presentan una estructura jerárquica que va de lo general a lo particular, partiendo de atributos u objetivos generales pre-definidos que son aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y derivando en criterios e indicadores que son caso-específicos, y se definen en función de un contexto particular y de los principios o atributos. En los marcos más recientes, además, se hace énfasis en la evaluación como un proceso adaptativo, de continuo aprendizaje y experimentación.

Para lograr un proceso de desarrollo hacia la sustentabilidad es muy importante que los métodos para evaluar la sustentabilidad permitan por un lado, analizar el desempeño de los sistemas en el tiempo y bajo cambios coyunturales y estructurales, y por otro, identificar las ventajas y desventajas ambientales, sociales, económicas y culturales de las diferentes estrategias y sistemas de manejo, con la finalidad de realizar mejoras y hacer más sustentable el manejo cotidiano de recursos naturales (Maserá y López-Ridaura, 2000).

Así mismo, es relevante que tanto el modelo propuesto de sistema de manejo como el propio esquema de evaluación puedan, mediante un proceso dialéctico, cambiarse mutuamente. Según Maserá et al. (1999), para acercarse a un modelo sustentable es necesario perfeccionar el marco de evaluación, al mismo tiempo que se cambian y ajustan diferentes elementos del proyecto (tecnologías, prácticas de manejo, actividades organizativas y otros aspectos).

En este sentido realizar evaluaciones de sustentabilidad contemplando que los sistemas de manejo de recursos naturales son sistemas complejos, que se caracterizan por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada (García, 2011), permite contar con una visión más amplia desde la definición del objeto de estudio. Estos sistemas están compuestos por elementos heterogéneos, cuya naturaleza los sitúa dentro de diversas ramas de la ciencia y la tecnología, y existe una interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos elementos dentro de un sistema total (García, 2011).

2.4 El marco MESMIS

A finales del año 1993 la Fundación Rockefeller solicitó a un grupo de personas pertenecientes a centros de investigación y ONGs mexicanas, desarrollar un método para evaluar la sustentabilidad de los proyectos que manejaban la Red “Manejo de Recursos Naturales” en México. Unos años después, en 1999, el

Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) fue publicado como una metodología concreta y consolidada.

El MESMIS está dirigido a pequeños productores campesinos, los cuales se estiman que constituyen 500 millones de granjas de las 570 millones de granjas existentes a nivel mundial (Lowder et al., 2014), además de ser la fuente principal de alimento de países menos adelantados, de quienes dependen cerca de 1,500 millones de personas (Speelman et al., 2008). Ya sea que dichos productores hagan un aprovechamiento de sistemas agrícolas, forestales, pecuarios o mixtos, se pretende que el marco de evaluación sirva como punto de apoyo para hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la búsqueda de un desarrollo social más equitativo, ambientalmente sano y económicamente viable para comunidades rurales (Maserá et al., 2000).

Para esto, el MESMIS propone una estructura cíclica, adaptada a diferentes niveles de información y capacidades técnicas. Tiene una orientación práctica y se basa en un enfoque participativo mediante el cual se promueve la discusión y retroalimentación de evaluadores y evaluados. Además, intenta brindar una visión interdisciplinaria que permita entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico (Maserá et al., 1999).

Como otros marcos metodológicos que analizan la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, el MESMIS parte de una discusión teórica sobre el significado del término sustentabilidad y los principales atributos que varios autores han delineado. El MESMIS está fundamentado en los siguientes objetivos generales para el desarrollo sustentable:

- Asegurar la satisfacción de las necesidades humanas esenciales, comenzando por las necesidades de los más pobres
- Promover la diversidad cultural y el pluralismo
- Reducir las desigualdades entre individuos/regiones/naciones
- Conservar y aumentar la base de recursos existente
- Aumentar las posibilidades de adaptación a las perturbaciones naturales y antropogénicas
- Desarrollar tecnologías eficientes y de bajo consumo de recursos, adaptadas a las circunstancias socioecológicas locales y que no signifiquen riesgos importantes para las generaciones presentes y futuras
- Generar estructuras productivas, de distribución y consumo que brinden los servicios y bienes necesarios, propicien el empleo total del trabajo con

sentido, con la finalidad de mejorar las capacidades de desarrollo de los seres humanos (Maserá et al., 1999).

Considerando los objetivos anteriores, el MESMIS plantea las siguientes cinco premisas que dan soporte a la estructura de la metodología:

1. El concepto de sustentabilidad se define a partir de cinco atributos generales de los sistemas de manejo: 1. Productividad; 2. estabilidad, confiabilidad y resiliencia; 3. Adaptabilidad; 4. Equidad; y 5. Autogestión.
2. La evaluación de sustentabilidad se lleva a cabo y es válida solamente para: sistemas de manejo específicos en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político; una escala espacial previamente determinada; y una escala temporal previamente determinada.
3. La evaluación de la sustentabilidad es una actividad participativa que requiere de una perspectiva y un equipo de trabajo interdisciplinarios. El equipo de evaluación debe incluir tanto a evaluadores externos como a los involucrados directos.
4. La sustentabilidad no puede evaluarse per se sino de manera comparativa o relativa. Esta comparación puede ser transversal, es decir, evaluar de manera simultánea un sistema de manejo de referencia y un sistema alternativo con características similares, generalmente ubicados en la misma localidad, pero con estrategias de manejo distintas; o bien, puede ser longitudinal, analizando un mismo sistema a lo largo del tiempo, haciendo una comparación de la evolución en el tiempo de la sustentabilidad del sistema en estudio.
5. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como de la metodología utilizada (Maserá et al., 1999).

Los atributos de la sustentabilidad sirven de guía para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y para derivar indicadores de sustentabilidad durante el proceso de evaluación. Para dar concreción a los atributos generales, se definen una serie de puntos críticos para la sustentabilidad del sistema que se relacionan con tres áreas de evaluación (ambiental, social y económica). En cada área de evaluación se definen criterios de diagnóstico e indicadores, lo que asegura una relación clara entre los indicadores y los atributos de sustentabilidad del agroecosistema (Maserá et al. 1999).

Con base en las premisas, el MESMIS propone un ciclo de evaluación que comprende una serie de seis pasos que son la pauta para llevar a cabo la evaluación de sustentabilidad de un sistema. Estos pasos son:

1. Determinación del objeto de la evaluación. Se definen los sistemas de manejo que se han de evaluar, sus características y el contexto socioambiental de la evaluación.
2. Determinación de los puntos críticos. Se delimitan los puntos que inciden en la sustentabilidad de los sistemas de manejo que se van a evaluar.
3. Selección de indicadores. Se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación.
4. Medición y monitoreo de los indicadores. Este paso incluye el diseño de los instrumentos de análisis y la obtención de la información deseada.
5. Presentación e integración de resultados. Se compara la sustentabilidad de los sistemas de manejo analizados y se indican los principales obstáculos para la sustentabilidad, y los aspectos que más la favorecen. Para esto se sugiere el uso de gráficas tipo amiba o amoeba o mapa radial.
6. Conclusiones y recomendaciones. Se hace una síntesis del análisis y se proponen sugerencias para fortalecer la sustentabilidad de los sistemas de manejo, así como para mejorar el proceso mismo de evaluación (Masera et al., 1999).

Al realizar estos seis pasos se habrá avanzado en la conceptualización de los sistemas y los aspectos que se desea mejorar, para hacerlos más sustentables, y con esto se da inicio a un nuevo ciclo de evaluación (Ilustración 1).

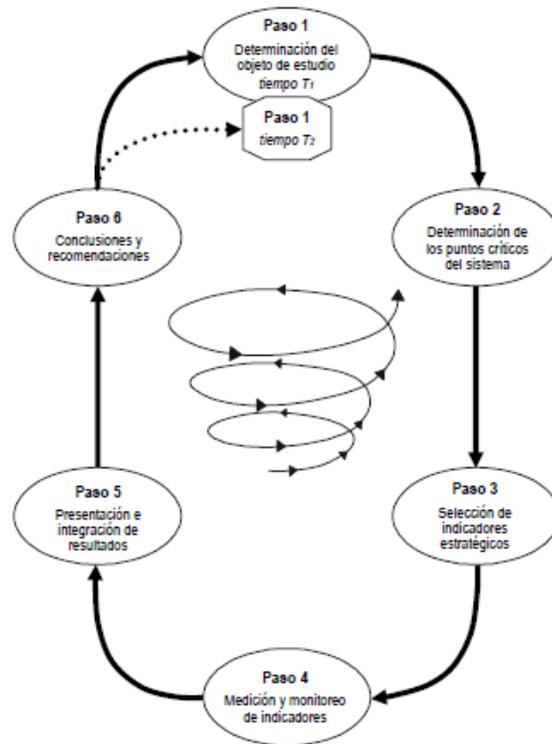


Ilustración 1. Ciclo de evaluación (Masera et al., 1999)

Durante los últimos 20 años esta metodología ha dado soporte teórico y práctico a más de 150 investigaciones alrededor del mundo, y ha sido una de las metodologías más empleadas por agroecólogos que buscan analizar los sistemas agrarios a escala de finca desde una triple perspectiva: económica, social y ecológica (Alonso y Guzmán, 2008).

Otro aspecto importante del proyecto MESMIS ha sido la formación de personas con un nuevo enfoque sobre la multidimensionalidad del manejo de recursos naturales. Para esto se han llevado a cabo múltiples cursos, talleres y programas para distintos actores sociales y en distintos países, con la intención de llegar a un público cada vez más amplio. Así mismo se han llevado a cabo programas de licenciatura y postgrado, capacitaciones a promotores rurales, además el trabajo con grupos locales campesinos y de ONG. Arévalo-Pacheco (2015) registró que desde su primera edición en 1999, el proyecto ha generado más de 30 publicaciones entre artículos, libros arbitrados, manuales, artículos de divulgación y documentos de apoyo, ha impartido más de 40 cursos, talleres y seminarios en Latinoamérica, ha participado en 15 programas de licenciatura y posgrado en Iberoamérica, y ha colaborado con grupos de trabajo internacionales.

En este sentido, de manera particular el programa MESMIS considera los siguientes objetivos estratégicos e interrelacionados:

- Integrar la teoría de sistemas complejos en las evaluaciones de sustentabilidad
- Desarrollar y actualizar un marco metodológico que le permita a tomadores de decisiones hacer comparaciones multicriterio de corto y largo plazo de estrategias alternativas de manejo de recursos naturales
- Facilitar el aprendizaje por medio del cual los tomadores de decisiones puedan entender, usar y retroalimentar conceptos, herramientas y otros resultados de dichas evaluaciones
- Validar el marco al promover un número de estudios de caso
- Promover y facilitar la participación de tomadores de decisiones en el proceso evaluativo (Astier et al. 2012).

El MESMIS es una metodología que se mantiene en un proceso continuo de evolución, al igual que el mundo, por lo que evaluarla y conocer el estado actual de su uso es relevante para proponer mejoras y actualizaciones adecuadas a las necesidades de los usuarios.

2.5 Análisis de estudios de caso

Al igual que cualquier herramienta, las metodologías de evaluación de la sustentabilidad requieren de valoraciones que permitan conocer el uso que se les ha dado y su eficiencia, para identificar sus fortalezas y las áreas críticas a desarrollar para su mejoramiento. Para que estas continúen aportando a la sustentabilidad de los sistemas, es necesario que se actualicen y adapten a los cambios en los que están inmersos sus usuarios y los sistemas que evalúan.

Una de las principales preocupaciones del proyecto es la validación del marco MESMIS en una serie de estudios de caso, así como la sistematización y análisis de las diferentes experiencias generadas a partir de su aplicación. Para Stake (2005) el estudio de caso es el estudio de la particularidad y la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes, son investigaciones empíricas de un objeto de estudio en su contexto real, en las que los límites entre el fenómeno y el contexto no se muestran de forma precisa, y se pueden utilizar múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente (Jiménez-Chaves, 2012).

Estas experiencias y el estudio de las mismas proporcionan lecciones importantes para el mejoramiento del marco de evaluación, y para su implementación en la evaluación de alternativas de manejo y diseño de sistemas de producción sustentables (Speelman et al., 2008).

Para esto se han realizado varios análisis de estudios de caso que han utilizado la metodología. Como el presente trabajo, cada uno de estos trabajos recopila un número diferente de estudios y enfocan el análisis en distintos objetivos. A continuación se enlistan los trabajos más relevantes:

- Masera & López-Ridaura (2000) analizan los cinco estudios de caso que forman parte del libro.
- López-Ridaura, Masera & Astier (2002) analizan cinco estudios de caso en México como guía para conocer el funcionamiento de la metodología.
- Astier & Hollands (2005) analizan seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica.
- Speelman, López-Ridaura, Aliana, Astier & Masera (2007) analizan 28 estudios de caso en Latinoamérica, después de diez años de inicio del MESMIS.
- Speelman, Astier & Galvan-Miyoshi (2008) reúnen 48 estudios de caso en América y Europa, y muestran resultados del análisis de 29.
- Astier, Speelman, López-Ridaura, Masera & González-Esquivel (2011) analizan 15 estudios de caso en Latinoamérica.

- Astier, García-Barrios, Galván-Miyoshi, González-Esquivel & Masera (2012) analizan 25 estudios de caso en Latinoamérica.
- Arnés & Astier (2018) analizan siete estudios de caso en países andinos.
- Santos-Silva & Caporal (2017) analizan el uso del MESMIS en nueve estudios de caso en Brasil.
- Borges, Souza, Epifane, Ferreira & Khoury (2020) reúnen 138 estudios de caso alrededor del mundo y analizan el uso del MESMIS geográficamente y a través del tiempo, el tipo de sistema productivo estudiado y la aplicación de los pasos.

Después de la publicación internacional de Astier et al. (2012), el MESMIS se ha continuado aplicando en el mundo y actualmente el listado de experiencias de uso de esta metodología asciende a más de 155 proyectos.

De acuerdo con Botella y Zamora (2017), a veces el objetivo de un meta-análisis no es otro que el de una actualización de los resultados de otro anterior, incorporando los estudios publicados desde entonces, por lo que, tomando como referencia los trabajos anteriormente enlistados y buscando brindar información novedosa para la actualización y mejora de la metodología, en el presente trabajo se hace un meta-análisis de 110 estudios de caso.

Además, se evalúan los resultados obtenidos por los sistemas alternativos que hacen un aporte relevante para la sustentabilidad y se hace una análisis profundo de los estudios que llevaron a cabo una evaluación de tipo longitudinal, es decir, aquellas evaluaciones que analizaron un mismo sistema a través del tiempo de manera periódica, comparando la evolución en el tiempo de la sustentabilidad del mismo (Masera et al., 1999).

3. Metodología

En la presente investigación se llevó a cabo un meta-análisis, es decir, un análisis cuantitativo de revisiones de la literatura científica sobre una pregunta específica (Botella & Zamora, 2017). Según Botella y Zamora (2017), las fases de un meta-análisis son: formulación del problema, búsqueda de los estudios, codificación de los estudios, análisis estadístico e interpretación y publicación.

Debido a que una parte del análisis realizado es cualitativa, también se tomó como referencia una metodología para llevar a cabo una revisión bibliográfica que, de acuerdo a Gómez-Luna et al. (2014), cuenta con las siguientes fases: definición del problema, búsqueda de la información, organización de la información y análisis de la información. A partir de las fases propuestas en ambos estudios citados, se adaptaron cinco pasos (Diagrama 1) para llevar a cabo esta investigación.

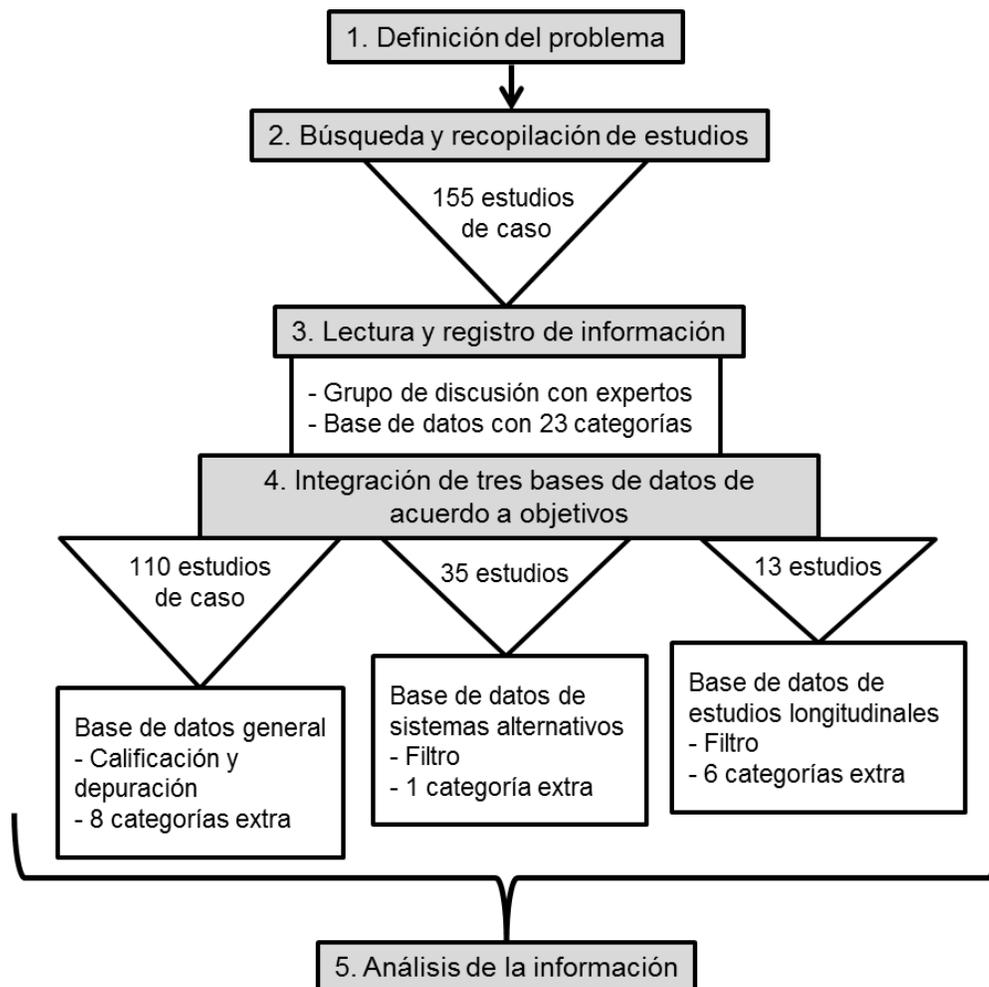


Diagrama 1. Pasos de la metodología utilizada

3.1 Búsqueda y recopilación de información

Se realizó una búsqueda exhaustiva de estudios de caso (tesis de licenciatura, maestría y doctorado, artículos científicos, artículos de divulgación, resúmenes de congreso, reportes de proyectos) que registraron el uso de MESMIS desde el año 1999 hasta el año 2019.

El punto de partida fue un listado de 106 estudios de caso de una base de datos inédita realizada por Migoya en 2016 y alimentada por Camacho en 2018, a partir de la cual se inició una búsqueda de literatura científica y literatura gris publicada y disponible en línea hasta el año 2019. Para esto, se usó Google Académico empleando como palabra clave "MESMIS". Se escogió dicho motor de búsqueda debido a que mucha información sobre esta metodología sólo está disponible como literatura gris y Google Académico es más eficiente para encontrar literatura no académica que otros buscadores (Vargas-Ramírez y Paneque-Gálvez, 2019). De manera complementaria, se revisaron las bases de datos digitales de Redalyc, Scielo, Agris y la biblioteca digital de la UNAM.

A raíz de esta búsqueda se obtuvo un listado de 155 estudios de caso que fueron la muestra inicial de este proyecto.

3.2 Lectura y registro de información

Una vez obtenidos los documentos digitales de los 155 estudios de caso, se leyó cada uno y se registró la información en dos bases de datos estructuradas en Microsoft Excel. La primera de estas almacena la información general que nos brindan los artículos y que ayuda a responder las preguntas de investigación, y la segunda contiene los indicadores utilizados en cada uno de los estudios de caso.

Para seleccionar las categorías consideradas en la base de datos inicial, se llevó a cabo un grupo de discusión con cuatro investigadores expertos en el marco MESMIS, pertenecientes al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM), al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM), al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y al Colegio de Postgraduados (COLPOS), y múltiples reuniones con algunos de ellos de manera independiente. De esta manera se definió el siguiente listado:

- Autor (es)
- Año
- Título
- Región
- País
- Componentes
- Tipo de sistema
- Sistema alternativo
- Sistema de referencia
- Sistema más sustentable

- Tipo de documento
- Institución que realiza el estudio
- Tipo de evaluación
- Número de sistemas evaluados
- Escala espacial
- Escala temporal
- Participación de los productores
- Atributos definidos
- Numero de indicadores evaluados
- Indicadores (otra base de datos)
- Integración de indicadores
- Uso de otra metodología
- Valor de la información

3.3 Integración de bases de datos

Después de leer los 155 documentos y registrar la información principal obtenida de esta primera lectura, se ordenó, clasificó y depuró la base de datos inicial para crear tres bases de datos que corresponden a los tres objetivos específicos de esta investigación. Cada una de las bases de datos se integró de la siguiente manera:

- **Base de datos general.** Para generar esta base de datos se agregaron algunas categorías y se descartaron algunos estudios quedando un listado de 110 estudios de caso que se analizaron para responder el primer objetivo específico de esta investigación.

Primero se descartaron todos aquellos documentos escritos en un idioma distinto a inglés y español. Posteriormente se asignó un valor numérico a cada estudio de acuerdo a la cantidad de pasos y premisas con las que cumplían, y al valor de la información aportada para los objetivos de la investigación. Se dio un valor del 1 al 5 siendo 1 el valor más bajo, otorgado a los estudios cuya aportación era menos valiosa, y 5 el valor más alto, utilizado para los estudios ejemplares que cumplen con todos los pasos y premisas del MESMIS. Los estudios cuyo valor asignado fue 1 o 2 fueron eliminados de la base de datos debido a su poca aportación para este trabajo; los estudios valorados con 1 no son estudios de caso MESMIS, y aquellos con valor de 2 son documentos que citan al MESMIS o usan alguna parte de la metodología, pero no cumplen con los pasos, los atributos, ni las premisas de la metodología. Así mismo, se eliminaron los estudios que no llevaron a cabo las mediciones, que son propuestas teóricas para abordar la evaluación de un sistema de manejo.

Una vez descartados los 45 estudios que no cuentan con la información necesaria para este trabajo, se agregaron 8 categorías a la base de datos y se volvió a leer los 110 estudios de caso para recabar la información faltante, la cual se encontraba principalmente en las secciones de metodología y resultados. Las categorías agregadas fueron:

- Tipo de institución
- Cantidad de sistemas comparados

- Sistema alternativo identificado
- Uso de gráfica AMIBA
- Medición y monitoreo
- Recomendaciones finales
- Metodología extra
- Observaciones

- **Base de datos de sistemas alternativos más sustentables.** De la base de datos general se tomó un subconjunto de estudios que cumplieran con dos características específicas para responder el segundo objetivo específico (investigar la contribución de los sistemas de manejo alternativos a la sustentabilidad). Los estudios que componen esta base de datos son la selección resultante después de aplicar dos filtros. Primero se aplicó un filtro en la categoría “Sistema alternativo identificado” eligiendo aquellos estudios de caso que tipifican los sistemas analizados, es decir, aquellos que especifican claramente en el escrito cuál es el sistema alternativo y cuál el de referencia, lo que arrojó un total de 44 estudios. Posteriormente, se aplicó a este primer listado un segundo filtro en la categoría “Sistema más sustentable” para seleccionar los estudios en los que el sistema alternativo resultó ser el más sustentable de los sistemas analizados, obteniendo una base de datos compuesta de 35 estudios, a la cual se le agregó la categoría:

- Características del sistema más sustentable

Por último se leyeron los 35 documentos pertenecientes a esta selección, para reunir la información necesaria. La cual se encontró principalmente en las secciones de resultados y conclusiones.

- **Base de datos de estudios longitudinales.** Se eligieron 17 estudios de caso de la base de datos general para responder el tercer objetivo específico. Para esto se aplicó un filtro en la categoría “Tipo de evaluación” y se seleccionaron todos los estudios que llevaron a cabo una evaluación de tipo longitudinal o mixta (evaluaciones que realizan un análisis tanto longitudinal como transversal).

Posteriormente se agregaron las siguientes 6 categorías a la base de datos:

- Dimensión longitudinal
- Número de evaluaciones
- Puntos críticos previos a la propuesta alternativa
- Características del sistema más sustentable
- Indicadores con mejoría en el sistema más sustentable
- Recomendaciones metodológicas

Para finalizar se revisaron nuevamente los 17 estudios a profundidad para poder completar la base de datos con la información faltante, esta

información se encontraba en todas la secciones de los documentos, por lo que fue necesario leerlos completos nuevamente. A partir de esta revisión, se descartaron algunos de los estudios definidos como “longitudinales” por no cumplir con todos los pasos y premisas del MESMIS, quedando una base de datos de 13 artículos de estudios longitudinales relevantes, que respondieron las 6 categorías nuevas.

3.4 Análisis e integración de la información

Con las tres bases de datos integradas y ordenadas, se analizó la información registrada utilizando varias herramientas de Microsoft Excel (tablas dinámicas, filtros, figuras, fórmulas, etc.), y se integró en cuadros, gráficas y diagramas que dan respuesta a los objetivos de la investigación.

Para obtener la información que le dio forma a las tablas, graficas, listados y mapa que responden el primer objetivo, se utilizó una tabla dinámica en la cual se aplicaron distintos filtros y combinaciones, que dieron lugar a tablas más concretas con las que se consiguieron datos específicos y se generaron gráficas.

Para responder el segundo objetivo se analizaron las características de los sistemas alternativos más sustentables desglosando cada característica de cada estudio en una base de datos. Éstas se enumeraron de acuerdo a su aparición y posteriormente se utilizaron filtros y fórmulas para obtener el cuadro y la tabla que se presentan en este documento.

Por último, para responder el tercer objetivo, se usó una tabla dinámica en la que se aplicaron filtros y combinaciones para generar las tablas y los datos duros presentados en el capítulo de resultados. Además se hizo un análisis detallado de los puntos críticos, los indicadores y las características, generando bases de datos que desglosan toda la información, que posteriormente se resumieron con el uso de fórmulas y filtros para llegar a las tablas y cuadros que se muestran más adelante.

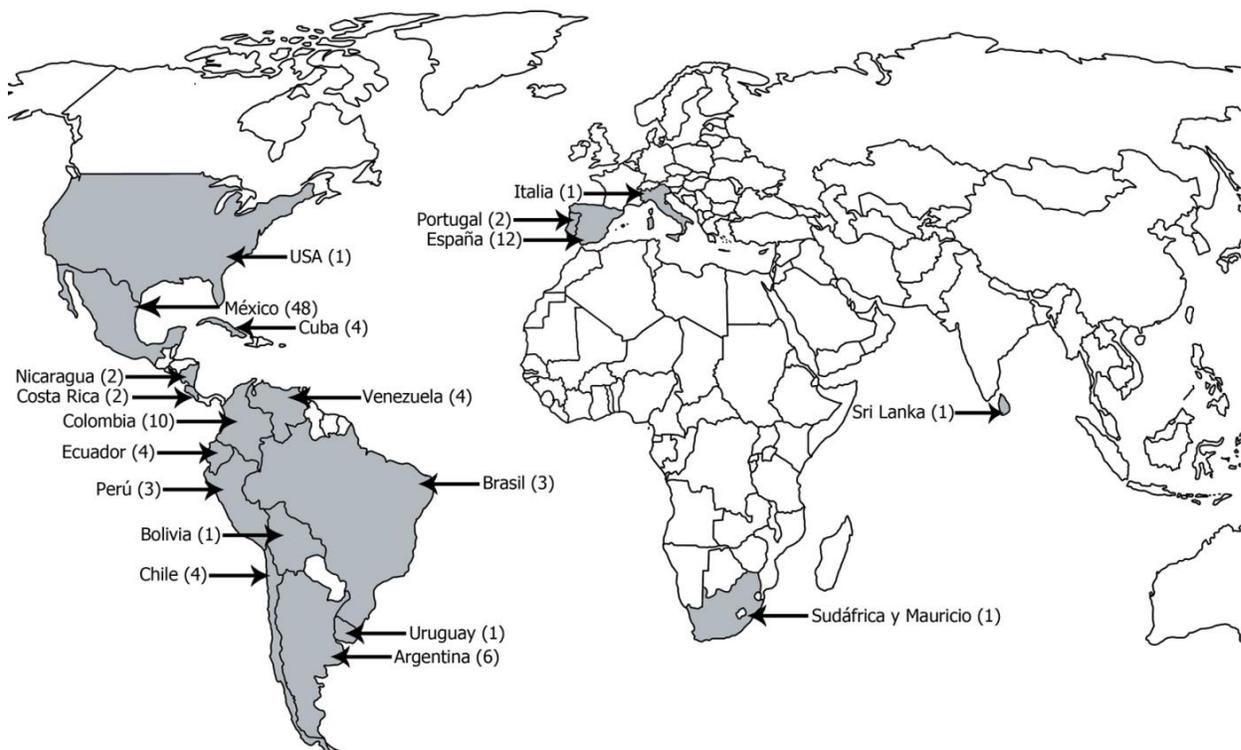
4. Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en tres secciones, de acuerdo a los objetivos específicos de esta investigación:

4.1 Análisis general del MESMIS

En la primera sección se expone la información resultante de un meta-análisis realizado con 110 estudios de caso que han utilizado el MESMIS como metodología para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales. La presente sección se centra en los aspectos metodológicos de la aplicación del MESMIS, resumiendo la información general de los estudios y sus características en cuanto al uso de la metodología.

4.1.1 ¿En dónde se implementan los estudios de caso y a qué nivel de profundidad?



Mapa 1. Uso del MESMIS en el mundo

De acuerdo a los 110 estudios analizados, hasta el año 2019 se ha utilizado el MESMIS como herramienta de análisis en 19 países distintos (Mapa 1). La mayoría de estos estudios se llevaron a cabo en México (43.6%) el país de origen de la metodología, y un poco más de la mitad de los estudios analizados corresponden a otros países (62 estudios). Una parte importante de los estudios

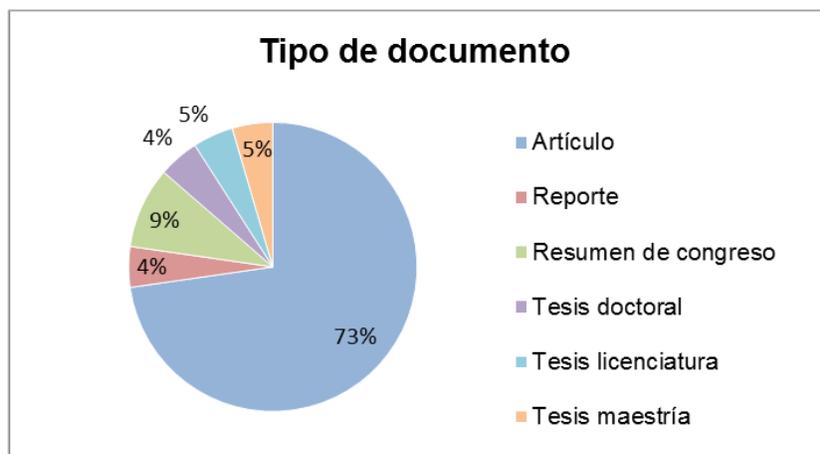
fueron realizados en Sur América (44 estudios), siendo Colombia el país con más estudios en América, después de México. En este sentido, es relevante mencionar que el MEMSIS ha sido ampliamente aplicado en Brasil, se encontraron 17 estudios realizados en dicho país, sin embargo, debido a limitaciones del idioma solo se incluyeron tres de estos en el presente trabajo, pues el resto se encuentran en portugués.

Después de México, España es el país con más estudios de caso analizados en el presente trabajo (10.9%) y es el país que cuenta con la mayor cantidad de estudios realizados por una institución pública (6 estudios). Este resultado es significativo debido a que, como se puede apreciar en la Tabla 1, la mayoría de los estudios de caso son llevados a cabo por instituciones académicas (76.4%), y de los pocos estudios realizados por instituciones públicas, únicamente dos pertenecen a México.

Institución	No. EC
Académica	84
Publica	15
ONG	8
Productores	3

Tabla 1. Instituciones que usan MEMSIS

En la Grafica 1 se puede apreciar que la mayoría de los estudios de caso analizados son artículos científicos (80 artículos incluyendo estudios publicados en libros y revistas). Esto se debe a que en las bases de datos digitales consultadas fue más sencillo encontrar literatura publicada que literatura gris. Además de que si una tesis daba origen a un artículo únicamente se consideró el artículo, y cuando un estudio de caso daba material para más de un artículo, únicamente se consideró el artículo más representativo de dicho estudio.



Grafica 1. Tipo de documento

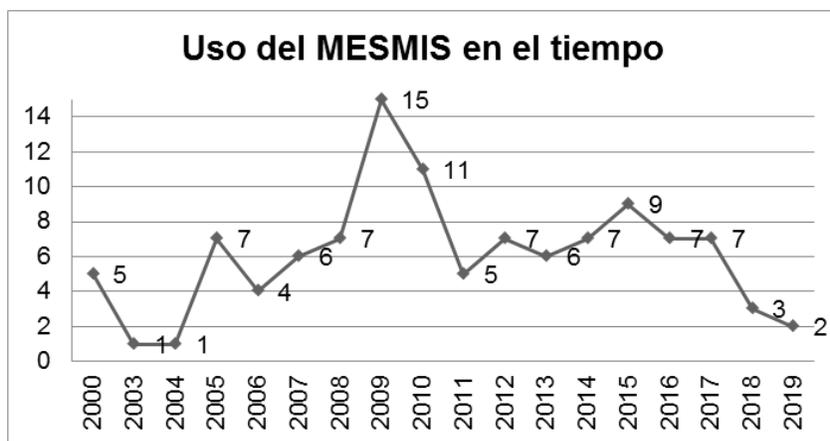
Los estudios se clasificaron de acuerdo a la relevancia de la información aportada y a la cantidad de pasos y premisas que cumplían. Se asignó un valor del 1 al 5 siendo 1 el valor más bajo, otorgado a los estudios cuya aportación era menos valiosa, y 5 el valor más alto, utilizado para los estudios ejemplares que cumplen con todos los requisitos del MESMIS. Los estudios valuados con 1 o 2 fueron eliminados de la base de datos, debido a su poca aportación para esta investigación, así como los estudios que no realizaron mediciones.

En la Tabla 2 se puede apreciar que los estudios con valores más frecuentes fueron 3 y 4 (30.9% y 40.9% respectivamente), y es importante resaltar que el 28.2% de los estudios analizados son estudios ejemplares (valor 5) que cumplen con todos los requisitos del MEMSIS (cinco premisas y seis pasos), de los cuales 18 son estudios realizados en México.

Valor de la información	No. EC
1. No son estudios de caso	Eliminados
2. Cita a MESMIS como referencia para su metodología o propuestas teóricas	Eliminados
3. Estudios confusos que no cumplen con dos pasos o premisas	34
4. Estudios claros que no cumplen con algún paso o premisa	45
5. Estudio que cumple con todos los pasos y premisas del MESMIS	31

Tabla 2. Valor de la información que aportan los estudios de caso (EC)

El análisis realizado en este trabajo abarca 20 años de uso del MESMIS, y aunque en estos 20 años se han llevado a cabo más estudios de caso que los 110 considerados en el presente trabajo (los cuales no se incluyeron por limitaciones del idioma o porque no se encontró el documento en línea), la muestra incluida son ejemplos valiosos del uso de la metodología. En la Grafica 2 se expone la cantidad de estudios de caso publicados por año, con la intención de conocer cómo ha evolucionado el uso de la metodología a través del tiempo. Se puede observar que de 1999 al 2008 los estudios fueron aumentando de manera gradual, en 2009 se publicaron la mayor cantidad de estudios (15 estudios de caso) y, a partir de ese año se mantuvo la cantidad de entre 5 y 11 estudios publicados al año.



Grafica 2. Uso de MEMSIS a lo largo del tiempo

4.1.2 ¿Cómo se aplica la metodología en función del cumplimiento de las premisas y pasos del MESMIS a nivel mundial?

El análisis de la aplicación del MESMIS en los 110 estudios de caso considerados en este trabajo, se dividió en los dos pilares principales de la metodología: las premisas y los pasos. Ambos se describen ampliamente en el capítulo 2, pero de manera resumida estos son:

Premisas	<ol style="list-style-type: none"> 1. La sustentabilidad se define a partir de cinco atributos: productividad; estabilidad, confiabilidad y resiliencia; adaptabilidad; equidad; y autogestión. 2. La evaluación de sustentabilidad se lleva a cabo en sistemas de manejo específicos, con una escala espacial y una escala temporal determinada. 3. La evaluación de la sustentabilidad requiere de una perspectiva interdisciplinaria. El equipo debe incluir a evaluadores externos y a involucrados directos. 4. La sustentabilidad se evalúa de manera comparativa. La comparación puede ser transversal o longitudinal. 5. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico, y su objetivo es fortalecer los sistemas de manejo y la metodología utilizada.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación del objeto de la evaluación. 2. Determinación de los puntos críticos. 3. Selección de indicadores. 4. Medición y monitoreo de los indicadores. 5. Presentación e integración de resultados. 6. Conclusiones y recomendaciones.

4.1.2.1 Premisas

Los atributos son uno de los elementos que hacen al MESMIS una metodología única, la primera premisa indica que la sustentabilidad se define a través de éstos; sin embargo, en la Tabla 4 se puede apreciar que una gran cantidad de estudios de caso no consideran atributos (22.7%). Es importante mencionar que el 6.4% de

los estudios consideran atributos pero omiten alguno de ellos, y los únicos atributos que se omiten en estos siete estudios son adaptabilidad, equidad y autogestión. Por último, el 5.5% de los estudios consideran otros atributos, es decir que incluyen algunos atributos del MESMIS pero en su mayoría utilizan atributos propios adaptados a ese estudio en específico.

Atributos utilizados	No. EC
Todos	72
No considera atributos	25
Otros	6
Omiten uno o dos atributos	7

Tabla 3. Uso de atributos en EC

Para que el MESMIS se pueda aplicar, la segunda premisa determina que es fundamental que los sistemas que serán evaluados estén claramente definidos en términos espaciales y/o temporales. Para analizar la escala espacial utilizada en los estudios, estas fueron determinadas por el área geográfica abarcada por el estudio (tamaño de la muestra) y los resultados obtenidos del análisis. En la Tabla 4 se puede apreciar que la escala espacial más utilizada es la Unidad de producción (54.5%), esta escala incluye fincas, parcelas, agro ecosistemas, empresas agrícolas, granjas, familias, productores, sistemas de producción, ranchos, explotaciones, fincas forestales, unidades de riego, es decir, todas aquellas unidades usadas en estudios que buscan analizar la sustentabilidad de un sistema de manejo en específico y sus características. En estos estudios, independientemente de la cantidad de parcelas evaluadas (desde 2 unidades de producción hasta 112), el objetivo es saber detalladamente cuál manejo de un recurso específico es la mejor opción en términos de sustentabilidad.

Otras escalas espaciales utilizadas fueron Localidades (incluye comunidades, ejidos, pueblos), Municipios (como entidad administrativa), Regiones (delimitadas por sus características biofísicas y/o culturales) y Micro cuencas. Los estudios que utilizan escalas espaciales mayores a la unidad de producción buscan conocer la sustentabilidad del manejo de una zona geográfica, a través de una muestra mucho mayor y del promedio de los resultados obtenidos, sin poner mucha atención en las características del manejo de los sistemas. Por último, los estudios multi-escalares (11.8%) consideran muestras grandes que abarcan varias comunidades o varios municipios, pero la comparación es a nivel de Unidades de producción, estos se enfocan en conocer las características de los sistemas de manejo de un recurso natural específico.

La escala temporal únicamente se determina en los estudios longitudinales y los estudios mixtos, por lo que será abordada de manera más detallada en el tercer apartado de resultados. Para poder comparar la temporalidad de los estudios

analizados, se agruparon en seis lapsos de tiempo distintos de acuerdo al tiempo transcurrido entre cada uno de los levantamientos de datos en los sistemas de manejo estudiados. La escala temporal “periodos” hace referencia a aquellos estudios que no especifican un año sino un periodo de tiempo (Ej: 1990 a 1995 comparado con 1996 a 2002), generalmente vinculado a un momento histórico del sistema estudiado. En la Tabla 4 se puede observar que de los 16 estudios que consideran una escala temporal, lo más común es que los sistemas analizados se comparen en lapsos de 11 o más años y en lapsos entre 2 y 5 años (33.3% para cada caso). Es importante aclarar que en la Tabla 4 no se considera un estudio longitudinal (Marta-Costa y Poeta, 2008) pues en el documento analizado no se indica la cantidad de tiempo transcurrido entre el primer ciclo de evaluación y el segundo.

En ese sentido es importante mencionar que hay algunos estudios transversales, como el de Villalba et al. (2012), Alemán et al. (2005) y Alonso y Guzmán (2008), que hacen indagaciones sobre datos pasados pero no hacen comparaciones con dichos datos, por lo que no se consideran estudios longitudinales.

Escalas			
Escala espacial	No. EC	Escala temporal	No. EC
Multi escalar	13	Periodos	2
Localidad	21	11 o más años	5
Micro cuenca	5	Entre 6 y 10 años	1
Municipio	6	Entre 2 y 5 años	5
Región	5	Anual	2
Unidad de producción	60	Menor a 1 año	1

Tabla 4. Escala espacio-temporal en los EC

Debido a la complejidad que implica el análisis de la sustentabilidad, la tercera premisa dice que es importante contar con una perspectiva interdisciplinaria e incluir actores internos en la realización de los estudios. Para evaluar la participación de los productores en los procesos de evaluación del sistema, se usaron cuatro categorías:

- Alta: estudios que se aproximan a los productores antes de establecer los indicadores y los involucran en la identificación de puntos críticos.
- Media: involucran a los productores en el proceso de monitoreo y medición, pero no están involucrados en la decisión de indicadores.
- Baja: los productores únicamente fueron encuestados para responder las inquietudes de los investigadores, los productores son poco mencionados en el documento analizado.
- Ninguna: no hay productores involucrados.

Se encontró (Tabla 5) que la mayoría de los estudios cuentan con una participación media de los productores (41.8%), seguido por una participación alta (34.5%). El 19.1% de los casos dan poca importancia a los productores, y únicamente cinco estudios no consideran productores; tres de estos fueron realizados en fincas experimentales y los otros dos obtuvieron la información de fuentes documentales. Además, se observó que únicamente 20 estudios de los 110 analizados señalan haber usado metodologías participativas, es posible que otros estudios las hayan utilizado, sin embargo, no lo mencionan claramente en el documento evaluado.

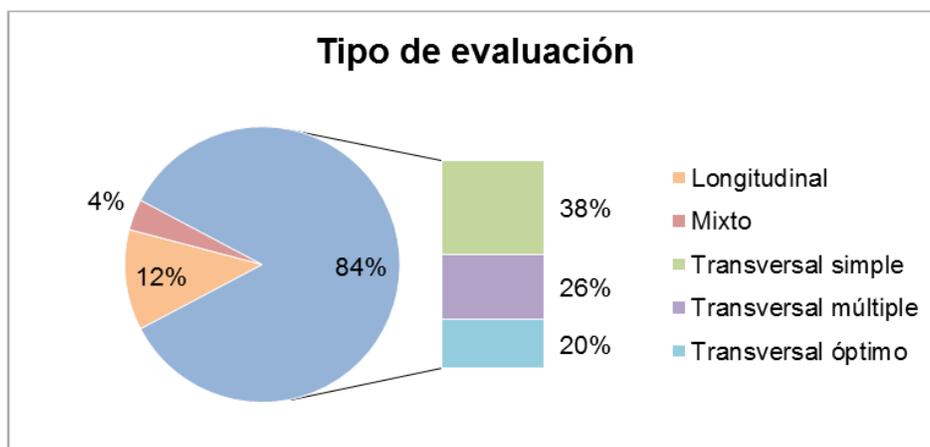
Participación de productores	No. EC
Alta	38
Media	46
Baja	21
Ninguna	5

Tabla 5. Participación de productores

La cuarta premisa indica que la sustentabilidad se evalúa de manera comparativa, plantea que la sustentabilidad no se puede evaluar per se y para poder dar un valor de sustentabilidad al sistema evaluado, este debe ser comparado con otro sistema con características similares y estrategias de manejo distintas (evaluación transversal) o con el mismo sistema a través del tiempo (evaluación longitudinal). Al realizar el análisis de los estudios de caso se pudo descubrir que existen distintos tipos de evaluaciones transversales, decidiendo así hacer la siguiente clasificación:

- Evaluación transversal-simple: estudios que comparan únicamente dos sistemas distintos y establecen cuál es el “sistema alternativo” y cual el “sistema de referencia”
- Evaluación transversal-optimó: estudios que comparan un solo sistema contra un óptimo documental o con un objetivo ideal, generalmente buscan caracterizar un sistema
- Evaluación transversal-múltiple: estudios que comparan más de dos sistemas distintos con la intención de conocer el más sustentable, sin establecer un “sistema alternativo”

De acuerdo a la Gráfica 3, la mayoría de los estudios analizados son transversales (93 de los 110 estudios analizados), de los cuales la mayoría son estudios trasversales simples (42 estudios). Por el otro lado se observa que los estudios longitudinales representan un porcentaje pequeño (13 estudios) y los estudios mixtos un porcentaje todavía menor (4 estudios).



Grafica 3. Tipo de evaluación

De acuerdo a la quinta y última premisa, el MEMSIS tiene como finalidad fortalecer los sistemas de manejo analizados y la metodología utilizada, para lo cual es sumamente importante que los estudios busquen realizarse de manera cíclica, esto implica hacer evaluaciones periódicas (estudios longitudinales) lo cual no sucede frecuentemente, como se puede apreciar en la Grafica 3. Con la intención de establecer una base que permitirá dar inicio a un nuevo ciclo de evaluación, mejorar los sistemas y tener pautas para la planeación a futuro, es importante hacer recomendaciones finales a la metodología y los sistemas analizados. Se indagó en las conclusiones de los estudios analizados y se encontró (Tabla 6) que el 84.5% de los estudios consideran importante buscar una mejoría futura, haciendo alguna recomendación a los sistemas y/o a la metodología y únicamente el 15.5% de los estudios no hacen ninguna recomendación.

Recomendaciones finales	No. EC
Solo sistema	45
Metodología y sistema	42
Ninguna	17
Solo metodología	6

Tabla 6. Recomendaciones finales

Con base en los resultados mostrados se puede decir que la primera premisa planteada por la metodología MESMIS, la cual indica que la sustentabilidad se debe definir a partir de cinco atributos, se cumple en un 65.5%. La segunda premisa se cumple al 100% pues todos los estudios determinan la escala espacial y aquellos que lo requieren definen la escala temporal (excepto el estudio de Marta-Costa y Poeta, 2008). De manera estricta, la tercera premisa, que implica la participación de actores internos y externos en la evaluación, se cumple en un 34.5% aunque otro 41.8% de los estudios están encaminados a cumplirla también. La cuarta premisa se cumple al 100% pues todos los estudios realizan algún tipo

de comparación (longitudinal o/y transversal) para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. Por último, la quinta premisa, que sugiere la realización de evaluaciones cíclicas, es la que menos se cumple (16%), aunque las recomendaciones son una aproximación importante para posteriores evaluaciones y estas están presentes en el 38.2% de los estudios.

4.1.2.2 Pasos

Para realizar un análisis de sustentabilidad utilizando el MESMIS, lo primero que se debe hacer es una caracterización del sistema de manejo a evaluar, para eso es necesario identificar los componentes y el tipo de sistema que se estudiara. Todos los estudios analizados en el presente trabajo cumplieron con esta primera etapa y de acuerdo a los resultados, podemos apreciar en la Tabla 7 que la mayoría de los sistemas son agrícolas (31.8%), esto incluye el cultivo de árboles frutales, hortalizas, flores, forraje y cereales. Al incluir el componente ganadero, se tiene un 22.7% de sistemas agropecuarios, posteriormente 16.4% de sistemas pecuarios y 15.5% de sistemas agrosilvopastoriles. El 13.6% restante se integra por una diversidad de sistemas de manejo bastante amplia, que incluyen acuícolas, bioenergía, forestal, producción de piloncillo, sistemas silvopastoriles y turismo en la naturaleza. Es relevante hacer la aclaración de que la producción de piloncillo hace referencia al estudio de Romero-Morales et al. (2011), el cual analiza el proceso de transformación alimentaria para la obtención de piloncillo, dado que es el único estudio que evalúa el procedimiento utilizado para la producción de un subproducto alimenticio, nos referiremos a él como “producción de piloncillo”.

Tipo de sistema	No. EC
Agrícola	35
Agropecuario	25
Pecuario	18
Agrosilvopastoril	17
Acuícola	4
Forestal	3
Agroforestal	2
Silvopastoril	2
Turismo	2
Bioenergía	1
Piloncillo	1

Tabla 7. Sistemas analizados

Como parte de la caracterización de los sistemas a evaluar el MESMIS plantea que al hacer una comparación entre sistemas a uno de estos se le llamará “Sistema Alternativo” (también llamado modificado, orgánico, ecológico o tradicional) y otro “Sistema de Referencia” (también llamado tradicional o convencional). El sistema alternativo es aquel en el que se han incorporado

innovaciones tecnológicas, de manejo o sociales distintas al sistema de referencia (Matera et al., 1999). El sistema de referencia es aquel que representa las prácticas técnicas y sociales más comunes de la comunidad o región de estudio.

Al hacer el análisis de los 110 estudios de caso fue notorio que más de la mitad de estos (60%) no definen cuál de los sistemas analizados es alternativo y cuál de referencia, la mayoría de los trabajos se enfocan en conocer la sustentabilidad de un solo sistema, o comparan dos o más sistemas sin identificar alguno como alternativo o hacer una hipótesis respecto a cuál de los sistemas analizados será más sustentable.

En la Tabla 8 se puede observar que la mayoría de los trabajos que sí definen un sistema alternativo son evaluaciones de tipo Transversal simple, mientras que la mayoría de los estudios que no especifican un sistema alternativo son evaluaciones de tipo Transversal múltiple, seguido por evaluaciones de tipo Transversal óptimo.

Tipo de evaluación	EC que NO definen	EC que SI definen
Longitudinal	5	8
Mixto	3	1
Transversal múltiple	27	2
Transversal óptimo	22	0
Transversal simple	9	33
Total	66	44

Tabla 8. Tipo de evaluación y definición de sistema alternativo

Una vez caracterizado el sistema a estudiar es necesario identificar los aspectos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para ser sustentables, es decir, los puntos críticos. Para esto se sugiere el uso de estrategias participativas para realizar discusiones grupales, que incluyan a los evaluadores y a los productores. De los 110 estudios de caso analizados, únicamente 20 utilizan alguna metodología participativa, como por ejemplo los métodos participativos de Geilfus (1997) o la investigación acción participativa (IAP). De los 38 estudios que tienen participación alta (Tabla 5), únicamente 12 mencionan haber usado alguna metodología participativa.

El tercer paso consiste en seleccionar los indicadores que serán medidos y analizados. Estos indicadores son seleccionados a partir de la definición de los puntos críticos, considerando los cinco atributos de la sustentabilidad propuestos por el MESMIS y las tres áreas de evaluación (económica, ambiental y social). Casi la mitad de los estudios (47.3%) han logrado evaluar los datos necesarios usando entre 11 y 20 indicadores (Tabla 9). De los 110 estudios considerados en este trabajo únicamente cinco no especifican la cantidad de indicadores utilizados

y otros tres mencionan la cantidad de indicadores usados, pero no los definen. En este sentido, es relevante mencionar que si no se menciona cuáles o cuantos indicadores fueron usados, no significa que no se hayan usado. A veces los artículos resumen la información del estudio y hay datos que, de acuerdo al criterio de los autores, no es mencionada en los artículos. En varios documentos no se define los atributos e indicadores que fueron usados.

Indicadores evaluados	No. EC
Entre 1 y 10	16
Entre 11 y 20	52
Entre 21 y 30	22
Más de 30	15
No especifica cantidad	5

Tabla 9. Cantidad de indicadores utilizados

De manera complementaria se llevó a cabo una recopilación los indicadores utilizados en los 102 estudios de caso que indican los indicadores utilizados, y se obtuvo un listado de 1954 indicadores. Muchos de ellos se repiten en varios estudios, y de manera general los indicadores más utilizados son:

- Acceso a créditos, apoyos y programas
- Acceso a educación, conocimiento, asesorías y capacitaciones
- Uso y acceso a tecnologías, maquinaria, infraestructura y equipo
- Diversidad biológica (animal y/o vegetal)
- Disponibilidad y calidad del agua
- Características y calidad del suelo (erosión)
- Incidencia y control de plagas y enfermedades (uso de agroquímicos)
- Autoconsumo y autosuficiencia
- Costo/beneficio
- Características de los productores, acceso a servicios y calidad de vida
- Comercialización, valor del producto y acceso a mercados
- Conservación de bosques, suelo, vegetación y recursos naturales
- Dependencia y uso de insumos externos (mano de obra, alimento, agroquímicos, semillas)
- Origen de la mano de obra y generación de empleos
- Toma de decisiones, resolución de conflictos, participación en asambleas y organización
- Ingresos y utilidad
- Superficie de cultivo y/o carga animal
- Prácticas agrícolas
- Prácticas para la conservación y/o agroecológicas
- Productividad y rendimiento

Una vez determinados los indicadores a evaluar se hacen las mediciones en los sistemas analizados, para lo que se utilizan distintas herramientas. Con la finalidad de cuantificar las herramientas utilizadas por los usuarios del MESMIS, estas se englobaron en cuatro tipos distintos: encuesta (incluye entrevistas y cuestionarios), documental (información de fuentes documentales), medición (incluye muestreos y

observaciones en campo y análisis de laboratorio) y talleres (dinámicas grupales con productores e investigadores). Algunos estudios utilizaron más de una de estas herramientas para obtener la información que necesitaban, pero definitivamente la encuesta es la herramienta más frecuente, usada en el 88.18% de los estudios (Tabla 10). Se realizaron mediciones en el 52.73% de los estudios y la combinación de encuesta y medición fue la más usada (24 estudios).

Herramientas de Medición	No. EC
Encuesta	97
Documental	29
Medición	58
Taller	30
No menciona	3

Tabla 10. Herramientas de medición

Ya que fue recabada la información necesaria, se resumen e integran los resultados usando herramientas de análisis multicriterio, de manera que se pueda apreciar la comparación entre los sistemas en una gráfica o tabla. Esta presentación debe ser clara y transparente, por ello el MESMIS sugiere presentar los resultados en una gráfica AMIBA. La mayoría de los estudios (88) utilizan una gráfica AMIBA y de los 22 estudios que no la usan, solo seis no presentan integración de indicadores y 16 utilizan tablas o graficas de barras para mostrar sus resultados. Es importante mencionar que existe la posibilidad de que algunos de los estudios que no presentan integración de resultados, si la llevaron a cabo pero no se muestra en el documento analizado. En la Figura 1 se puede observar un ejemplo de grafica AMIBA de un estudio transversal simple.

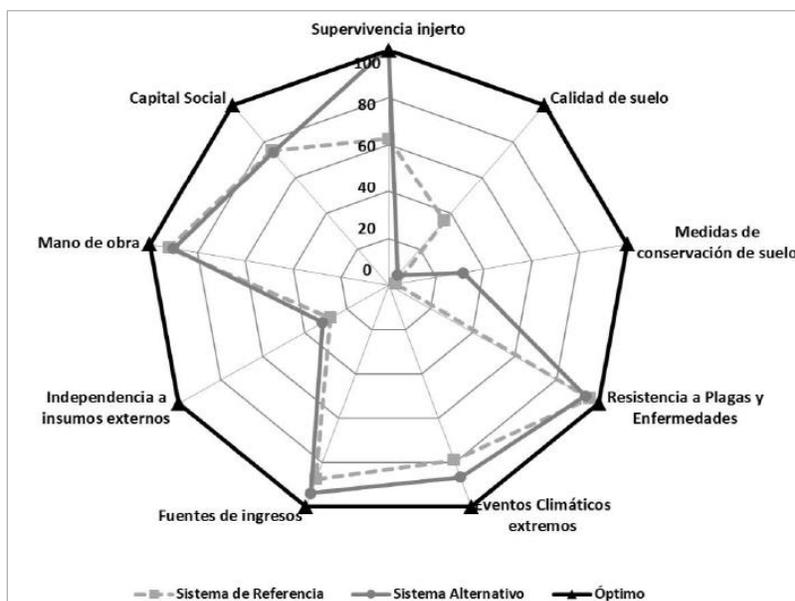


Figura 1. Ejemplo de AMIBA en estudio transversal simple (Larrondo-Posadas, 2017 p.61)

El último paso consiste en hacer una recapitulación de los resultados obtenidos para presentar las conclusiones y hacer recomendaciones tanto para los sistemas evaluados, como para el proceso de evaluación, esto con la intención de establecer una base que permitirá dar inicio a un nuevo ciclo de evaluación y ayudará a fortalecer los sistemas de manejo. La intención del MESMIS es ayudar a mejorar, por ello este último paso es de suma importancia. Como se puede apreciar en la Tabla 6 (en la sección de premisas), lo más común es que las recomendaciones vayan dirigidas únicamente a los sistemas, lo cual sucede en (87 estudios), sin embargo, lo ideal es hacer recomendaciones tanto a los sistemas como a la metodología, lo cual sucede en el 38.2% de los estudios analizados.

Como parte del análisis del uso del MEMSIS, se hizo una compilación de sugerencias y comentarios encontrados en la literatura revisada y en los estudios de caso analizados en este trabajo, con la intención de aportar a la mejora de la metodología. A continuación se citan a varios usuarios del MEMSIS:

Este método satisface mejor que otros las necesidades existentes en la evaluación de la sostenibilidad agrícola, como la multifuncionalidad, la multidimensionalidad e identificar objetivos e interacciones. (Escribano et al., 2014)

This framework is of great practical applicability, and is easily adapted to different agrosystems... The selection of the attributes, however, was one of the hardest tasks in the application of MESMIS because of the lack of consensus about the set of attributes to be used. (Gaspar et al., 2009)

Los indicadores son un elemento central en estas metodologías, sin embargo la selección de indicadores a utilizar y como aplicarlos a diversas situaciones, no es un paso obvio. (Álvarez, 2015)

Considering that traditional evaluation systems are not always able to reflect the typical complexity of socio-economic and agro-ecosystems, MESMIS gives a redefinition of problems from a qualitative point of view and provides a multi-criteria model to handle the management of ecological systems. It is a cyclic process. The final assessment is positive when it helps to improve social and environmental profile of managing systems of natural resources and when the whole evaluation has been developed through a dialogic process with experts. (Certoma y Migliorini, 2011)

Es un instrumento de evaluación muy valioso para conocer los impactos generados por un proyecto, pero es necesario que el proyecto previamente haya definido con claridad sus indicadores, metas y líneas base. (Gutiérrez-Cedillo, 2007)

El MESMIS ofrece pautas para la selección de indicadores ambientales, sociales y económicos específicos, que se centran en características esenciales del desempeño

de los sistemas. Es un marco de evaluación sistemático, participativo, multidisciplinario y flexible. (Ricaurte-Angulo, 2016)

El MESMIS es una herramienta científica-práctica que permite reflexionar y plantear ciertas recomendaciones y/o estrategias que apuntan a satisfacer las necesidades prioritarias en las diferentes áreas y actividades desarrolladas en los agroecosistemas, de parte de los productores, técnicos, investigadores y tomadores de decisiones, entre los más importantes, fortaleciendo de esta manera una evaluación tanto en el perfil socioeconómico, como biofísico. (Vega-Sepúlveda, 2009)

Un aspecto indispensable para diseñar este marco de evaluación es la realización de un proceso participativo, que debe promover la discusión y retroalimentación de evaluadores y evaluados, como forma de construir colectivamente una herramienta para la medición de agroecosistemas a partir de indicadores. (Albicette et al., 2009)

Se trata de una metodología flexible que permite cumplir con el proceso de evaluación tanto en estudios con énfasis en una sola disciplina como en los multidisciplinarios. (Hernández-Rodríguez, 2018)

El MESMIS intenta generar un proceso cíclico que, mediante la integración efectiva de la evaluación en la toma de decisiones, mejora las probabilidades de éxito en el diseño de alternativas y la implementación de proyectos de desarrollo. (Reina-Castro, 2016)

Aunado a las recomendaciones finales para la metodología, es relevante hablar de las adaptaciones realizadas al MESMIS. Actualmente existen una gran cantidad de propuestas metodológicas para el estudio de la sustentabilidad, y muchos de los estudios analizados mencionan haber estudiado y considerado otros marcos metodológicos, sin embargo únicamente 11 estudios utilizan otras propuestas metodológicas y las “fusionan” con el MEMSIS. En la Tabla 11 se pueden observar las distintas metodologías utilizadas para complementar el MESMIS.

Metodología extra	No. EC
Altieri, Castro y Cárdenas	1
Cáceres	1
De Camino y Muller de IICA	1
Funes	1
Leitbilder	1
PER	1
Priego-Castillo	1
SAFE	1
Sarandon	3

Tabla 11. Metodologías complementarias

De manera resumida se puede decir que el primer paso se cumplió en el 100% de los estudios analizados, pues todos caracterizaron los sistemas analizados, sin

embargo solo el 40% hacen una distinción entre el sistema alternativo y el de referencia. En el segundo paso, que implica la identificación de los puntos críticos, se analizó el uso de herramientas participativas que solo fueron utilizadas en el 18.2% de los estudios, aunque el 95.5% de los estudios involucran, en alguna medida, a los productores. La definición de los indicadores, que es el tercer paso, ocurrió en el 95.5% de los casos, aunque se considera que la ausencia de indicadores en el 4.5% restante, se debe a la edición y redacción de los documentos analizados. El cuarto paso se llevó a cabo en el 100% de los estudios, pues todos los estudios seleccionados en el presente trabajo llevaron a cabo mediciones de algún tipo para obtener la información necesaria para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo. El 94.5% de los estudios cumplieron con el quinto paso, integrando los resultados obtenidos en tablas o gráficas, en su mayoría (80%) usando una gráfica AMIBA. El sexto paso se cumplió en el 82.7% de los estudios, haciendo recomendaciones para la mejoría de la metodología y/o los sistemas analizados, aunque únicamente 33.6% de los estudios hicieron recomendaciones a ambos.

4.2 Análisis de los sistemas alternativos más sustentables

En esta segunda sección se muestran los datos obtenidos del análisis puntual de los sistemas alternativos que resultaron ser más sustentables. Este análisis se hizo con 35 estudios de caso, subconjunto de los 110 estudios de la sección anterior, y se enfoca en exponer los logros de los sistemas alternativos y las aportaciones que hacen a la sustentabilidad en cuanto a técnicas y prácticas de manejo.

Para llevar a cabo este análisis primero se definió el conjunto de estudios que cumplen con las características deseadas. Para empezar, se consideraron solamente los estudios que definen el sistema alternativo, es decir, los 44 estudios que están especificados en la Tabla 8. En este sentido es importante considerar que estos 44 estudios son aquellos que hacen la especificación clara en el documento de cuál es el sistema alternativo y cual el de referencia, por lo que hay estudios que, aunque parecen contemplar los dos tipos de sistemas, no fueron considerados debido a que el documento no lo especifica claramente. Hay trabajos en los que resulta evidente cual es el sistema de referencia y cual el alternativo, como en los estudios longitudinales de Arnés et al. (2018) y Marta-Costa y Poeta (2008), pero no fueron contemplados en esta base de datos debido a la ausencia de claridad en el escrito.

Posteriormente se buscó responder si los sistemas alternativos son más sustentables que los sistemas de referencia, para lo que se analizaron los resultados y las conclusiones de estos 44 estudios, obteniendo que en 35 de ellos (79.5%) el sistema alternativo resultó ser más sustentable, en siete de ellos (15.9%) el sistema alternativo fue menos sustentable y los últimos dos (4.5%) no cuentan con resultados concluyentes.

Debido a que se busca conocer las características de los “sistemas alternativos más sustentables”, se trabajó únicamente con los 35 estudios resultantes del proceso anterior, los cuales hicieron una apuesta por los sistemas alternativos y con sus resultados demostraron que éste era el sistema más sustentable. Por último se hizo un análisis minucioso de las características de estos sistemas, con la intención de conocer los motivos por los cuales son más sustentables.

4.2.1 ¿Cuáles son los logros de los sistemas alternativos estudiados en términos de sustentabilidad?

Se reunieron los resultados de los 35 estudios antes mencionados y se analizaron de manera detallada con el fin de identificar las características comunes entre los sistemas más sustentables.

Para facilitar el análisis de las prácticas y alternativas propuestas por cada uno de los sistemas evaluados, y poder conocer cuáles de estas son comunes en más de un sistema, se dividieron los estudios analizados por tipo de sistema de manejo. Posteriormente se hizo un listado de todas las características de los distintos tipos de sistema de manejo (Anexo 2), a partir del cual se obtuvieron las características y prácticas/tecnologías que se comparten en dos o más sistemas, que se muestran en el Cuadro 1.

En este análisis se observó que en tres estudios de caso (Brunnet et al. (2005), Perales et al. (2000) y Arizaga y Cachipulla (2015)), los sistemas de manejo más sustentables son sistemas tecnificados, es decir, sus características están orientadas al uso de insumos químicos, incorporación de innovaciones tecnológicas, cultivo de semilla mejorada, aumento de la productividad, dependencia a insumos externos y mayores costos económicos. En estos casos el resultado de la valoración costo-beneficio indicó que un sistema tecnificado establecido de la forma correcta, en conjunto con algunas técnicas agroecológicas (asociación de cultivos, aplicación de estiércol, cobertura vegetal, policultivo, conservación de suelos y bosque) puede llegar a ser más sustentable que un sistema campesino tradicional. Estos estudios buscan demostrar que los sistemas campesinos pueden mejorar con el uso adecuado de tecnologías, y que es importante combinar el conocimiento tradicional con innovaciones tecnológicas.

Sistema	Características	No. EC
1 sistema acuicola	Introducción, uso y conservación de especies nativas	1
	Manejo multicultural	
	Mayor involucramiento de la comunidad	
	Mayor diversidad de especies y mayor cantidad de especies usadas	
	Diversificación de productos para venta y productos mejor pagados	
	Menor dependencia a insumos externos y uso de herramientas locales	
1 sistema turístico	Mayor participación de la comunidad y mejor organización	1
	Participación en capacitaciones	
	Diversificación del producto turístico	
	Mayor acceso a agua	
	Mayor diversidad biológica	
	Administrado por mujeres nahuas, los hombres y niños operan	
	Operan en fines de semana y vacaciones (ingreso alternativo)	
1 sistema de producción de piloncillo	Aplican innovaciones al proceso de manufactura	1
	Producto mejor pagado	
	Producto final de mayor calidad, con mejor presentación y mayor tiempo de vida	
	Proceso de elaboración más complicado (mayor tecnificación y conocimiento)	
	Mayor mano de obra	
	Diversificación del mercado	
	Disponibilidad del producto todo el año	
	Cuentan con programas de apoyo	
	Integración familiar	
	Productores capacitados	
	Incorporación de insumos externos	
Mejor organización entre unidades de producción		
2 sistemas agroforestales	Asociación de cultivos (leguminosas)	2
	Barreras vivas para contención del suelo	
	Terrazas	
	Mayor diversidad cultivada	
	Reducción de uso de insumos químicos	
	Prácticas de conservación de suelos	
4 sistemas pecuarios	Conservación del bosque y diversidad nativa	3
	Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria	
	Poca o nula dependencia de insumos externos	
	Bajos costos de producción	2
	Conservación de razas nativas	
8 sistemas agrícolas	Aplicación estiércol al suelo	5
	Cobertura vegetal	
	Mantienen y aplican conocimientos tradicionales	4
	Menos insumos externos	
	Diversidad de cultivos	
	Mano de obra familiar	
	Manejo alternativo de plagas y enfermedades (insecticidas naturales, control biológico, biopreparados)	
	Uso de composta	3
	Alta diversidad de flora	
	Conservación y uso eficiente del agua	
	Bajos costos de producción (baja inversión)	2
Participación en capacitaciones		
Menor uso de insumos químicos (fertilizantes, pesticidas)	2	
Asociación de cultivos		

	Insumos orgánicos	
	Terrazas	
	Uso eficiente de recursos económicos	
	Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria	
	Reciclaje y reutilización de residuos	
	Autosuficiencia	
	Ingreso diversificado (diversidad productiva)	
	Diversificación de mercados	
	Mayor diversidad de fauna edáfica	
	Uso de estiércol como abono	
	Pertenece a una organización	
	Participación sociocomunitaria alta (asambleas)	
9 sistemas agro-silvopastoriles	Prácticas de conservación de suelos	6
	Diversificación de cultivos (policultivo)	5
	Alta participación y vinculación en la comunidad	
	Abono con estiércol	4
	Autoconsumo y seguridad alimentaria	
	Rotación de cultivos	
	Participación en capacitaciones, asesorías y talleres	
	Diversidad productiva e ingresos diversificados (artesanías, apicultura, viveros, talabartería, ropa, turismo)	
	Cobertura vegetal (sorgo, leguminosas)	
	Mantienen conocimiento y prácticas tradicionales	3
	Incorporación de innovaciones tecnológicas	
	Rotación de potreros	
	Nuevas y mejores formas de organización	
	Mano de obra familiar	
	Baja o nula dependencia a insumos externos	
	Especies criollas/nativas	2
	Técnicas agroecológicas para control de plagas y enfermedades	
	Participación en organizaciones	
	Asociación de cultivos	
	Incorporación de materia orgánica al suelo	
Venta en mercado		
9 sistemas agropecuarios	Barreras vivas para contención	6
	Labranza de conservación	
	Incorporación de subsistema pecuario	
	Aprovechamiento sostenible del agua	
	Diversidad de especies cultivadas (policultivo)	5
	Asociación de cultivos (especialmente leguminosas)	
	Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria	4
	Cobertura vegetal	
	Prácticas de conservación de suelos	
	Cercas vivas	
	Barreras vivas para contención	3
	Apoyo y vínculo con organización	
	Mano de obra familiar	
	Manejo eficiente del agua (riego mínimo, riego por goteo)	
Manejo integrado de plagas y enfermedades		
Abono orgánico		
Policultivo con especies arbóreas	3	
Reciben capacitaciones		
Prácticas agroecológicas		

Leguminosas como forraje y cobertura vegetal	2
Cercos eléctricos	
Diversidad de animales	
Conservación del bosque	
Alta productividad	
Involucramiento familiar	
Diversificación productiva	
Bajo uso de insumos de químicos	
Reincorporación de estructuras no aprovechadas (materia orgánica) al suelo	
Zanjas de infiltración	
Rotación de cultivos	
Control de erosión del suelo	
Nula dependencia a insumos externos	
Barreras de piedra	
Introducción de innovaciones tecnológicas	
Autosuficiencia de agua (reserva de agua, captación de agua)	

Cuadro 1. Características comunes de los sistemas alternativos más sustentables

De manera general, considerando a los 35 estudios analizados y sin hacer distinción por tipo de sistema, se puede observar en la Tabla 12 las diez características más frecuentes en los sistemas más sustentables, encabezada por la alta diversidad de cultivos y la práctica de autoconsumo.

Característica de los sistemas más sustentables	No. EC
Alta diversidad de cultivos	17
Autoconsumo y seguridad alimentaria	14
Menor o nula dependencia a insumos externos	13
Cobertura vegetal/ abono verde	13
Participación en capacitaciones	12
Prácticas para la conservación de suelos	12
Diversificación productiva y productos mejor pagados	11
Participación alta e involucramiento de la comunidad	10
Mano de obra familiar	10
Manejo agroecológico de plagas y enfermedades	10

Tabla 12. Características de los sistemas más sustentables

Aunado al análisis de las características de los sistemas alternativos, en términos metodológicos es relevante hablar de los indicadores utilizados en el análisis de estos sistemas. Al igual que en la Tabla 9, la mayoría de los estudios (57.1%) usaron entre 11 y 20 indicadores, y los temas principales abordados en los 609 indicadores reunidos por estos 35 estudios, son:

- Acceso y participación en capacitaciones
- Prácticas agrícolas
- Aplicación de innovaciones
- Características y calidad del suelo
- Disponibilidad, uso y calidad del agua
- Comercialización y diversificación de mercado
- Diversidad biológica (cultivo, animales, forestal)
- Conservación de los recursos (suelo, vegetación, forestal)

- Dependencia a insumos externos
- Acceso y dependencia a subsidios y créditos
- Seguridad y autosuficiencia alimentaria
- Disposición al cambio (adoptabilidad)
- Mano de obra familiar y generación de empleo
- Equidad de género y participación de las mujeres en los sistemas y en toma de decisiones
- Migración y dependencia de actividades externas
- Incidencia y manejo de plagas y enfermedades
- Gestión local, resolución de conflictos y participación en toma de decisiones
- Productividad y rendimiento
- Costos e ingresos (Costo/beneficio)

A manera de resumen se puede decir que sin importar el tipo de sistema de manejo hay características comunes entre todos los sistemas alternativos más sustentables, estas se reducen a prácticas que permitan aprovechar lo mejor posible los recursos que se tienen y reducir la dependencia de insumos externos, generando el menor impacto ambiental posible, buscando que el costo sea menor (ambiental, social y económicamente) y el beneficio mayor, manteniendo una participación activa de los productores en capacitaciones y en la comunidad.

4.3 Análisis de los estudios de caso longitudinales

Esta tercera y última sección, muestra los resultados del análisis de los estudios de caso que llevaron a cabo una evaluación de tipo longitudinal, es decir, que evaluaron el mismo sistema de manejo de recursos naturales a través del tiempo. Como pudimos observar en la Gráfica 3, de los 110 estudios analizados únicamente se encontraron 17 estudios que llevaron a cabo este tipo de evaluaciones (13 estudios longitudinales y cuatro estudios mixtos). A continuación se muestran los resultados del análisis de estos 17 estudios de caso.

En una primera aproximación se encontró que de los 17 estudios cuatro se definen a sí mismos como longitudinales, sin embargo, no cumplen claramente con los pasos ni las premisas del MESMIS y la información que presentan no permite valorar cuáles son sus aportaciones para la sustentabilidad. Por ello fueron descartados, manteniendo únicamente 13 estudios relevantes con los que se responden las últimas dos preguntas de investigación.

4.3.1 ¿Cómo se ha aplicado la metodología a estudios longitudinales y cuáles son las dificultades que han enfrentado?

De los 13 estudios analizados 11 fueron llevados a cabo por instituciones académicas, uno por un grupo de productores interesados en conocer sus sistemas y el último fue realizado por una institución privada. En términos de la

aplicación de la metodología se encontró que es más frecuente que los estudios sean prospectivos (nueve estudios), es decir, que el estudio inicie antes que los hechos estudiados y se verifique el progreso a medida que va sucediendo, y únicamente cuatro estudios son retrospectivos, los cuales hacen un análisis de hechos pasados contrastándolos con el mismo sistema en la actualidad.

En la Tabla 13 se puede observar que el tiempo transcurrido entre cada uno de los levantamientos de datos en la mayoría de los casos es menor a 10 años (siete estudios), tres estudios separan las evaluaciones por lapsos mayores a 10 años y únicamente dos estudios comparan “periodos”, es decir, no especifican un año sino un periodo de tiempo vinculado a un momento histórico del sistema estudiado. El estudio faltante es el de Marta-Costa y Poeta (2008), cuyo tiempo entre evaluaciones se desconoce debido a que esta información no se encuentra en el artículo analizado.

Aplicación	Cantidad de evaluaciones	Escala temporal	Tiempo entre evaluaciones
Retrospectivo (4)	1	2005 vs. 2008 vs. 2010	3 años
	2	1983-1985 vs. 2000-2003 y 2006	Periodos
	1	1936-1976 vs. 1977-2016	Periodos
	1	1980 vs. 2002	22 años
Prospectivo (9)	2	2005 vs. 2010	5 años
	2	Desconocido	Desconocido
	2	1989 vs. 2000	11 años
	2	2001 vs. 2004	3 años
	2	2001 vs. 2004	3 años
	2	2009 vs. 2010	1 año
	2	1997 vs. 2007	10 años
	2	1982 vs. 1996	14 años
	3	1992 vs. 1997 vs. 2002	5 años

Tabla 13. Escala temporal en estudios longitudinales

En cuanto a la cantidad de evaluaciones realizadas en el mismo sistema a lo largo del tiempo, se encontró que nueve estudios hacen dos evaluaciones, uno hace tres evaluaciones y tres hacen una sola evaluación. Estos últimos son evaluaciones retrospectivas, cuya información se obtiene principalmente de fuentes documentales y de encuestas, y suelen ser estudios que cuentan con una alta participación de los productores.

Al recolectar los indicadores utilizados en estos estudios, se encontró que ocho estudios utilizaron entre 8 y 19 indicadores, cuatro usaron entre 24 y 28 indicadores y solo un estudio evaluó 54 indicadores. Se reunieron 191 indicadores

de 11 estudios, pues dos no desglosan los indicadores en los documentos analizados, y se encontró que los temas principalmente abordados son:

- Producción, rendimiento y rentabilidad
- Diversidad biológica (vegetal, agrícola, forestal)
- Fuentes de ingreso y comercialización
- Manejo, calidad y disponibilidad de agua
- Participación de la mujer y equidad de género
- Formas de organización y participación de los productores
- Reglamentos y cumplimiento de normas
- Distribución de los recursos
- Prácticas agrícolas (uso de técnicas agroecológicas)
- Uso de técnicas para control de erosión en suelos
- Uso de fertilizantes y pesticidas
- Presencia y manejo de plagas y enfermedades
- Autosuficiencia y dependencia a insumos externos
- Conocimiento y educación de los productores
- Participación en capacitaciones y asesorías
- Adopción de innovaciones

Como complemento del análisis del uso del MESMIS, a continuación se enlistan de manera resumida los comentarios y recomendaciones finales para la metodología, mencionadas en los 11 estudios de caso longitudinales que hacen dichas recomendaciones. Estos comentarios se dividen en aquellos que expresan los beneficios de usar el MESMIS y los que mencionan las dificultades que enfrentaron y posibles mejoras para la metodología.

Bondades	Posibles mejoras
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sus pasos son útiles para mostrar la funcionalidad de herramientas que promueven la sustentabilidad y seguridad alimentaria. ○ Permite evaluar la dimensión social de la sustentabilidad. ○ La comparación ayuda a comparar y evidenciar la transferencia de conocimiento y tecnologías entre campesinos. ○ Herramienta válida para toma de decisiones. ○ Se complementa bien con otras metodologías. ○ Permite identificar los problemas principales, diseñar propuestas de manejo y evaluar la sustentabilidad desde sus diferentes ámbitos. ○ El análisis de indicadores evalúa aspectos detallados de los procesos de un sistema, y la evaluación de atributos brinda información de los procesos generales del sistema. ○ Útil para encontrar puntos críticos y derivar en recomendaciones. ○ Permite identificar los indicadores que requieren atención inmediata. ○ Herramienta útil para aclarar y acotar pasos metodológicos, flexible y útil en estudios de una 	<ul style="list-style-type: none"> ○ La evaluación debe realizarse mediante análisis periódicos, manteniendo registros para su monitoreo. ○ Es más eficaz cuando se usa con metodologías participativas. ○ Es apropiado para evaluar sistemas de producción basados en la lógica occidental, pero tiene limitaciones al evaluar sistemas basados en el diálogo intercultural y sistemas de conocimientos. ○ Es difícil encontrar dos sistemas con el mismo contexto y diferente manejo. ○ Es difícil definir los sistemas tradicional y modificado. ○ Resulta complicado analizar los mismos indicadores en estudios retrospectivos y recolectar datos del pasado. ○ Es difícil evitar la subjetividad al dar un valor cuantitativo a datos cualitativos. ○ Mantener los mismos indicadores en una tercera evaluación puede omitir algunos cambios relevantes, es importante actualizar los indicadores e incluir otros si es

<p>disciplina y multidisciplinarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> o La AMIBA muestra la interdependencia de las variables, ayuda a tomar decisiones de beneficio global y ayuda a pensar en un manejo holístico. 	<p>necesario.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Es difícil definir los periodos de monitoreo en base a cambios significativos. o Es difícil definir los óptimos y umbrales para cada indicador.
---	--

La Figura 2 mostrada a continuación es una tabla elaborada por Arnés et al. (2018) para un estudio longitudinal, que ejemplifica cómo de manera práctica se pueden plasmar los atributos, los puntos críticos, los indicadores y las áreas de evaluación, para posteriormente llevar a cabo la medición.

Atributos generales	Criterios de diagnóstico	Puntos críticos	Indicadores	Área de evaluación		
Productividad	Productividad y eficiencia	Baja productividad	Producción de maíz	SAN		
			Producción de frijol	SAN		
			Producción de sorgo	SAN		
		Baja eficiencia	Rendimiento de maíz	A		
			Rendimiento de frijol	A		
			Rendimiento de sorgo	A		
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Diversidad	Baja agrobiodiversidad	No. especies cultivadas	A, SAN		
			No. especies animales criadas	E, SAN		
		Diversidad económica limitada	No. fuentes de ingresos	Estrategias alimentarias	Suministro de proteína	SAN
					Suministro energético	SAN
			Estrategias alimentarias en temporada de escasez	Suministro de proteína	SAN	
				Suministro energético	SAN	
Adaptabilidad	Capacidad de cambio	Adopción limitada de tecnologías (nivel de adaptación)	Tecnologías para control de erosión	A		
			Tecnologías para conservación de fertilidad	A		
			Manejo integrado de plagas	A		
		Actividades económicas alternativas	Representatividad de ingreso externos a la parcela	Estrategias alimentarias en temporada de escasez	Nivel de conocimiento teórico	S
					Representatividad de ingreso externos a la parcela	E
			Representatividad de ingreso externos a la parcela	E		
Equidad	Equidad	Baja equidad alimentaria	Coeficiente de Engel (porcentaje del ingreso gastado en alimento)	SAN		
		Uso inapropiado del suelo	Cobertura forestal	A		
		Altos costos de producción	Costos de producción	E		
		Acceso limitado a servicios básicos	Participación de las mujeres	S		
			Acceso a servicios básicos	S		
Autogestión	Autonomía organizacional y toma de decisiones	Autosuficiencia alimentaria irregular	Autosuficiencia de maíz	SAN		
			Autosuficiencia de frijol	SAN		
			Autosuficiencia de sorgo	SAN		
		Baja autonomía de insumos externos	Independencia de insumos externos	E		
		Baja colectividad	Participación en organización local	S		

* SAN: Seguridad Alimentaria y Nutricional; A: Ambiental; E: Económica; S: Social

Figura 2. Tabla ejemplo para integración de evaluación (Tomado de Arnes et al., 2018 p.6, traducido por el autor)

De manera resumida, el uso del MESMIS en estudios de caso longitudinales se lleva a cabo principalmente por instituciones académicas y es más frecuente que estos estudios sean prospectivos, con lapsos entre uno y 10 años entre cada

levantamiento de datos. Además, se observa que evaluar entre 8 y 28 indicadores se considera suficiente para analizar la sustentabilidad de un sistema, y que los usuarios consideran el MESMIS como una herramienta flexible y valiosa para la toma de decisiones.

4.3.2 ¿Cuáles son las lecciones aprendidas en cuanto a la sustentabilidad alcanzada de los estudios longitudinales?

Para poder responder la última pregunta de esta investigación y conocer las aportaciones de los sistemas analizados en términos de sustentabilidad, se abordaron principalmente tres temas: los puntos críticos previos a la propuesta alternativa, los indicadores en los que se vieron reflejadas las mejoras de los sistemas y las características específicas con mayor grado de sustentabilidad.

Para facilitar el análisis y hacer más clara la presentación de los resultados obtenidos del análisis de los puntos críticos de cada uno de los sistemas evaluados, se agruparon por tipo de sistema, mostrando únicamente los puntos críticos que se repitieron en dos o más estudios (Cuadro 2), la información de todos los estudios de caso se puede encontrar en el Anexo 3. Complementario a los datos mostrados en el Cuadro 2, se encontró que de manera general, sin importar el tipo de sistema, la baja calidad del suelo es el punto crítico más mencionado (en siete estudios de caso), seguido por baja productividad y baja biodiversidad (en seis estudios de caso cada uno), y dependencia a insumos externos y bajo acceso a capacitaciones, asesorías e información, mencionados en 5 estudios de caso cada uno.

Tipo de sistema	Puntos críticos Ambientales	Puntos críticos Económicos	Puntos críticos Sociales
Agrícola (4)	<ul style="list-style-type: none"> - Degradación ambiental (erosión de suelos, deforestación) - Malas prácticas de manejo - Cambios en el manejo del sistema y adopción de tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja productividad - Dependencia a recursos externos - Limitantes para obtención de ingresos económicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Desigualdad en la disponibilidad de recursos
Agroforestal (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión del suelo - Reducción de la infiltración de agua - Incidencia de pestes y malezas 		<ul style="list-style-type: none"> - Fincas universitarias que no cumplen su finalidad (docencia, investigación y extensión)
Agropecuario (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Baja biodiversidad y agrobiodiversidad - Baja disponibilidad de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia a insumos externos - Bajo rendimiento y rentabilidad - Baja productividad 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conocimientos técnicos y capacitación - Baja participación

Agrosilvopastoril (2)	- Degradación del suelo - Deforestación - Baja biodiversidad - Ausencia de buenas prácticas	- Altos costos de producción - Baja productividad	- Poco acceso a asesorías y nuevas prácticas
Forestal (1)	- Explotación excesiva de maderas preciosas - Baja existencia de maderas de alto valor	- Altos costos para elaboración de inventarios y planes de manejo	- Distribución desigual de beneficios - Nivel de organización deficiente - Bajo nivel de asesoría
Pecuario (2)	- Suelo erosionado e infértil	- Altos costos energéticos - Baja rentabilidad	- Baja calidad de vida

Cuadro 2. Puntos críticos en estudios longitudinales

Con base en los puntos críticos se definen los indicadores que se evalúan en cada estudio de caso y una vez obtenidos los datos, la integración de los indicadores muestra de manera objetiva los valores en los que hubo mejoría en cada sistema. Al hacer un conteo de los indicadores en los que hubo mejoría en los estudios de caso, se encontró que el porcentaje de indicadores con mejoría en 11 de los estudios de caso oscila entre el 42.9% y el 64.3%, los dos estudios faltantes no especifican los indicadores analizados, ni aquellos que cuentan con mejoría. Además, se hizo un análisis de los indicadores con mejoría para conocer los más frecuentes, llegando al listado mostrado en la Tabla 14.

Indicadores con mejoría	No. EC
Participación en organizaciones y actividades institucionales	6
Técnicas para conservación de suelos y control de erosión	5
Diversidad agrícola	5
Rendimiento	4
Dependencia a insumos externos	4
Formación de recursos humanos y uso de conocimientos adquiridos	4
Aplicación de pesticidas	3
Disponibilidad de agua	3
Manejo de residuos	2
Respuesta a eventos hidroclimáticos	2
Distribución de recursos	2
Dependencia de pastizal nativo	2
Uso de técnicas agroecológicas	2
Fertilizante aplicado	2

Tabla 14. Indicadores con mejoría

De manera complementaria al análisis de los indicadores más frecuentes y de los indicadores que muestran mejoría, en la Tabla 15 se enlistan los indicadores comunes entre los seis estudios de caso que definen el sistema alternativo y el de referencia, y se muestra el resultado obtenido en cada estudio, especificando cuál de estos sistemas tiene una mayor grado de sustentabilidad (Referencia o

Alternativo). Se observa que la biodiversidad, el uso de técnicas agroecológicas y técnicas para control de erosión, y la participación y mejoras sociales suelen ser indicadores que mejoran en los sistemas alternativos. Por otro lado, la dependencia a insumos externos y la productividad y rendimiento son indicadores cuyo valor es mayor en los sistemas de referencia o cuyos resultados empatan en ambos sistemas.

EC Indicadores	Delgadillo y Delgado (2005)	Gutiérrez -Cedillo (2007)	Gutiérrez -Cedillo (2012)	Ocampo -Fletes (2004)	Cárdenas y Osorio (2015)	Hernández -Rodríguez (2018)	Total Alternati vo
Biodiversidad y diversidad de cultivo	A	A	A	A	R	R	4
Uso de técnicas agroecológicas y para control de erosión de suelos	A	A	A	NA	A	NA	4
Participación, organización y mejoras sociales	A	A	A	A	R	R	4
Dependencia a insumos externos	NA	Igual	R	R	A	R	1
Productividad y rendimiento	A	Igual	A	A	R	R	3
*Sistema de referencia (R)							
*Sistema alternativo (A)							
*No se evalúa dicho indicador en ese estudio de caso (NA)							

Tabla 15. Indicadores con mejoría en sistemas alternativos y de referencia

Con la intención de conocer las prácticas y acciones que aportan una mejoría a los sistemas de manejo, en el Cuadro 3 se mencionan las características de los sistemas más sustentables agrupadas por tipo de sistema. En el Anexo 5 se pueden encontrar las características de todos los sistemas evaluados.

Es relevante mencionar que las características presentadas pertenecen a los sistemas con mayor grado de sustentabilidad, independientemente de si estos son los sistemas alternativos o los sistemas de referencia. En este sentido, se encontró que de los 13 estudios analizados únicamente siete definen los sistemas alternativos, y de estos únicamente en cuatro el sistema alternativo es el sistema más sustentable. Además se observa que de los tres estudios cuyo sistema de referencia es más sustentable, dos son estudios retrospectivos y el sistema de referencia, que es el más sustentable, es el sistema anterior (antes de 1976 y antes de 1980 respectivamente), en este sentido se encontró que en un tercer

estudio retrospectivo el sistema anterior también es el más sustentable (antes de 1983).

De manera general, se encontró que las prácticas para conservación de suelos y control de erosión, la alta diversidad de cultivos, y una buena organización comunitaria y participación en toma de decisiones, son las tres características más mencionadas en los estudios analizados, encontrándolas en siete estudios de los 13 considerados. Subsiguientemente se encuentran la reducción del uso de agroquímicos y el aumento en el acceso a capacitaciones y asesorías en seis estudios de caso, seguidos por hacer un uso adecuado del agua y reducir la dependencia a insumos externos que se encontraron en cuatro estudios.

Tipo se sistema	Características de los sistemas más sustentables
Agrícola	Organización comunitaria para la gestión del agua, sistema de cobro de agua, capacitación a los productores y participación en programas, mayor conocimiento teórico, mejor aprovechamiento del agua, control de escorrentía, menos intermediarios, sociedad menos dependiente a la industria externa, mas mano de obra, menos labranza, diversificación de cultivos, menos dependencia a maquinaria e insumos externos, manejo integrado de plagas, mejor productividad, rendimiento y eficiencia, diversificación económica, menor dependencia de trabajo externo, agricultura transicional, acceso a servicios básicos, tecnologías adoptadas, uso de tecnología de control de erosión, menor uso de agroquímicos, empleo familiar, cultivos que promueven la diversidad biológica del sistema, distribución equitativa de recursos, oportunidades y beneficios económicos, democratización en toma de decisiones, participación en organización local
Agropecuario	Sistema con especies vegetales y animales, autosuficiencia alimentaria, buena calidad, disponibilidad y aprovechamiento de agua, practicas agroecológicas y de conservación de suelos (cultivos asociados, abonos orgánicos, zanjas, terrazas, arvenses nobles, labranza animal, barreras vivas, biopreparados, control biológico, cobertura vegetal, diversidad de cultivos, rotación de cultivos, fertilizante natural), participación de la familia, uso de prácticas, saberes y experiencias, prácticas de manejo de residuos, protección y mejoramiento de los recursos naturales (agua, suelo y vegetación), menor uso de fertilizantes y pesticidas, menor dependencia de pastizal nativo, arboles multipropósito, participación de estudiantes, mayor sustentabilidad social, organización de productores para gestionar recursos y dar mantenimiento físico al sistema de canales, distribución equitativa de recursos, Juez de Aguas, uso de reglas y sanciones, mercado local, menor dependencia a insumos externos, mayor participación, confianza, organización y capacitación, alto cumplimiento de reglas informales, reconocimiento de autoridades
Agrosilvopastoril	Prácticas para manejo, recuperación y conservación de suelos (terrazas, zanjas, control de cárcavas, uso de estiércol, rotación de potreros), mayor diversidad cultivada, prácticas para manejo y conservación de recursos (brigadas contra incendios, comité de vigilancia forestal, vedas para tala y caza, reforestación, cumplimiento de normas de uso de recursos forestales), participación de la comunidad en programas, alto grado de saber local, mayor seguridad alimentaria, fortalecimiento de vínculos en la comunidad, trueque y venta en mercado, rituales asociados a la conservación de suelos, diversificación de opciones productivas, creación de UMA, apoyo de programas, capacitación y asesoría
Agroforestal	Técnicas agroecológicas y de conservación de suelos (asociación de cultivos, uso de composta, cerca viva, cubierta vegetal, terrazas), mejora en docencia e investigación, mayor diversidad cultivada, arboles multipropósito, reducción de uso de fertilizantes y pesticidas externos, organismos institucionales involucrados

Forestal	Sistema organizado, reforestación, acceso a capacitación, existe control sobre la explotación de recursos, rodales de corte anual, plan de manejo con fecha y corte
Pecuario	Razas de ganado mixtas, sin apoyo financiero, sistema planeado con mayor valor agregado y bajos costos energéticos, productos que aportan mayor valor agregado en el mercado, uso razonable de fertilizante, venta de cultivos, carne, leche y estiércol, actividad lechera de ganado mixto aporta mayor valor agregado y actividad cárnica de ganado local reduce costos, alta diversidad de forraje, producción y aplicación de composta, baja dependencia de insumos externos, ganado sano, tracción animal, mayor fertilidad del suelo, cultivo de árboles y leguminosas para mejorar el suelo, uso de indicador de presencia de parásitos, aislamiento de ovejas vulnerables en zonas libres de gusanos

Cuadro 3. Características de los sistemas más sustentables.

Por último, es relevante hablar de la transición de los sistemas y del tiempo requerido para lograr los objetivos en términos de sustentabilidad. Se observó que los 13 estudios analizados reportan cambios en los sistemas, sin importar que el tiempo transcurrido entre cada levantamiento de datos sea distinto (entre 1 y 22 años). Únicamente dos estudios no cuentan con resultados concluyentes que indiquen cual es el sistema más sustentable: el primero (Cárdenas y Osorio, 2015) evalúa un lapso de 5 años y aunque el sistema alternativo muestran mejoría, la diferencia no es significativa para los evaluadores; y el otro (North y Hewes, 2006) hace tres evaluaciones en lapsos de 5 años, en la segunda evaluación hay una gran mejoría, pero para la tercera evaluación hacen cambios positivos que no son apreciables por los indicadores utilizados.

El MESMIS es una metodología compleja que involucra un análisis profundo de los sistemas a estudiar y una serie de pasos por cumplir, el quinto paso (presentación e integración de resultados) es el punto cumbre de la metodología, muchas veces reconocido por la gráfica AMIBA. Se muestra en la Figura 3 dos gráficas AMIBA que integran los resultados de dos estudios longitudinales distintos, con la intención de ilustrar la aplicación de esta importante herramienta en este tipo de estudios.

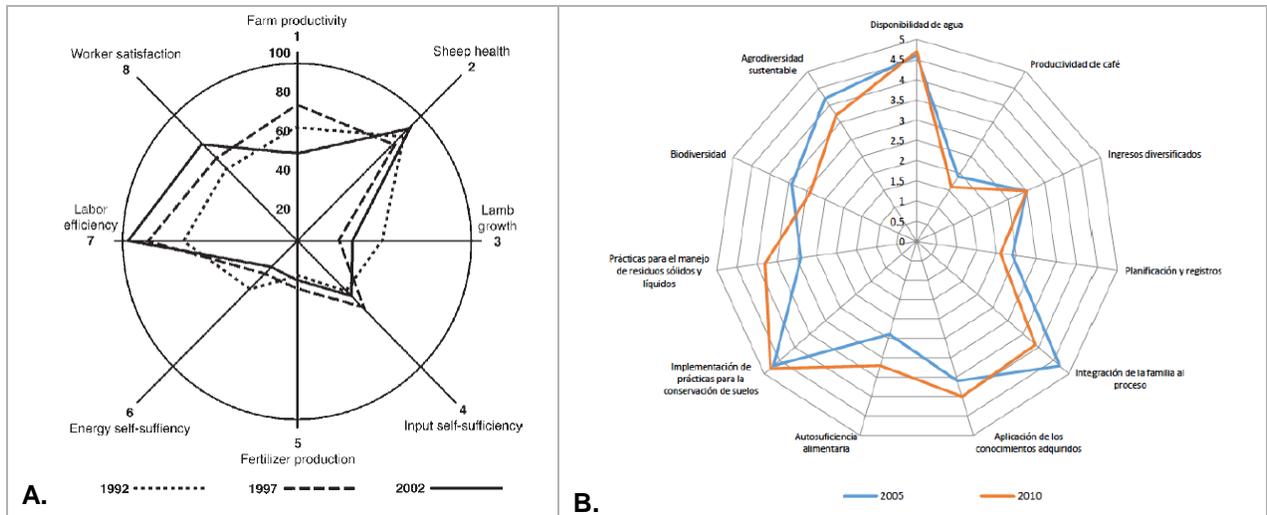


Figura 3. Gráficas AMIBA, ejemplo de integración de resultados (A. North y Hewes 2006, B. Cárdenas y Osorio 2015)

Como resumen, el análisis de estudios de caso longitudinales nos muestra que la baja calidad del suelo, la baja productividad y la baja biodiversidad, son los puntos críticos previos a las propuestas alternativas más mencionados. Posteriormente, al evaluar los resultados de la aplicación de las propuestas alternativas, se observó que los indicadores con mejoría en un mayor número de estudios de caso están relacionados a la participación de los productores en organizaciones y en toma de decisiones, a las técnicas para conservación de suelos y a la diversidad agrícola. Por último, en base a los resultados de los estudios analizados, las características y prácticas que aportan a la sustentabilidad de los sistemas están enfocadas principalmente en la conservación de suelos, en aumentar la diversidad de los cultivos y en fomentar una buena organización entre los productores.

5. Discusión

En este apartado se discuten los resultados expuestos en el capítulo anterior. De acuerdo a los objetivos y preguntas de la investigación, la sección se dividió en tres partes.

5.1 Análisis general del MESMIS

A continuación se presenta la discusión y análisis de la aplicación de la metodología MESMIS en 110 estudios de caso en el mundo.

5.1.1 ¿En dónde se implementan los estudios de caso y a qué nivel de profundidad?

En el Mapa 1 se puede observar que una gran parte de los estudios analizados se llevaron a cabo en México (45%), lo cual es un resultado esperado debido a que es el país de origen de la metodología. Aun así, más de la mitad de los estudios analizados corresponden a otros países (55%) lo que parece ser un indicador positivo de que el MESMIS es una metodología flexible y adaptable en una gran variedad de contextos y realidades geográficas.

Por otro lado, se detectó que esta metodología se usa con frecuencia en Brasil, pero debido a limitaciones del idioma estos estudios no se pudieron incluir en el presente trabajo. Valdría la pena dedicar un estudio expofeso para analizar las experiencias MESMIS llevadas a cabo en Brasil.

Respecto a las instituciones que realizan los estudios, se encontró que España es el país que cuenta con la mayor cantidad de estudios realizados por una institución pública (6 estudios de los 12 analizados). Esto es relevante debido a que la mayoría de los estudios de caso son llevados a cabo por instituciones académicas (Tabla 1), y de los 15 estudios realizados por instituciones públicas, únicamente dos pertenecen a México (2 de los 50 estudios analizados). Esto puede ser resultado del interés del gobierno por conocer el estado de sustentabilidad de sus recursos, o por los medios de difusión de la metodología en cada uno de los países en cuestión. Además, se encontró que un porcentaje alto de los casos no están vinculados al grupo de investigación MESMIS, lo que significa que el marco ha sido, de manera espontánea adoptado y adaptado a las condiciones y a las necesidades de muchas universidades, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

En cuanto a los tipos de documentos analizados, en su mayoría se analizaron artículos científicos (Gráfica 1), pues estos documentos son los de más fácil acceso en la web. Además de que las tesis que daban origen a un artículo fueron

descartadas, considerando únicamente el artículo. Seguramente existen otros estudios relevantes publicados como tesis o reportes que sería importante considerar en un análisis posterior.

De acuerdo a los valores asignados a los estudios por la relevancia de su información, en la Tabla 2 se observa que los valores más frecuentes son 3 y 4, esto indica que de manera general, los estudios de caso cumplen con la mayor parte de los requisitos que establece el MESMIS pero que, debido a las características individuales de cada uno de los sistemas analizados, ha sido necesario modificar algo de esta metodología para hacerla más funcional.

En la Grafica 2 se puede apreciar que de 1999 al 2008 la cantidad de estudios realizados fue aumentando de manera gradual, esto puede ser indicador de que el MESMIS era una propuesta nueva y aún estaba en proceso de difusión. En 2009 llego a un pico, posteriormente decreció y se ha mantenido en un promedio de 7 publicaciones anuales. De acuerdo a Borges de Loureiro et al. (2020) el aumento del uso del MESMIS en años recientes, puede deberse al lanzamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU en el 2015, se propone hacer un estudio posterior que identifique el aumento del uso de la metodología a partir de este año para comprobar dicha hipótesis. Por otro lado, llama la atención que, aunque el marco MESMIS fue publicado en 1999, la mayor cantidad de estudios se hicieron 10 años después, en el periodo del 2009 a 2011.

5.1.2 ¿Cómo se aplica la metodología en función del cumplimiento de las premisas y pasos del MESMIS a nivel mundial?

El análisis de la aplicación del MESMIS en los 110 estudios de caso considerados en este trabajo, se dividió en los dos pilares principales de la metodología: las premisas (5) y los pasos (6). A continuación se presenta la discusión dividida de la misma manera.

5.1.2.1 Premisas

Como se muestra en la Tabla 3, una cantidad considerable de estudios de caso (34.5%) no consideran los atributos de sustentabilidad propuestos por la metodología MESMIS, ya sea que consideren atributos distintos o no consideren atributos en absoluto. En este sentido, Van Cauwenberg et al. (2006) distinguen dos tipos de marcos para evaluar sustentabilidad en sistemas agrícolas: unos son los marcos sistémicos, que proveen indicadores que a su vez describen atributos clave del sistema como un todo; los otros son los marcos basados en contenidos disciplinarios, donde se caracteriza un solo componente o un proceso en particular del sistema bajo estudio. Estos autores incluyen al MESMIS en el primer grupo e indican que la derivación de los indicadores basándose en atributos requiere un

entendimiento más profundo de los sistemas. Esto puede explicar por qué se observa que algunos estudios omiten algunos atributos, como adaptabilidad, equidad y autogestión, haciendo un análisis incompleto desde la perspectiva de la metodología MESMIS. También existe la tendencia de considerar la estabilidad, confiabilidad y resiliencia como tres atributos no relacionados, por lo que valdría la pena hacer énfasis en que los equipos de trabajo internalicen y conceptualicen dichos atributos para poder derivar fácilmente los indicadores, las herramientas pedagógicas para lograrlo se describen en el libro de Astier et al. (2008).

Se identificaron una amplia variedad de escalas espaciales y temporales utilizadas para definir los sistemas evaluados (Tabla 4). Por lo que de manera general, se puede concluir que el MESMIS es una herramienta viable y adaptable para evaluar sustentabilidad en distintas escalas espaciales y temporales. Como mencionan Masera et al. (2000), el MESMIS es un método bondadoso, ya que es flexible y puede adaptarse a diferentes necesidades.

En cuanto a la participación de los productores en el proceso de evaluación de los sistemas, se encontró que el 75% (Tabla 5) de los estudios tienen una participación media o alta. Esto refleja que la mayoría de los usuarios entienden la importancia de involucrar a los productores en sus estudios, para poder entender mejor los sistemas y para que los mismos productores puedan adoptar las mejoras sugeridas y mejoren su autoformación. De los seis estudios que no involucran a los productores en el proceso de evaluación, cuatro fueron realizados en fincas experimentales y los otros dos obtuvieron la información de fuentes documentales, por lo que se puede afirmar que en alguna medida, todos los estudios involucran a los productores, entendiendo la importancia de su conocimiento respecto a los sistemas analizados. Aunque los estudios de caso incluyen a los productores, es relevante el nivel de su participación, puesto que la aplicación del marco MESMIS es mucho más eficaz cuando se adecua y complementa con herramientas metodológicas participativas (Delgadillo y Delgado, 2005). Esto se ha logrado únicamente en 20 estudios de caso.

Por otro lado, se observó que en su mayoría los estudios involucran a los productores en los primeros cuatro pasos del análisis; se valora mucho su participación en la determinación de puntos críticos y en la medición de los indicadores, sin embargo, es poco frecuente que se incluyan en la integración de resultados y en la presentación de conclusiones y recomendaciones. Resulta relevante hacer énfasis en la importancia de considerar la visión y experiencia de los productores a la hora de integrar los resultados y hacer recomendaciones, puesto que ellos son los principales interesados en implementar mejoras en sus sistemas productivos, y su visión práctica puede aportar alternativas realistas. Si los actores sociales y/o beneficiarios directos no participan en todos los pasos del

MESMIS, el equipo evaluador podrá conocer el nivel de desempeño socioeconómico y ambiental de los sistemas de manejo, pero si no hay posibilidad de aterrizar dichos aprendizajes a través de una planificación participativa para mejorar la sustentabilidad de los sistemas, el ejercicio quedará trunco.

Se encontró que la mayoría de los estudios realizados son transversales, lo cual es comprensible debido a que los estudios longitudinales requieren de la implementación de mejoras en el sistema y de más de un ciclo de evaluación. Los estudios longitudinales pueden implicar una mayor inversión económica y un mayor compromiso a largo plazo que los transversales. Sin embargo, muchos autores enfatizan que los efectos, en los sistemas de manejo que buscan la sustentabilidad socioambiental, sólo se podrán apreciar en el largo plazo (Darnhofer et al., 2009). Los estudios transversales se clasificaron de acuerdo al tipo de comparación realizada (Grafica 3). La mayoría de los estudios son transversales simples, es decir, sistema tradicional contra sistema alternativo, lo cual es de esperarse, debido que estos estudios son los que obedecen el planteamiento metodológico del MESMIS. Sin embargo, un porcentaje alto de casos realizan análisis comparativos entre múltiples sistemas estudiados (26%) o comparan el sistema evaluado contra valores óptimos (20%). Esto da a entender que hay otras formas de aplicación del MESMIS, lo cual indica que es una metodología flexible y adaptable a las necesidades del usuario, y al mismo tiempo nos muestran modificaciones que pueden ser sugerencias para brindar distintas opciones de aplicación a los usuarios.

Con la intención de mejorar los sistemas y tener pautas para la planeación a futuro, es importante hacer recomendaciones tanto sobre el proceso metodológico como sobre los sistemas de manejo analizados (Astier et al., 2012). Dichas recomendaciones son necesarias especialmente cuando existe la intención de realizar evaluaciones posteriores. En este sentido, se encontró que únicamente 19 estudios, de los 110 analizados, no hacen recomendaciones (Tabla 6), lo que parece indicar que existe la intención general de fortalecer los sistemas analizados, en términos de su sustentabilidad social-económica-ecológica, y de mejorar el proceso metodológico. El 40.9% de los estudios se enfocan en hacer recomendaciones únicamente para la mejora de los sistemas, lo que nos lleva a suponer que en dichos estudios la metodología resulta funcional tal cual fue aplicada o que no es claro para los usuarios la relevancia de hacer recomendaciones a la metodología.

De manera general las premisas se cumplen en un alto porcentaje de los estudios analizados. Los resultados obtenidos nos muestran que la metodología se podría fortalecer logrando comunicar con mayor claridad al usuario la importancia del uso de los atributos como guía para el análisis de los sistemas, así como la relevancia

de complementar el MESMIS con metodologías participativas y la necesidad de hacer recomendaciones finales tanto para la mejora de los sistemas como para el perfeccionamiento de la metodología. Para esto se sugiere adaptar o crear material complementario, que permita explicar de forma más sencilla el modelo y posibilite un mayor uso por parte de los productores, fomentando el autoanálisis.

5.1.2.2 Pasos

Todos los estudios analizados en el presente trabajo llevaron a cabo el paso uno, haciendo una caracterización de los sistemas de manejo a evaluar, identificando sus componentes y tipo de sistema. Se encontró que la mayoría de los sistemas son agrícolas y/o sistemas con algún componente pecuario (Tabla 7). Esto resulta evidente puesto que la metodología está orientada principalmente a los sistemas agrícolas. Sin embargo, 15% de los estudios de caso revisados están integrados por una diversidad de sistemas de manejo bastante amplia, incluyendo sistemas acuícolas, forestales y silvopastoriles, así como sistemas de producción de piloncillo y de bioenergía, y sistemas de turismo. Esto nos demuestra la versatilidad del MESMIS para ser adaptado a una amplia variedad de tipos de sistemas de manejo de recursos naturales.

Como parte de este primer paso, el MESMIS plantea hacer una comparación entre los “Sistemas Alternativos” y los “Sistemas de Referencia”, y fue sorprendente encontrar que el 60% de los estudios analizados no definen cuál de los sistemas es el alternativo y cuál es el de referencia. La mayoría de los trabajos se enfocan en conocer la sustentabilidad de un solo sistema, o comparan dos o más sistemas sin identificar alguno como alternativo y sin establecer una hipótesis respecto a cuál de los sistemas analizados será más sustentable, buscando que la comparación realizada en el estudio muestre cuál es el sistema más sustentable. Se observó que la mayoría de los estudios que definen un sistema alternativo son evaluaciones de tipo transversal simple, es decir, los estudios que obedecen el planteamiento metodológico del MESMIS. Mientras que la mayoría de las evaluaciones de tipo transversal múltiple y todas las evaluaciones de tipo transversal óptimo no especifican el sistema alternativo (Tabla 8). Todo parece indicar que hacer una definición del tipo de sistema, a priori, no es relevante para la mayoría de los usuarios de la metodología. Sin embargo, 20 de los 28 estudios que cumplen con todos los pasos y premisas del MESMIS (estudios con valor de 5), hacen la distinción de los tipos de sistemas a evaluar en el paso uno, lo que sugiere que los estudios más apegados a la metodología también obedecen a este aspecto.

No tener sistemas o propuestas de manejo alternativas a evaluar muestra que la metodología es flexible y adaptable, pero al mismo tiempo, evita que se exprese el

potencial de los sistemas que pudieran llegar a ser más sustentables, es decir, la evaluación queda trunca al no tener parámetro de comparación. En los estudios sin propuestas alternativas se realiza la estandarización de indicadores comparando los resultados obtenidos entre sí o usando valores de la bibliografía, mientras que en los que sí se cuenta con sistemas alternativos, se puede contar con valores deseables de referencia y, así, proyectar una meta de sustentabilidad a alcanzar.

Para el paso dos, la identificación de los puntos críticos, el MESMIS sugiere el uso de estrategias participativas que involucren tanto a los evaluadores como a los productores y otros actores sociales. Se observó que únicamente 20 de los 110 estudios de caso analizados utilizan alguna de estas metodologías, lo que sugiere la necesidad de enfatizar la relevancia de incluirlas a los usuarios del MESMIS.

Una vez definidos los puntos críticos, se definen los indicadores a evaluar, en el paso tres. El 47% de los estudios han logrado evaluar los datos necesarios para su análisis usando entre 11 y 20 indicadores (Tabla 9), lo que puede tomarse como un número promedio recomendado para los usuarios. Así mismo, es relevante mencionar que seis estudios no especifican la cantidad de indicadores utilizados, para lo que es importante aclarar que si no se mencionan cuáles o cuantos indicadores fueron usados, no significa que estos no se hayan usado. A veces los artículos resumen la información del estudio y hay datos que, de acuerdo al criterio de los autores, no son mencionados en los artículos.

Por otro lado, se hizo un análisis rápido de los 1954 indicadores recopilados de los 110 estudios de caso para conocer los más frecuentes, sin embargo se recomienda hacer un análisis más profundo de esta información, para poder determinar cuáles indicadores parecen ser útiles para la mayoría de las evaluaciones y así poder hacer una propuesta puntual para los usuarios. Además, se propone utilizar la información recabada para hacer un análisis de los indicadores y clasificarlos en ambientales, económicos o sociales y poder conocer el área de la sustentabilidad que se analiza con más detalle, ya que como menciona González-Esquivel et al. (2006) la construcción de indicadores se ha enfocado principalmente en las perspectivas ambiental y económica, dejando de lado la dimensión social.

En cuanto al cuarto paso, se observó que, para la medición de los indicadores 97 de los 110 estudios de caso llevaron a cabo encuestas y/o entrevistas, y 58 estudios realizaron mediciones directas (Tabla 10). Algunos ejemplos de mediciones directas son el indicador “materia orgánica en suelo (% a 50 cm)” evaluado por Arias-Giraldo y Camargo (2007), y la toma de muestras de agua de riego para ser analizadas y determinar la inocuidad del agua, realizada por

Espinola et al. (2017). La diferencia en la frecuencia de ambos métodos de medición puede ser resultado de que las mediciones en campo y en laboratorio suelen necesitar más recursos económicos y materiales específicos para la toma de muestras, que las entrevistas.

La presentación e integración de resultados, el quinto paso, es muy importante y es una de las características más relevantes de la metodología. La primera parte del MESMIS, los primeros tres pasos, te llevan a diferenciar el sistema analizado en indicadores, y muchos de los marcos de evaluación de la sustentabilidad se quedan en esa primera parte del análisis, algunos otros esfuerzos enlistan los resultados, y otros tantos, utilizan índices en donde se agregan los valores de los indicadores. Sin embargo, como Sulewsky et al. (2018) mencionan, analizar la sustentabilidad de agroecosistemas utilizando una simple agregación de variables puede que no sea correcta, ya que las diferentes dimensiones de ésta pueden competir entre sí.

Para este paso el MESMIS sugiere el uso de técnicas multicriterio, que son una representación gráfica y conjunta de los diferentes dominios (variables, indicadores, parámetros) considerados en la evaluación de un problema multidimensional. Su principal función es comunicar de manera sencilla y sintética la información más relevante para la toma de decisiones en un problema complejo (Galván-Miyoshi, 2008). Además de que facilitan la comparación de los sistemas de manejo y la identificación de aspectos que sería difícil distinguir a partir de índices agregados o tablas de datos (Gomiero y Giampietro, 2005). En la literatura existe una gama muy diversa de opciones que incluyen mapas cualitativos, cuantitativos y mixtos. El MESMIS sugiere el uso de graficas tipo AMIBA, el cual parece muy funcional, debido a que 88 de los 110 estudios analizados utilizan esta herramienta y solo 16 estudios utilizan otras herramientas multicriterio para la integración. Únicamente 6 estudios no presentan la integración de sus resultados, sin embargo, es posible que éstos si la hayan realizado y no se muestre en el documento analizado.

En los casos revisados se pudo comprobar que las herramientas sugeridas para integración de resultados no solo facilitan la comparación entre sistemas de manejo a diferencia de los índices absolutos, sino que también permiten la comunicación transparente del desempeño y de la evolución en el tiempo de indicadores multidimensionales.

El último paso de la metodología, el de conclusiones y recomendaciones, representa el momento de recapitular los resultados del análisis, con el fin de emitir un juicio de valor al comparar entre sí a los distintos sistemas en cuanto a su sustentabilidad (Matera et al., 2008). Como menciona Galván-Miyoshi (2008), no

existen opciones buenas o malas, sino alternativas con diferentes tipos de consecuencias ambientales, sociales y económicas. En la Tabla 6 se puede observar que la mayoría de los estudios hacen recomendaciones centradas en la posibilidad de mejorar los sistemas de manejo, mientras que únicamente 48 estudios hacen reflexiones acerca del proceso metodológico llevado a cabo. Existe la posibilidad de que la ausencia de recomendaciones a la metodología se deba a que ésta funciona adecuadamente o a que los usuarios desconozcan la importancia de hacer dichas recomendaciones.

Al hacer una revisión de las adaptaciones realizadas al MESMIS, se observó que 11 estudios utilizan otras propuestas metodológicas y las “fusionan” con el MEMSIS (Tabla 11). Esto quiere decir que el MESMIS es una metodología flexible que puede modificarse de acuerdo a las necesidades del usuario y que puede complementarse con otras.

De acuerdo a los resultados obtenidos respecto al seguimiento de los pasos y las variaciones realizadas por los usuarios a la metodología, surge la idea de la necesidad de adaptar la metodología para potencializar su uso. Estas adaptaciones se enfocan en aclarar la importancia de definir los sistemas alternativos y de referencia, profundizar en la descripción y uso de herramientas participativas para complementar la metodología, y enfatizar la relevancia de hacer recomendaciones finales para los sistemas y la metodología.

Adicionalmente se sugiere enriquecer la aproximación de la metodología buscando satisfacer de mejor manera las necesidades de los usuarios, haciéndolos parte activa del proceso de creación; desarrollar la innovación centrada en las personas, a través de observar los retos, detectar necesidades y solucionarlas, como indica la propuesta de design thinking (Tapia-Moya y Villarreal-Satama, 2020). Para esto se propone llevar a cabo una investigación enfocada en entender las características del usuario y su punto de vista respecto al MESMIS.

5.2 Análisis de los sistemas alternativos más sustentables

De los 110 estudios evaluados en el meta-análisis, el 60% no etiquetan ningún sistema a priori sino que los evalúan para así conocer los procesos o estrategias o características que los acercan o alejan de la sustentabilidad. Es por estos que, para llevar a cabo este análisis se consideraron únicamente los 35 estudios que apuestan por los sistemas alternativos y cuyos resultados demostraron que éstos son los sistemas más sustentables. Aunque hay varios estudios en los que resulta

evidente cuales son los sistemas alternativos y cuáles de referencia, estos no fueron considerados debido a la ausencia de claridad en el documento.

Debido al alto porcentaje de estudios que no fueron considerados en este análisis, se sugiere hacer una evaluación posterior de las características de los sistemas más sustentables de todos los estudios, ya que éstas pueden aportar ideas valiosas para la sustentabilidad futura de sistemas de manejo de recursos naturales.

5.2.1 ¿Cuáles son los logros de los sistemas alternativos en términos de sustentabilidad?

Una vez definidos los estudios de caso en los cuales se distingue claramente el sistema de manejo alternativo, se hizo un análisis puntual de las características, prácticas y técnicas de éstos, con la intención de conocer los motivos por los cuales son más sustentables e identificar los aspectos que comparten estos sistemas.

La mayoría de los estudios analizados en esta sección evalúan sistemas campesinos, y hacen propuestas que buscan mantener todos los beneficios y conocimientos de estos sistemas, agregando innovaciones o adaptaciones que les permitan mejorar y prolongar su existencia. De manera general las propuestas de sistemas campesinos con innovaciones están vinculadas al acceso a más capacitaciones e información, los resultados indican que lo ideal sería contar con un equilibrio en donde se cuente con tecnología e innovaciones que permitan mejorar la producción (pues cada día se cuentan con más descubrimientos científicos que aportan beneficios), pero que el productor conserve su conocimiento tradicional, mantenga una visión armónica hacia la naturaleza y tenga prácticas de manejo amables con el medio ambiente. La visión de la agricultura como un estilo de vida y no únicamente como un negocio, ayuda a mantener una relación amable del productor con su sistema productivo, y a esto se pueden sumar tecnologías valiosas que, si se usan de la manera adecuada, no perjudican el ambiente. Como menciona Perales et al. (2000), se busca mejorar el sistema productivo existente y no sustituirlo por uno nuevo (mejorar el conocimiento tradicional).

El Cuadro 1 muestra los logros de los sistemas alternativos y las aportaciones que hacen a la sustentabilidad en cuanto a técnicas y prácticas de manejo. Las características más encontradas en los estudios analizados son: una alta diversidad de cultivos, práctica de autoconsumo y búsqueda de seguridad alimentaria, baja dependencia a insumos externos, uso de cobertura vegetal, abono verde y leguminosas, y productores que participan en capacitaciones (Tabla

12). Esto sienta una base para aquellos usuarios del MESMIS que busquen hacer una mejora en algún sistema de manejo de recursos naturales. En general los sistemas con mayor sustentabilidad cuentan con prácticas que permiten aprovechar los recursos que se tienen sin depender de insumos externos, generando un bajo impacto ambiental, reduciendo los costos ambientales, sociales y económicos, y obteniendo el mayor beneficio posible.

Por otro lado, el listado de indicadores más utilizados también puede ser un buen punto de partida para los usuarios de la metodología. Se observó que los indicadores utilizados en estos estudios van más allá de los indicadores agronómicos típicos como productividad y rentabilidad, se formularon indicadores que pueden separarse en cinco grandes grupos: (i) prácticas e innovaciones utilizadas en el manejo del sistema; (ii) estado de conservación los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad); (iii) desempeño de los sistemas en cuanto a eficiencia económica; (iv) nivel de autonomía y (v) gestión local y participación de productores (en capacitaciones, en la comunidad, en toma de decisiones). Se sugiere hacer un análisis posterior de los indicadores utilizados para clasificarlos en los grupos antes mencionados y así poder generar un listado que pueda compartirse a los usuarios.

5.3 Análisis de los estudios de caso longitudinales

En este último análisis, se trabajó con 13 estudios de caso longitudinales, para conocer las aportaciones a la sustentabilidad que hacen las propuestas más consolidadas. Es relevante mencionar que para este análisis únicamente se contemplaron el 11.8% de los estudios de caso, lo cual es un porcentaje bajo considerando que el MESMIS fomenta la aplicación de este tipo de estudios. Esto puede ser resultado del compromiso a largo plazo que implica hacer un estudio longitudinal y los recursos económicos y humanos que requieren estos estudios.

Los estudios con evaluaciones a largo plazo, también denominados dinámicos, dan la posibilidad de ver “la película” no sólo “la foto”, es decir, permiten apreciar el desarrollo y la evolución de un mismo sistema en el tiempo, y te cuentan la historia del sistema, en lugar de únicamente brindar información del momento específico en el que se hizo el estudio. Tiene que pasar más de un año para poder registrar cómo reaccionan los sistemas y los diferentes indicadores evaluados ante los cambios, y así conocer si son resilientes, adaptables y productivos, entre otros. Algunos ejemplos de casos longitudinales o dinámicos que muestran lo anterior son el estudio de Arnés et al. (2018) que reporta los efectos de la participación de productores en las FFS (Escuelas de campo para agricultores siglas en inglés

Farmer Field Schools) a lo largo de ocho años; y el de Cárdenas y Osorio (2015) que muestra cómo indicadores como la productividad del café, la autosuficiencia alimentaria y la biodiversidad evolucionan en cinco años.

Se encontró que varios estudios mencionan ser longitudinales o hacen un levantamiento de datos a través del tiempo, sin embargo, en la integración de resultados (paso 5) llevan a cabo comparaciones transversales. Es relevante aclarar que, para ser considerado un estudio longitudinal, la integración de resultados debe comparar el mismo sistema a lo largo del tiempo, de lo contrario son estudios transversales, aunque cuenten con datos a través del tiempo.

5.3.1 ¿Cómo se ha aplicado la metodología a estudios longitudinales y cuáles son las dificultades que han enfrentado?

En términos de la aplicación de la metodología, la mayoría de los estudios son prospectivos, se considera que esto permite que la recolección de datos sea más precisa debido a que los datos son tangibles, a diferencia de los estudios retrospectivos que obtienen los datos de fuentes documentales y entrevistas. Además, se encontró que únicamente un estudio ha llevado a cabo tres ciclos de evaluación, el estudio de North y Hewes (2006), que fue realizado por los productores. Esta es una situación ideal para la aplicación del MESMIS, ya que propicia que los productores continúen evaluando su sistema periódicamente y logren una mejora continua en los sistemas.

La mayoría de los estudios se realizan en periodos menores a 10 años y los estudios que contemplan periodos mayores a 10 años pertenecen a evaluaciones retrospectivas. Esto resulta evidente, ya que en su mayoría los evaluadores procuran obtener resultados de manera rápida para poder proponer mejoras, y un periodo de evaluación largo implica que estas propuestas tardaran más tiempo en concretarse, además de que es necesario sostener el compromiso por más tiempo. En este sentido, involucrar a los productores y otorgarles herramientas funcionales que les permita darle continuidad a los ciclos de evaluación e implementar mejoras, es una alternativa frente a la dificultad que implica sostener el compromiso a largo plazo para evaluadores externos, que brinda beneficio a los productores y a los sistemas de manejo, aunque no se reporten ni se publiquen.

Los retos y oportunidades para la aplicación del MESMIS en estudios de largo plazo, según los 10 estudios que hacen recomendaciones finales a la metodología, están orientados a involucrar a los productores de manera que ellos continúen con los ciclos de evaluación. Además, sugieren complementar la metodología con herramientas participativas, considerar los contextos con diálogos interculturales y sistemas de conocimientos tradicionales, prestar

atención a la subjetividad al dar un valor cuantitativo a datos cualitativos, y analizar los indicadores antes de cada evaluación para hacer las modificaciones necesarias de acuerdo a los cambios observados en el sistema y no omitir datos relevantes que expliquen el estado innovado del sistema, ya que los sistemas pueden evolucionar de tal manera que requieran nuevos o distintos indicadores a los iniciales para poder reportar estos cambios. Así mismo, expresan la necesidad de aclarar y facilitar el proceso de definición de sistemas alternativo y de referencia, la definición de los periodos de monitoreo en base a cambios significativos, y la definición de los óptimos y umbrales de cada indicador, debido a la complejidad que implican.

En cuanto a los indicadores usados, ocho estudios utilizaron entre 8 y 19 indicadores, lo cual aporta a la idea de que usar pocos indicadores, pero bien seleccionados pueden ser suficientes para evaluar un sistema de manera completa, ya que como mencionan North y Hewes (2006), los indicadores adecuados deben lograr medir la relación del sistema productivo con la comunidad que los rodea y su salud en términos biológicos, sociales y económicos. Parece ser que, en el largo plazo, mientras más concretas son las variables a medir y la forma de obtener los valores, más fácil puede lograrse la continuidad del estudio.

5.3.2 ¿Cuáles son las lecciones aprendidas en cuanto a la sustentabilidad alcanzada de los estudios longitudinales?

Para conocer las aportaciones de los sistemas analizados en términos de sustentabilidad, se analizaron los puntos críticos previos a la propuesta alternativa, los indicadores en los que se vieron reflejadas las mejoras de los sistemas y las características específicas con mayor grado de sustentabilidad.

En términos de los puntos críticos, se encontró que la baja calidad del suelo es el punto crítico más mencionado, seguido por baja productividad, baja biodiversidad, dependencia a insumos externos y bajo acceso a capacitaciones, asesorías e información. Debido a que los sistemas de los 13 estudios de caso analizados tienen componentes agrícolas importantes, la baja calidad del suelo es un punto crítico evidente y de manera general se observa que los estudios identifican mayor cantidad de puntos críticos ambientales que sociales y casi no se consideran los económicos (Cuadro 2).

Por otro lado, entre el 42.9% y el 64.3% de los indicadores evaluados presentan una evolución positiva en la mayoría de los estudios longitudinales, y el indicador con mejoría más frecuentemente reportado es la participación de los productores en organizaciones (Tabla 14). Es interesante que un indicador de carácter social sea el principal indicador con mejoría, sin embargo, resulta lógico que si existe

participación e interés por parte de los productores, el resto de las variables pueden mejorar con mayor facilidad. En este sentido Nicholls y Altieri (2018), enfatizan la importancia de generar esquemas de organización a nivel finca que den pauta a esfuerzos de capacitación, intercambios de conocimiento y prácticas efectivas, y a nivel de territorios y comunidades la creación de coaliciones para la disseminación de la agricultura sustentable entre productores, sociedad civil y organizaciones de consumidores.

De la mano con lo observado en los puntos críticos y los indicadores con mejoría, se encontró que las características que fomentan la sustentabilidad de los sistemas analizados son principalmente las prácticas para conservación de suelos y control de erosión, la alta diversidad de cultivos, y la buena organización comunitaria y participación de los productores en la toma de decisiones. Dichas características se observaron en siete estudios de los 13 analizados, a las cuales se suman la reducción del uso de agroquímicos y el acceso a capacitaciones y asesorías, encontradas en seis estudios de caso, y el uso adecuado del agua y la reducción de la dependencia a insumos externos, observadas en cuatro estudios más. Estas siete características coinciden con los principios reportados por diversos autores y, en particular, por Wezel et al (2020) quienes, a través de una consulta global de múltiples actores sociales y de programas de instituciones como la FAO, concluyen que, de entre los 13 principios consolidados para crear agroecología, unos de los principales son la salud del suelo y la biodiversidad, y los otros en su mayoría son de carácter social, incluyendo la co-creación del conocimiento, los valores sociales, las dietas culturales, la justicia, la gobernanza para el manejo de los recursos naturales y la participación. Además, identifican cuatro puntos de entrada, asociados con los elementos diversidad, economía circular y solidaria, co-creación e intercambio del conocimiento y gobernanza responsable, para permitir caminos que lleven a la transformación profunda hacia la agricultura y los sistemas alimentarios sustentables.

Por último, es relevante hablar de la transición de un sistema hacia la sustentabilidad. Para esto, se analizaron los tiempos transcurridos entre evaluaciones para conocer el tiempo necesario para notar cambios significativos como consecuencia de la implementación de estrategias alternativas de manejo y así identificar el periodo más recomendable para monitorear los sistemas. Se observó que en todos los estudios se reportan cambios, independientemente de que los periodos de evaluación sean de 1, 3, 5, 10, 11, 14 o 22 años, y únicamente dos casos no cuentan con resultados concluyentes. Uno de estos estudios (North y Hewes, 2006) hace tres evaluaciones en lapsos de 5 años, mostrando en la segunda evaluación hay una gran mejoría, sin embargo, en la tercera evaluación los cambios positivos no son apreciables debido a los

indicadores utilizados, los autores sugieren que la evolución de un sistema puede requerir un cambio de indicadores. En este sentido, otro reto importante vinculado al paso del tiempo y la mejora de los sistemas, es tener claro que no todos los indicadores pueden mostrar resultados simultáneamente, es decir, hay procesos que muestran efectos enseguida, mientras que hay otros que requieren mucho más tiempo. Por ejemplo, el pH del suelo puede cambiar en meses, sin embargo, para elevar los niveles de materia orgánica en suelo y obtener los beneficios que esto conlleva, pueden ser necesarios hasta más de 4 años en algunos tipos de suelos (Astier et al., 2002).

De manera general, los puntos críticos de los estudios longitudinales son la baja calidad del suelo, la baja productividad y la baja biodiversidad. Al aplicar las propuestas alternativas se observa que los indicadores con mejoría son la participación de los productores en organizaciones y en toma de decisiones, las técnicas para conservación de suelos y la diversidad biológica y, por último, los resultados de las evaluaciones nos muestran que las características que aportan a la sustentabilidad de los sistemas son la conservación de suelos, la diversidad de los cultivos y la buena organización entre los productores. Llama la atención como muchos casos de transición hacia esquemas productivos más sustentables, empiezan con las prácticas de manejo y conservación de suelos; otros tantos apuestan a la diversificación ecológica del sistema y de las actividades económicas. Así mismo, los aspectos institucionales son clave para que se alcancen sistemas más sustentables, dado que la organización social, las instituciones sociales locales y la política pública que puede favorecer o entorpecer dichos procesos y, en el caso de países como México, donde existe todavía propiedad social, el colectivo y sus normas, se deben promover procesos de gestión, gobernanza y construcción de capacidades en todas sus formas, para poder ser resilientes, adaptarse y conseguir autonomía ante un mundo siempre cambiante y no predecible (Galicia-Gallardo et al., 2019).

6. Conclusiones

En el periodo analizado (20 años), son muchos los esfuerzos dedicados a la evaluación de sustentabilidad, lo que muestra una necesidad imperiosa, compartida en Latinoamérica y otras partes del mundo, por conocer el desempeño de los sistemas de manejo en la búsqueda de mejoras.

Con el paso de los años el uso del MESMIS ha aumentado y cada vez se registra su aplicación en un mayor número de países alrededor del mundo, mostrando que es una herramienta flexible y adaptable a una gran cantidad de contextos y realidades geográficas.

La mayoría de los estudios analizados fueron iniciativa de instituciones académicas, que han sido publicados principalmente como artículos. Sin embargo, la metodología también ha sido utilizada por organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y de productores. Lo que demuestra que el marco ha sido adoptado y adaptado a las condiciones y a las necesidades de una amplia diversidad de usuarios.

6.1 Desde el punto de vista metodológico

Si bien la mayoría de los pasos y premisas propuestos por el MESMIS son utilizados en un alto porcentaje de los estudios analizados, mostrando que es una herramienta viable para evaluar la sustentabilidad, hay algunos puntos importantes a considerar:

- Un alto porcentaje de estudios omiten los atributos de sustentabilidad o hacen modificaciones a los mismos. Es importante que los equipos de trabajo estén familiarizados con los atributos, debido a que internalizar estos conceptos es fundamental para formular indicadores robustos. Valdría la pena reforzar la explicación de los atributos para comunicar con mayor claridad al usuario su valor como guía para el análisis de los sistemas.
- A pesar de lo anterior, los usuarios formularon indicadores en múltiples disciplinas más allá de los indicadores agronómicos típicos, como productividad y rentabilidad. Además, más de la mitad de los casos usaron menos de 20 indicadores, aportando a la idea de que usar pocos indicadores bien seleccionados es suficiente para evaluar un sistema.
- Aunque se involucra a los productores en la mayoría de los estudios, éstos no participan en todos los pasos, su colaboración es especialmente apreciada en la definición de los puntos críticos y en la medición de los indicadores. En este sentido, se insiste en fomentar el uso de herramientas

participativas para conseguir mayor eficacia en la metodología, y una aportación más efectiva y consistente de los productores en la construcción de sistemas sustentables. La sustentabilidad no es un concepto universal, se desarrolla en la práctica y entre todos.

- La mayoría de los estudios analizados no identifican un sistema alternativo, en su lugar, adaptan la metodología a los sistemas de manejo que les interesa analizar, haciendo una especie de diagnóstico multicriterio. Esto revela que hay distintas formas de aplicación del MESMIS y que es una metodología adaptable a las necesidades del usuario, y ejemplifica modificaciones que pueden ser sugerencias de uso que valdría la pena discutir y analizar a profundidad. En este sentido, es importante aclarar que identificar el sistema alternativo es relevante para lograr investigar el potencial de los sistemas de manejo en cuanto a la sustentabilidad multidimensional y poder proyectar una meta a alcanzar.
- Los resultados se tradujeron en recomendaciones para mejorar los sistemas de manejo en la mayoría de los casos, mostrando una intención general por fortalecer los sistemas analizados. Sin embargo, en menos de la mitad de los casos se hacen reflexiones acerca del proceso metodológico. Es necesario transmitir la importancia de hacer recomendaciones finales para lograr una mejora en los sistemas y para el perfeccionamiento de la metodología. La importancia del análisis cíclico es poder parar, mejorar y rectificar el camino.

De manera general, la aplicación del MESMIS se podría fortalecer comunicando con mayor claridad al usuario: (a) el valor del uso de los atributos como guía para el análisis de los sistemas; (b) la necesidad de definir los sistemas alternativos y de referencia; (c) la relevancia de utilizar herramientas participativas en todos los pasos; finalmente, (d) la importancia de hacer recomendaciones finales tanto para la mejora de los sistemas como para el perfeccionamiento de la metodología. Se sugiere crear material complementario para explicar de forma muy sencilla cada uno de los pasos del marco MESMIS y, así, lograr que el usuario se sienta cómodo con la metodología y pueda aprovecharla al máximo.

6.1.1 En estudios longitudinales

Los estudios longitudinales muestran la potencialidad del MESMIS no sólo desde el punto de vista metodológico, si no de las propuestas a las que le apuestan los diferentes grupos de trabajo en el mundo. Desafortunadamente, estos estudios son poco frecuentes debido al compromiso a largo plazo que implican y los recursos económicos y humanos que requieren. Sin embargo, es importante

considerar que la sustentabilidad y sus manifestaciones en los indicadores sólo se podrán apreciar en el largo plazo. En términos metodológicos es relevante resaltar lo siguiente:

- Los estudios prospectivos permiten que la recolección de datos sea más precisa, a diferencia de los estudios retrospectivos que obtienen información de fuentes documentales y, frecuentemente, de la memoria de los entrevistados. En el largo plazo, mientras más concretas son las variables a medir y la forma de obtener información, mejor puede lograrse la continuidad de la evaluación.
- La mayoría de los estudios se realizan en periodos menores a 10 años para obtener resultados, aplicar alternativas y lograr mejoras lo más pronto posible. El uso de metodologías participativas, además de aumentar la eficacia de la metodología, ayudan a involucrar y motivar a los productores a continuar evaluando los sistemas periódicamente y a aplicar mejoras. Dichas acciones representan una alternativa frente a la dificultad de que evaluadores externos sostengan el compromiso de una evaluación de largo plazo.
- La evolución de un sistema puede requerir un cambio de indicadores para poder reportar su avance. Puede suceder que ciertos cambios relevantes no sean apreciables debido a los indicadores utilizados, por lo que resulta relevante analizar los indicadores antes de cada evaluación para modificarlos en caso de ser necesario.
- Para fortalecer la metodología habría que brindar herramientas e información para facilitar los procesos de definición de sistemas alternativo y de referencia, la definición de los periodos de monitoreo en donde se puedan apreciar cambios significativos y, la definición de los valores óptimos y umbrales para cada indicador.

6.2 Desde el punto de vista de la sustentabilidad

El análisis de los sistemas alternativos más sustentables muestra que de manera general los estudios apuestan por prácticas o adaptaciones que hagan más sustentables a los sistemas originales, mejorando su funcionamiento y prolongando su existencia, en lugar de sustituirlos por uno nuevo. Los hallazgos principales son los siguientes:

- Los sistemas más sustentables, frecuentemente presentan: alta diversidad de cultivos, práctica de autoconsumo y búsqueda de seguridad alimentaria, baja dependencia a insumos externos, uso de cobertura vegetal, abono

verde y leguminosas, presencia de productores que participan en capacitaciones, y prácticas para conservación de suelos.

- Las estrategias exitosas de los sistemas alternativos suelen incluir manejo integrado de suelos, uso de cobertura vegetal y diversificación de cultivos. Mostrando que la integración de principios agroecológicos aumenta la estabilidad, resiliencia y confiabilidad sin comprometer la productividad, generando sinergias más que “trade-offs”.
- Un sistema tecnificado establecido de la forma correcta, en conjunto con algunas técnicas agroecológicas, puede llegar a ser más sustentable que un sistema campesino tradicional. Es decir que, los sistemas campesinos pueden mejorar con el uso adecuado de tecnologías y es posible combinar el conocimiento tradicional con innovaciones tecnológicas.
- Los sistemas alternativos más sustentables cuentan con prácticas que buscan: aprovechar al máximo los recursos que se tienen, reducir la dependencia de insumos externos, minimizar los costos ambientales, sociales y económicos, y obtener el mayor beneficio posible, manteniendo una participación activa de los productores en capacitaciones y en la comunidad.

6.2.1 En estudios longitudinales

- Los puntos críticos previos al diseño de la propuesta alternativa más reportados, son: baja calidad del suelo, baja productividad, baja biodiversidad, alta dependencia a insumos externos y bajo acceso a asesorías, capacitaciones e información. Dando prioridad a los puntos críticos ambientales y sociales, por encima de los económicos.
- Todos los estudios reportan cambios en los valores de los indicadores, independientemente de que los periodos de evaluación sean distintos. Se observó que el indicador con mejoría más frecuentemente reportado es la participación de los productores en organizaciones, sugiriendo que sí existe participación e interés, el resto de las variables pueden mejorar con mayor facilidad. Este resultado reafirma la importancia de generar esfuerzos de capacitación, intercambios de conocimientos y difusión de la agricultura sustentable entre productores, sociedad civil y organizaciones de consumidores.
- Como reflejo de lo anterior, las características concretas de los sistemas con mayor grado de sustentabilidad son: prácticas para conservación de suelos y control de erosión, alta diversidad de cultivos, buena organización comunitaria y participación de los productores en la toma de decisiones, reducción del uso de agroquímicos, acceso a capacitaciones y asesorías, uso adecuado del agua y la reducción de la dependencia a insumos

externos. Estas características son la pauta para la transformación profunda hacia una agricultura y sistemas alimentarios más sustentables.

El fin último del MESMIS es aportar a la sustentabilidad. Este trabajo brinda información fundamental para la actualización y mejora de la metodología, con lo cual se busca potenciar su uso para el beneficio de una mayor cantidad de usuarios y una mayor cantidad de sistemas.

Referencias bibliográficas

- Albicette, M., Brasesco, R. & Chiappe, M. (2009). Propuesta de indicadores para evaluar la sustentabilidad predial en agroecosistemas agrícola-ganaderos del litoral de Uruguay. *Agrociencia*, XIII(1), 48-68.
- Alemán-Santillan, T., Nahed-Toral, J. & López-Méndez J. (2005). Cap. II Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Tzotziles. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 11-55). México: Mundi-Prensa.
- Alonso, A. M. & Guzmán, G.I. (2008). Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, 1, 63-73.
- Álvarez -Litben, S.G. & Zulaica, L. (2015). Indicadores de sustentabilidad en sistemas de albarradas: aportes metodológicos. *Letras verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 18, 184-207.
- Álvarez, Y. (2015). Evaluación de indicadores de sustentabilidad agroecológica en sistemas de producción agrícola de Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Arévalo-Pacheco, G.J. (2015). MESMIS un instrumento en el diseño de indicadores de sustentabilidad para el sistema de turismo de la Ruta de la Salud, Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Arias-Giraldo, L.M. & Camargo, J.C. (2007). Análisis de sustentabilidad en unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia (Quindío Colombia), Cuenca del Río La Vieja. Proyecto: Estrategias para el establecimiento de sistemas silvopastoriles con árboles maderables en la zona cafetera de Colombia.
- Arizaga-Romo, P.E. & Carchipulla-Sanango, S. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción ganadera en la Parroquia Chorocopte del Cantón Cañar-Ecuador. Tesis de maestría. Universidad Politécnica Salesiana.
- Arnés, E. & Astier, M. (2018). Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos. (1 ed.) Ecuador: UNESCO y UNAM, CIGA.
- Arnés, E., Díaz-Ambrona, C.G.H., Marín-González, O. & Astier, M. (2018). Farmer field schools (FFSs): A tool empowering sustainability and food security in peasant farming systems in the Nicaraguan Highlands. *Sustainability*, 10(3020), 1-24.
- Astier, M., Maser, O.R. & Galván-Miyoshi, Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. (1 ed.) España: SEAE/ CIGA/ ECOSUR/ CIECO/ UNAM/ GIRA/ Mundiprensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.

- Astier, M., Maass, M.M. & Etchevers, B. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620.
- Astier, M. & Hollands, J. (2005). Cap. I La evaluación de la sustentabilidad de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 1-10). México: Mundi-Prensa.
- Astier, M., Garcia-Barríos, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C.E. & Masera, O.R. (2012). Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and Society*, 17(3), 1-20.
- Astier, M., Speelman, E.N., López-Ridaura, S., Masera, O.R. & González-Esquivel, C.E. (2011). Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(3), 409-422.
- Borges de Loureiro, J.P., Souza dos Santos, M.A., Epifane-Rodrigues, H., Ferreira de Souza, C.C. & Houry-Rebello, F. (2020). Avaliação de sistemas de manejo de recursos naturais com base em indicadores de sustentabilidade: Uma revisão sistemática da literatura sobre o uso do método MESMIS. *Research, Society and Development*, 9(8), 1-20.
- Botella, J. & Zamora, A. (2017). El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *Educación XXI*, 20(2), 17-38.
- Brunett Pérez, L., González Esquivel, C. & García Hernández, L. A. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (78).
- Cárdenas-Grajales, G.I. & Acevedo-Osorio, A. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas productivos campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia-ACOC-Valle del Cauca. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, Universidad Católica del El Salvador, 4, 109-135.
- Castelán-Ortega, O.A., Bernués-Jal, A., Ruíz-Santos, R. & Mould, F.L. (2008). Oportunidades y retos para los sistemas campesinos de rumiantes en Latinoamérica: Manejo de recursos, seguridad alimentaria, calidad y acceso a mercados. UAEM, México.
- Castillo-Granados, A., Espinosa-Ortiz, V.E., García-Hernández, L.A. & Alonso-Pesado, F.A. (2012). Indicadores de sustentabilidad en la lechería familiar. 13er Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria. 397-402.

- Certoma, Ch. & Migliorini, P. (2011). The evaluation of Sustainability of organic farms in Tuscany. *Survival and Sustainability, Environmental Earth Sciences*, 165-177.
- Darnhofer, I., Fairweather, J. & Moller, H. (2009). Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *International journal of agricultural sustainability*, 8(3), 186-198.
- De Grammont, H.C. (2004). La nueva ruralidad en América Latina. *Revista Mexicana de Sociología*, 66, 279-300.
- Delgadillo-Pinto, J. & Delgado-Burgoa, F. (2005). Cap. VII Evaluación de la sustentabilidad de un sistema basado en la implementación de prácticas de conservación de suelos, en la comunidad de Chullpakasa, Bolivia. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 203-245). México: Mundi-Prensa.
- Escribano, A.J., Gaspar, P., Mesías, F.J., Pulido, A.F. & Escibano, M. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas agroforestales: estudio del caso de las dehesas. *ITEA*, 110(4), 343-367.
- Espínola, J.E., Plá, L.M., Montañez, E.J, Leyva, J.W. & Caceres, V.A. (2017). Evaluación de la sustentabilidad del sistema agrícola de la comunidad de Huapra, Perú. *Revista Investigación Operacional*, 38(1), 91-100.
- Galicia-Gallardo, A.P., González-Esquivel, C.E., Castillo, A., Monroy-Sánchez, A.B. & Ceccon, E. (2019). Organic Hibiscus (*Hibiscus sadarifa*) production, social capital and sustainability in La Montaña, Guerrero, México. *Agroecology and sustainable food systems journal*, 43(10), 1106-1123.
- Galván-Miyoshi, Y., Maser, O. & López-Ridaura, S. (2008). Cap. 3 Las evaluaciones de sustentabilidad. En M. Astier, O.R. Maser & Y. Galván-Miyoshi (Eds.), *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (pp. 41-57). España, SEAE/ CIGA/ ECOSUR/ CIECO/ UNAM/ GIRA/ Mundiprensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.
- García, R. (2011). Interdisciplinaria y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1(1), 66-101.
- Gaspar, P., Mesías, F.J., Escibano, M. & Pulido, F. (2009). Sustainability in Spanish extensive farms (Dehesas): an economic and management indicator-based evaluation. *Rangeland Ecology & Management*, 62(2), 153-162.
- Gomez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G. & Betancourt-Buitrago, L.A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de

- temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.
- Gomiero, T. & Giampietro, M. (2005). Graphic tools for data representation in integral analysis of farming system. *International Journal of Global Environmental Issues*, 5, 264-301.
- González-Esquivel, C.E., Ríos-Granados, H., Brunett-Pérez, L., Zamorano-Camiro, S. & Villa- Méndez, C. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, 13(40), 107-139.
- Gutiérrez-Cedillo, J.G., Aguilera-Gómez, L.I., González-Esquivel, C.E. & Pérez, J.I.J. (2012). Evaluación de la sustentabilidad posterior a una intervención agroecológica en el subtrópico del altiplano central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 15-24.
- Gutiérrez-Cedillo, J.G., González-Esquivel, C.E. & Aguilera-Gómez, L.I. (2007). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. 1-22.
- Hernández-Rodríguez, M.A. (2018). Sostenibilidad Social para el manejo del agua de riego en Sonora. El caso de un agroecosistema del río San Miguel, 1936-2016. Tesis de doctorado. El Colegio de Sonora.
- Jiménez-Chaves, V.E. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigaciones en Ciencias Sociales*, 8(1), 141-150.
- Johnston, P., Everard, M., Santillo, D., Robèrt, K.-H. (2007). Reclaiming the definition of sustainability. *Environmental science and pollution research international*, 14, 60–66.
- Larrondo-Posadas, L.G. (2017). Evaluación inicial de la sustentabilidad de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tlacotalpa, Tabasco y Pichucalco, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López-Ridaura, S., Maser, O. & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2, 135-148.
- Lowder, S.K., Skoet, J. & Singh, S. (2014). What do we really know about the number and distribution of farms and family farms worldwide? Background paper for The State of Food and Agriculture 2014. ESA Working Paper No. 14-02. Rome, FAO.
- Luna-Vargas, S. & Muñoz-Güemes, A. (2017). Relaciones interétnicas y la competencia por el aprovechamiento turístico del agua en la Huasteca Potosina, México. *Universidad & Ciencia*, 6, 64-79.

- Marta-Costa, A. & Poeta, A. (2008). Stages for the More Sustainable Farm. 12° Congress of the European Association of Agricultural Economists, 1-7.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. México.
- Masera, O. & López-Ridaura, S. (2000). Cap. I Introducción. En O. Masera & S. López-Ridaura (Eds.), Sustentabilidad y sistemas campesinos (pp. 1-12). México.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S. (2000). El marco de evaluación MEMSIS. En O. Masera & S. López-Ridaura (Eds.), Sustentabilidad y sistemas campesinos (pp. 13-44). México.
- Masera, O., Astier, M., López-Ridaura, S., Galván-Miyoshi, Y., Ortiz-Ávila, T., García-Barrios, L.E., García-Barrios, R., González, C. & Speelman, E. (2008). Cap. 1 El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. En M. Astier, O.R. Masera & Y. Galván-Miyoshi (Eds.), Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional (pp. 13-23). España, SEAE/ CIGA/ ECOSUR/ CIECO/ UNAM/ GIRA/ Mundiprensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A. (2018). Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170-1193.
- North, K. & Hewes, D. (2006). Toward sustainability: monitoring farm progress. *Leisa Magazine*, 44-46.
- Perales-Rivas, M.A., Fregoso-Tirado, L.E., Martínez-Alvarado, C.O., Cuevas-Reyes, V., Loaiza-Meza, A., Reyes-Jiménez, J.E., Moreno-Gallegos, T., Palacios-Velarde, O. & Guzmán-Rodríguez, J.L. (2000). Cap. V Evaluación del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa. En O. Masera & S. López-Ridaura (Eds.), Sustentabilidad y sistemas campesinos (pp. 143-206). México.
- Reina-Castro, J.L. (2016). Sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en la zona del proyecto de riego Carrizal-Chone etapa I (Manabí, Ecuador). Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ricaurte-Angulo, M.A. (2016). La empresa comunitaria agrícola como alternativa de gestión territorial sostenible. Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Norte, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Sánchez-Morales, P. (2012). Evaluación de la sustentabilidad del agroecosistema maíz en la región de Huamantla, Tlaxcala. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados.
- Santos-Silva, L.M. & Caporal, F.R. (2017). Indicadores multidimensionais e avaliacao de agroecosistemas familiares: adaptacao e aplicacao do MESMIS em territorio

- brasileiro. *Agricultura Familiar: Pesquisa, Formacao e Desenvolvimento*, 11(1), 9-171.
- Speelman, E.N., Astier, M. & Galván-Miyoshi, Y. (2008). Cap.2 Sistematización y análisis de las experiencias de evaluación con el marco MESMIS: lecciones para el futuro. En M. Astier, O.R. Masera & Y. Galván-Miyoshi (Eds.), *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (pp. 25-38). España, SEAE/ CIGA/ ECOSUR/ CIECO/ UNAM/ GIRA/ Mundiprensa/ Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.
- Speelman, E.N., López-Ridaura, S., Aliana-Colomer, N., Astier, M. & Masera, O.R. (2007). Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(4), 345-361.
- Stake, R.E. (2005). *Investigación con estudio de casos*. (4 ed.). Madrid: Morata.
- Sulewski, P., Kłoczko-Gajewska, A. & Sroka, W. (2018). Relations between Agri-Environmental, Economic and Social Dimensions of Farms' Sustainability. *Sustainability*, 10(12), 1-23.
- Tapia-Moya, M.J. & Villarreal-Satama, F.L. (2020). Eco-Innovación y Design Thinking: Una oportunidad de negocios sostenibles. *Revista INGENIO*, 3(2), 26-41.
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, V., Garcia, Ciudad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., d , Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E. & Peeters, A., (2006). SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 229–242.
- Vargas-Ramírez, N. & J. Paneque-Gálvez (2019). El surgimiento global de drones comunitarios (2012–2017). *Drones* 3, 76.
- Vega-Sepúlveda, D.E. (2009). *Medición comparativa de la sustentabilidad en agroecosistemas campesinos polirubristas: Estudio de casos en la comunidad de Tralcao, Provincia de Valdivia, Región de los Ríos*. Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile.
- Villalba, D., Molina, E. & Taull, M. (2012). Sheep production and conservation of wild birds in birds special protection areas in North East of Spain. *EAAP publication*, 131, 97-100.
- Wezel, A., Gemmill-Herren, B., Bezner-Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues-Goncalves, A.L. & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(40), 1-13.

Anexos

Anexo 1. Literatura analizada

1. Aguilar-Jiménez, C.E., Tolon-Becerra A. & Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *FCA UNCUYO*, 43(1), 155-174.
2. Aguirre, S. & Chiappe, M. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en predios hortícolas salteños. *Agrociencia*, 13(1), 38-47.
3. Albarracín-Zaidiza, J.A., Fonseca-Carreño, N.E. & López-Vargas, L.H. (2019). Las practicas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55.
4. Alemán-Santillan, T., Nahed-Toral, J. & Lopez-Mendez J. (2005). Cap. II Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Tzotziles. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 11-55). México: Mundi-Prensa.
5. Alonso, A. M. & Guzmán, G.I. (2008). Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el olivar ecológico y convencional. *Agroecología*, 1, 63-73.
6. Álvarez, Y. (2015). Evaluación de indicadores de sustentabilidad agroecológica en sistemas de producción agrícola de Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
7. Arceo, P. & Granados-Barba, A. (2010). Evaluating sustainability criteria for a marine protected area in Veracruz, Mexico. *Ocean and Coastal Management*, 53, 535-543.
8. Arévalo-Pacheco, G.J. (2015). MESMIS un instrumento en el diseño de indicadores de sustentabilidad para el sistema de turismo de la Ruta de la Salud, Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
9. Arias-Giraldo, L.M. & Camargo, J.C. (2007). Análisis de sustentabilidad en unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia (Quindío Colombia), Cuenca del Río La Vieja. Proyecto: Estrategias para el establecimiento de sistemas silvopastoriles con árboles maderables en la zona cafetera de Colombia.
10. Arizaga-Romo, P.E. & Carchipulla-Sanango, S. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción ganadera en la Parroquia Chorocopte del Canton Cañar-Ecuador. Tesis de maestría. Universidad Politécnica Salesiana.
11. Arnés-Prieto, E., Marin-González, O., Merino-Zazo, A. & Diaz-Ambrona, C.G.H. (2013). Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en San José Cusmapa, Nicaragua. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 236, 171-197.
12. Arnés, E., Antonio, J., Del Val, E. & Astier, M. (2013). Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican Highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 195-205.
13. Arnes, E., Diaz-Ambrona, C.G.H., Marin-González, O. & Astier, M. (2018). Farmer field schools (FFSs): A tool empowering sustainability and food security in peasant farming systems in the Nicaraguan Highlands. *Sustainability*, 10(3020), 1-24.
14. Astier, M., Perez-Agis, E., Ortiz, T. & Mota, F. (2005). Cap. IV Sustentabilidad de sistemas campesinos de maíz después de cuatro años: el segundo ciclo de evaluación del MESMIS. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 85-120). México: Mundi-Prensa.
15. Astier, M., Perez-Agis, E., Mota-García F., Maser, O. & Alatorre-Frenk, C. (2000). Cap. VII El diseño de sistemas sustentables de maíz en la región Purépecha. En O. Maser & S. López-Ridaura (Eds.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (pp. 271-323). México.

16. Bowen, S. & Valenzuela-Zapata, A. (2009). Geographical indications, terroir, and socioeconomic and ecological sustainability: The case of Tequila. *Journal of Rural Studies*, 25, 108-119.
17. Brunett Pérez, L., González Esquivel, C. & García Hernández, L. A. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (78).
18. Carbonero, M.D., Fajardo, E., Garcia, A., Leal, J.R., Guerrero, J.E. & Fernandez, P. (2014). Análisis de la sostenibilidad de olivares pastoreados. 53° Reunión Científica de la SEEP, 555-562.
19. Cárdenas-Grajales, G.I., Giraldo-Gomez, H., Idarraga-Quintero, A. & Vasquez-Grisales, L.N. (2007). Desarrollo y validación de metodología para evaluar con indicadores la sustentabilidad de sistemas productivos campesinos de la asociación de caficultores orgánicos de Colombia-ACOC. 1-17.
20. Cárdenas-Grajales, G.I. & Acevedo-Osorio, A. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas productivos campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia-ACOC-Valle del Cauca. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, Universidad Católica del El Salvador, 4, 109-135.
21. Castillo-Granados, A., Espinosa-Ortiz, V.E., García-Hernandez, L.A. & Alonso-Pesado, F.A. (2012). Indicadores de sustentabilidad en la lechería familiar. 13er Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria. 397-402.
22. Certoma, Ch. & Migliorini, P. (2011). The evaluation of Sustainability of organic farms in Tuscany. *Survival and Sustainability, Environmental Earth Sciences*, 165-177.
23. Cittadini, E.D., Mundet, C., Pugh, A.B., Baltuska, N., San Martino, L. & Balul, Y.J. (2010). Análisis de la sustentabilidad de los sistemas de producción de cerezas en Patagonia Sur. Primer Congreso Latinoamericano y Europeo de Co-innovación de Sistemas Sostenibles de Sustento Rural, 247-250.
24. Cruz-Mendoza, J., Villegas-Aparicio, Y., Jerez-Salas, M.P., Perez-Leon, M.I. & Castañeda-Hidalgo, E. (2013). Evaluación de tres agroecosistemas de producción ovina en los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1251-1261.
25. Delgadillo-Pinto, J. & Delgado-Burgoa, F. (2005). Cap. VII Evaluación de la sustentabilidad de un sistema basado en la implementación de prácticas de conservación de suelos, en la comunidad de Chullpakasa, Bolivia. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 203-245). México: Mundi-Prensa.
26. Delgado, A., Armas, W., D'Aubeterre, R., Hernandez, C. & Araque, C. (2010). Sostenibilidad del sistema de producción *Capra hircus*-*Aloe vera* en el semiárido de Cauderales (Estado Lara, Venezuela). *Agroalimentaria*, 16(31), 49-63.
27. Delgado-Lemus, T.S. (2009). Evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción rural en tres comunidades de la microcuenca Umeuario-Loma Caliente, Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
28. Díez, B., Beltrán de Heredia, I., Villalba, D., Bernués, A. & Ruiz, R. (2009). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sostenibilidad del sistema ovino de raza Latxa. *XIII Jornadas sobre Producción Animal*, 2, 379-381.
29. Díez-Unquera, B., Ripoll-Bosch, R., Ruiz, R., Villalba, D., Molina, E., Joy, M., Olaizola, A. & Bernues, A. (2012). Indicators of sustainability in pasture-based livestock systems. *Animal farming and Environmental Interactions in the Mediterranean Region*, 131, 129-137.
30. Domínguez-Hernandez, M.E. (2007). Propuesta para el manejo sustentable y bajo condiciones de inocuidad en sistemas de producción ovina. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo*, 10.

31. Domínguez-Hernández, M.E., Zepeda-Bautista, R., Valderrama-Bravo, M.C., Domínguez-Hernández, E. & Hernández-Aguilar, C. (2018). Sustainability assessment of traditional maize (*Zea mays L.*) agroecosystem in Sierra Norte de Puebla, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(4), 383-406.
32. Escribano, A.J., Gaspar, P., Mesías, F.J., Escribano, M. & Pulido, F. (2010). Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones caprinas extremeñas en áreas desfavorecidas como herramienta de apoyo en la conversión hacia explotaciones ecológicas. 1-10.
33. Escribano, A.J., Gaspar, P., Mesías, F.J., Pulido, A.F. & Escribano, M. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de explotaciones de vacuno de carne ecológicas y convencionales en sistemas agroforestales: estudio del caso de las dehesas. *ITEA*, 110(4), 343-367.
34. Espínola, J.E., Plá, L.M., Montañez, E.J., Leyva, J.W. & Caceres, V.A. (2017). Evaluación de la sustentabilidad del sistema agrícola de la comunidad de Huapra, Perú. *Revista Investigación Operacional*, 38(1), 91-100.
35. Fallas, G., Chacon, M. & Castro, J. (2009). Sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas ecológicas y tradicionales en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 1(2), 151-161.
36. Farias, J. (2013). Evaluación de la sustentabilidad en dos modelos de producción papera de la cuenca alta del río Chama: adaptación de la metodología MESMIS. Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes.
37. Fonseca-Carreño, J.A., Cleves-Leguízamo, J.A. & León-Sicard, T. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del río Cormechoque (Boyaca). *Ciencia y Agricultura*, 13(1), 29-47.
38. Fuentes-Acuña, N.R. & Marchant, C. (2016). ¿Contribuyen las prácticas agroecológicas a la sustentabilidad de la agricultura familiar de montaña? El caso de Curarrehue, región de la Araucanía, Chile. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 35-66.
39. Fuentes-Castillo, M.J., Jiménez-Velázquez, M.A., García-Cué, J.L. & Caamal-Cauich, I. (2015). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de papel amate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 125-138.
40. Gaeta, N. & Muñoz, G. (2014). Sustentabilidad productiva, económica y social de un sistema de producción ganadero en el nordeste de Entre Ríos. *Ciencias Agronómicas*, XXIV(14), 11-22.
41. Galicia-Gallardo, A.P. (2015). Evaluación de la sustentabilidad en el manejo de un agroecosistema de jamaica orgánica en la ONG de Xuajin me'phaa en el estado de Guerrero. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
42. García-Bonilla, D.V., Pérez-Zarate, L.A., Pérez-Bautista, J.J., Ruiz-Rosado, O. & García-Pérez, E. (2015). Sostenibilidad en una unidad de producción familiar en el trópico subhúmedo del estado de Veracruz. *Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz*.
43. García-Moya, F. (2013). Saber campesino y sostenibilidad agrícola en la Sierra Gorda de Guanajuato, Mexico. 1er Encuentro de Estudiantes y Exalumnos del Instituto de Sociología y Estudios Campesinos ISEC-Universidad de Córdoba, 103-116.
44. Gaspar, P., Mesías, F.J., Escribano, M. & Pulido, F. (2009). Sustainability in Spanish extensive farms (Dehesas): an economic and management indicator-based evaluation. *Rangeland Ecology & Management*, 62(2), 153-162.
45. Giraldo-Díaz, R. & Valencia, F.L. (2010). Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira (Valle del Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(2), 7-17.
46. Gomero-Osorio, L. & Velásquez-Alcantara, H. (2005). Cap. III Evaluación de la sustentabilidad del sistema de algodón orgánico en la zona del trópico húmedo del Perú San Martín, Tarapoto. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 57-84). México: Mundi-Prensa.

47. Gomes de Almeida, S. & Bianconi-Fernández, G. (2005). Cap. V Sustentabilidad económica de un sistema familiar en una región semiárida de Brasil. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 121-160). México: Mundi-Prensa.
48. González-Esquivel, C.E., Ríos-Granados, H., Brunett-Pérez, L., Zamorano-Camiro, S. & Villa- Méndez, C. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, 13(40), 107-139.
49. Gordiano, J.B.A. & Vargas-Isla, R. (2017). Evaluación de la sustentabilidad de los principios de la Red de Agricultores Tradicionales del estado de Amazonas, Brasil. *Agricultura Familiar: Pesquisa, Formacao e Desenvolvimento*, 11(1), 119-138.
50. Guevara, F., Carranza, T., Puentes, R. & González, C. (2000). Cap. VI La sustentabilidad de sistemas maíz–mucuna en el Sureste de México (primer ciclo de evaluación). En O. Maserá & S. López-Ridaura (Eds.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (pp. 207-269). México.
51. Gutiérrez-Cedillo, J.G., González-Esquivel, C.E. & Aguilera-Gómez, L.I. (2007). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. 1-22.
52. Gutiérrez-Cedillo, J.G., Aguilera-Gómez, L.I., González-Esquivel, C.E. & Pérez, J.I.J. (2012). Evaluación de la sustentabilidad posterior a una intervención agroecológica en el subtrópico del altiplano central de Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 15-24.
53. Hernández-Rodríguez, M.A. (2018). *Sostenibilidad Social para el manejo del agua de riego en Sonora. El caso de un agroecosistema del río San Miguel, 1936-2016*. Tesis de doctorado. El Colegio de Sonora.
54. Joa-Llovet, E.A., Hechavarría-Nuviola, M. & Arias-Salazar, C. (2016). Evaluación de la sostenibilidad del sistema productivo agrícola de la Cooperativa de crédito y servicio (CCSF) U. G. Valera del municipio Bayamo. *Revista Granma Ciencia*, 20(2), 1-9.
55. Larrea, A.T. (2011). *Caracterización y eficiencia de la producción lechera en el noreste de La Pampa (Argentina)*. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba (España).
56. Larrondo-Posadas, L.G. (2017). *Evaluación inicial de la sustentabilidad de la producción de cacao (Theobroma cacao L.) en Tlacotalpa, Tabasco y Pichucalco, Chiapas*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
57. Loaiza-Cerón, W., Reyes-Trujillo, A. & Carvajal-Escobar, Y. (2012). Aplicación del Índice de Sostenibilidad del recurso hídrico en la agricultura (ISRHA) para definir estrategias tecnológicas disponibles en la microcuenca Centella. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(2), 160-181.
58. Loyola, J. (2016). *Conocimientos y prácticas ancestrales y tradicionales que fortalecen la sustentabilidad de los sistemas hortícolas de la parroquia de San Joaquín*. La Granja: *Revista de Ciencias de la Vida*. 24(2), 29-42.
59. Luna-Vargas, S. & Muñoz-Güemes, A. (2017). *Relaciones interétnicas y la competencia por el aprovechamiento turístico del agua en la Huasteca Potosina, Mexico*. *Universidad & Ciencia*, 6, 64-79.
60. Maresma, J., Machado-Carcases, G. & Rodríguez-Oquendo, V. (2010). *Evaluación de algunos aspectos dentro del manejo sostenible de Fincas Forestales Integrales en Sierra Boniato, Santiago de Cuba*. Estudio de caso. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 56, 1-9.
61. Marta-Costa, A. & Poeta, A. (2008). *Stages for the More Sustainable Farm*. 12^o Congress of the European Association of Agricultural Economists, 1-7.
62. Marta-Costa, A.A & Dinis-Poeta, A. (2009). *Some considerations about the contribution of small ruminants to bovine farming systems sustainability*. *Options Mediterraneennes*, A(91), 83-86.

63. Martínez-Ibarra, J.A., Arellano-Montoya, R.E. & Pineda-López, R. (2008). Evaluación del manejo local de la microcuenca Lagunillas (Jalisco, México) utilizando indicadores de sustentabilidad. *DELOS: Revista Desarrollo Local Sostenible*, 1(3), 1-10.
64. Mazabel-Domínguez, D.G., Romero-Jacuinde, M. & Hurtado-Cardoso, M.A. (2010). La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentables*, 6(2), 198-219.
65. Merlín-Uribe, Y., González-Esquivel, C.E., Contreras-Hernández, A., Zambrano, L., Moreno-Casasola, P. & Astier, M. (2012). Environmental and socio-economic sustainability of chinampas (raised beds) in Xochimilco, México City. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 1-18.
66. Moctezuma-Malagón, A., González-Esquivel, C.E., Dela Lanza-Espino, G. & González-Rebeles Islas, C. (2008). A methodology for evaluating the sustainability of inland wetland systems. *Aquacult Int*, 16, 525-537.
67. Molina-Gómez, H.J., Jiménez-Velázquez, M.A., Arvizu-Barrón, E. & Sangerman-Jarquín, D.M. (2017). Producción de flores y uso de recursos naturales en Zinacantán, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 583-597.
68. Montes-Pérez, R., Ceballos-Mendoza, A., Novelo-Chi, L., Palma-Ávila, I., Magaña-Monforte, J. & Sierra-Vásquez, A. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de dos unidades de producción ovina en Yucatán, Mexico. *Abanico Veterinario*, 6(2), 39-53.
69. Moya-García, X., Caamal, A., Ku-Ku, B., Chan-Xool, E., Armendáriz, I., Flores, J., Moguel, J., Noh-Poot, M., Rosales, M. & Xool-Domínguez, J. (2005). Cap. VI La sustentabilidad que viene de lejos: una evaluación interdisciplinaria e intercultural de la agricultura campesina de los mayas en Xohuayan, Yucatán. En M. Astier & J. Hollands (Eds.), *Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica* (pp. 161-202). México: Mundi-Prensa
70. Nahed, J., Castel, J.M., Mena, Y. & Caravaca, F. (2006). Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livestock Science*, 101, 10-23.
71. Nahed-Toral, J., Aguilar-Jiménez, J.R., Calderón-Pérez, J.C., Sánchez-Muñoz, B., Cámara-Córdova, J. & Ruiz-Rodríguez, J.M. (2011). Evaluación de la sustentabilidad de la ganadería bovina en la cuenca transfronteriza Grijalva. *Proyecto-Fordecyt, ECOSUR*, 2-13.
72. Navarro-Hinojosa, E., Santos-Melgoza, D.M. & Álvarez-Sánchez, M.E. (2014). Agroecosistemas periurbanos: ¿extinción o transformación? Contribución al análisis a partir de indicadores de sustentabilidad. 241-261.
73. Negreiros- Castillo, P., González-Núñez, J.C. & Merino-Pérez, L. (2000). Cap. IV Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo forestal de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo. En O. Masera & S. López-Ridaura (Eds.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (pp. 83-141). México.
74. Neri-Noriega, R., Ocampo-Fletes, I., Escobedo-Castillo, J.F., Pérez-Magaña, A. & Rappo-Miguez, S.E. (2008). La sustentabilidad de los sistemas agrícolas con pequeña irrigación. El caso de San Pablo Actipan. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentables*, 4(2), 139-163.
75. Neri-Ramírez, E., Rubiños-Panta, J.E., Palacios-Velez, O.I., Oropeza-Mota, J.L., Flores-Magdaleno, H. & Ocampo-Fletes, I. (2013). Evaluación de la sustentabilidad del acuífero Cuautitlán-Pachuca mediante el uso de la metodología MESMIS. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 273-285.
76. North, K. & Hewes, D. (2006). Toward sustainability: monitoring farm progress. *Leisa Magazine*, 44-46.

77. Núñez, F., Martines, P., Alonso, D., Alban, R. & Griffon, D. (2009). Efectos del Otorgamiento de un Crédito Agrícola sobre la Sustentabilidad del Sistema Agrícola Ancestral de la Etnia Hiwi. *Rev. Bras. De Agroecología*, 4(2), 1917-1921.
78. Ocampo-Fletes, I. (2004). Gestión del agua y sustentabilidad de los sistemas de pequeño riego. El caso del canal de San Félix, Atlixco, México. Tesis de doctorado. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos, Universidad de Córdoba, España.
79. Oliveira, F.C. & Leite, L.F.C. (2009). Evaluación de Innovaciones en el Manejo de los Agroecosistemas Agrícolas Campesinos como Subsidio al Proceso de Transición Agroecológica en el Territorio de Carnaubais, Región Medio-Norte de Brasil. *Rev. Bras. De Agroecología*, 4(2), 2144-2148.
80. Olmos-Ramos, L.A., Díaz-Gómez, O. & Patiño-Arellano, S.A. (2010). Sustentabilidad en dos ranchos: uno del altiplano Potosino y otro del altiplano Zacatecano. 1-10.
81. Orozco-Ramírez, Q. & Astier, M. (2007). Evaluación de sustentabilidad del proyecto: Renovación de plantaciones, de limón mexicano y tecnificación del riego para el uso eficiente del agua. México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, S.C.
82. Paiva-Prado, G.M. (2009). Evaluación de los agroecosistemas y su sustentabilidad en la comunidad campesina de Pumamarca San Sebastián, Cusco. *Rev. Bras. De Agroecología*, 4(2), 4152-4156.
83. Perales-Rivas, M.A., Fregoso-Tirado, L.E., Martínez-Alvarado, C.O., Cuevas-Reyes, V., Loaiza-Meza, A., Reyes-Jiménez, J.E., Moreno-Gallegos, T., Palacios-Velarde, O. & Guzmán-Rodríguez, J.L. (2000). Cap. V Evaluación del sistema agro-silvo-pastoril del Sur de Sinaloa. En O. Maserá & S. López-Ridaura (Eds.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (pp. 143-206). México.
84. Peredo-Parada, S. & Barrera-Salas, C. (2019). Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la región de la Araucanía (Chile). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(1), 323-336.
85. Pérez-Grovas Garza, V. (2000). Cap. III Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo de café orgánico en la Unión de Ejidos Majomut, región de los Altos de Chiapas. En O. Maserá & S. López-Ridaura (Eds.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos* (pp. 45-81). México.
86. Pichardo-Aldana, R. & Rodríguez-Oquendo, V. (2010). Planificación, establecimiento y desarrollo de una finca demostrativa en ecosistemas frágiles de montaña. 1-9.
87. Pino, C., Jimenez, M. & Carevic, A. (2009). Evaluación y Comparación de Sostenibilidad de Predios bajo Manejo Orgánico Certificado en las Regiones del Maule y del Bío-bío (Chile). *Rev. Bras. De Agroecología*, 4(2), 2747-750.
88. Priego-Castillo, G.A., Galmiche-Tejeda, A., Castelán-Estrada, M., Ruiz-Rosado, O. & Ortiz-Ceballos, A.I. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso en unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 25(1): 39-57.
89. Ramírez, L., Alvarado, A., Pujol, R., McHugh, A. & Brenes, L.G. (2008). Indicadores para estimar la sostenibilidad agrícola de la cuenca media del río Reventado, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 32(2), 93-118.
90. Ramírez-Sulvarán, J.A., Sigarroa-Rieche, A.K. & Del Valle-Vargas, R.A. (2014). Characterization of Cocoa Farming Systems in the Norte de Santander Department and Assessment of their Sustainability. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 67(1), 7177-7187.
91. Reina-Castro, J.L. (2016). Sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en la zona del proyecto de riego Carrizal-Chone etapa I (Manabí, Ecuador). Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina.

92. Ricaurte-Angulo, M.A. (2016). La empresa comunitaria agrícola como alternativa de gestión territorial sostenible. Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Norte, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
93. Ripoll-Bosch, R., Diez-Unquera, B., Ruiz, R., Villalba, D., Molina, E., Joy, M., Olaizola, A. & Bernués, A. (2012). An integrated sustainability assessment of Mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems*, 105, 46-56.
94. Romero-Morales, M.A., Cruz-León, A., Goytia-Jiménez, M.A., Sámano-Rentería, M.A. & Baca del Moral, J. (2011). La sustentabilidad de dos sistemas de producción de piloncillo en comunidades indígenas de la región centro de la Huasteca Potosina. *Revista de Geografía Agrícola*, 46/47, 73-89.
95. Romero-Yam, L.A., Cuevas-Jiménez, A. & Isla-Esquivel, M.L. (2009). Evaluación de sustentabilidad en una granja agroecológica en Yucatán. 1-9.
96. Salcedo, A. & Garcia-Trujillo, R. (2006). Sheep production systems in the north of Granada province. Case studies. *Options Méditerranéennes*, A(70), 101-109.
97. Salminis, J., Geymonat, M. & Demo, C. (2007). Estudio comparativo de la sustentabilidad socioeconómica y ambiental entre sistemas agrícolas y agrícola-ganaderos. *Asociación Argentina de Economía Agraria*. 1-17.
98. San Martín, S.M. (2015). Evaluación de sustentabilidad de sistemas de cultivo tradicionales e industriales en las localidades de Patacal y Maimará de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina). *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. 1-7.
99. Sánchez-Morales, P., Ocampo-Fletes, I., Parra-Inzunza, F., Sánchez-Escudero, J., María-Ramírez, A. & Argumedo-Macias, A. (2014). Evaluación de la sustentabilidad del agroecosistema maíz en la región Huamantla, Tlaxcala, México. *Agroecología*, 9(1y2), 111-122.
100. Sánchez-Pila, F.E. (2009). Caracterización de los sistemas agroecológicos que incluyen estrategias de agricultura de cobertura en las localidades que constituyen la zona de acción de la Red Macrena, aplicando la Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Informe final, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
101. Saucedo-Vazquez, M. (2003). Medición de la sustentabilidad a través de indicadores familiares de desarrollo rural. Caso: Ejido Narigua, municipio de General Cepeda, Coahuila, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
102. Silva-Laya, S. & Pérez-Martínez, S. (2010). Sustentabilidad de fincas productoras de durazno en El Jarillo, Estado Miranda, Venezuela. *Revista de Estudios Transdisciplinarios*, 2(2), 45-61.
103. Silva-Santamaría, L. & Ramírez-Hernández, O. (2017). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque, Cuba. *Revista Luna Azul*, 44, 120-152.
104. Spiaggi, E. & Ottmann, G. (2010). Evaluación agroecológica mediante la utilización de indicadores de sustentabilidad de cinco establecimientos productivos de la provincia de Santa Fe, Argentina. *VIII Congreso Latinoamericano de Sociología Rural*, 1-20.
105. Toro-Mujica, P., García, A., Perea, J., Pablos-Heredero, C., Barba, c. & Angón, E. (2014). A sustainability assessment of organic dairy sheep systems in Castilla La Mancha (Spain). *Revista Científica, FCV-LUZ*, XXIV (6), 553-562.
106. Useche de Vega, D.S. & Márquez-Girón, S.M. (2015). Diagnóstico socioambiental de la producción agrícola en el páramo de Rabanal (Colombia) como base para su reconversión agroecológica. *Ciencia y Agricultura*, 12(1), 27-37.
107. Vega-Sepúlveda, D.E. (2009). Medición comparativa de la sustentabilidad en agroecosistemas campesinos polirubristas: Estudio de casos en la comunidad de Tralcao,

- Provincia de Valdivia, Región de los Ríos. Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile.
108. Villalba, D., Molina, E. & Tauli, M. (2012). Sheep production and conservation of wild birds in birds special protection areas in North East of Spain. EAAP publication, 131, 97-100.
 109. Westers, T., Ribble, C., Daniel, S., Checkley, S., Wu, J.P. & Stephen, C. (2017). Assessing and comparing relative farm-level sustainability of smallholder shrimp farms in two Sri Lankan provinces using indices developed from two methodological frameworks. *Ecological Indicators*, 83, 346-355.
 110. Woods, J., Diaz-Chavez, R., Mapako, M., Farioli, F., Bocci, E., Zuccari, F. & Johnson, F.X. (2008). Bioenergy for Sustainable Development and Global Competitiveness: the case of Sugar Cane in Southern Africa. Cane Resources Network for Southern Africa, 4-39.

Anexo 2. Características de todos los sistemas alternativos más sustentables

Sistema de manejo	No. EC	Características del sistema sustentable
Acuícola	1	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción, uso y conservación de especies nativas - Manejo multicultural - Mayor involucramiento de la comunidad - Mayor diversidad de especies y mayor cantidad de especies usadas - Diversificación de productos para venta y productos mejor pagados - Menor dependencia a insumos externos y uso de herramientas locales
Agrícola	8	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor densidad de siembra - Ausencia de quema - Alta diversidad de flora - Menor uso de insumos externos - Mayor beneficio neto - Menor tiempo de barbecho - Productor con mayor escolaridad - Cobertura vegetal/ abono verde - Menor uso de insumos químicos (fertilizantes y pesticidas) - Integración e involucramiento familiar - Asociación de cultivos - Rotación de cultivos - Conocimiento y prácticas tradicionales - Uso de insumos orgánicos - Diversidad de cultivos - Labranza con buey - Conservación del bosque - Técnicas para conservación y uso eficiente del agua - Formación de terrazas - Mano de obra familiar - Venta en mercados y trueque con comunidades vecinas - Uso eficiente de recursos económicos - Mejor organización entre productores - Menor dependencia a subsidios y créditos - Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria - Autoproducción de semilla - Participación de la mujer en toma de decisiones - Bajos costos de producción (baja inversión) - Mayor control y organización del productor - Reutilización y reincorporación de residuos - Participación en capacitaciones - Mayor capacidad de innovación - Manejo integral de plagas y enfermedades (insecticidas naturales, biopreparados, control biológico, deshierbe manual) - Autosuficiencia de mano de obra e insumos - Uso de acolchado - Manejo de sombra en cultivos arbóreos - Uso de técnicas para conservación de suelos - Ingreso diversificado (diversidad productiva) - Mayor estabilidad de precio de venta - Diversificación de mercados - Mayor diversidad de fauna edáfica - Reciben apoyos oficiales - Maximización del terreno

		<ul style="list-style-type: none"> - Productores satisfechos (agricultura como estilo de vida) - Uso de estiércol, guano y/o composta como abono - Control de cárcavas - Formación de barreras vivas - Pertenece a organización - Participación socio comunitaria alta (asambleas) - Pertenece a integradora comercial - Combinación de técnicas tradicionales y herramientas mecanizadas
Agroforestal	2	<ul style="list-style-type: none"> - Asociación de cultivos (en especial con leguminosas) - Zanjas de retención de humedad - Cercas vivas como rompe vientos y sombra - Formación de barreras vivas - Cobertura vegetal - Aplicación de composta - Formación de terrazas - Labranza de conservación - Mayor diversidad cultivada - Cultivos multipropósito de arboles - Cultivos para contener y restaurar suelos - Reducción de uso de insumos químicos (fertilizantes y pesticidas) - Organismos institucionales involucrados - Manejo de sombra compuesta por plátano, pimienta y cacao - Mayor supervivencia de injertos - Reincorporación de estructuras no aprovechadas - Practicas de regulación hídrica - Drenaje en las plantaciones - Mayor diversidad de fuentes de ingreso - Pertenecen a una organización - Participación en talleres, juntas, capacitaciones y visitas - Mejor paga para la mano de obra - Practicas para conservación de suelos
Agropecuario	9	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivo de leguminosas como forraje y cobertura vegetal - Diversidad de especies cultivadas, policultivo (agro biodiverso) - Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria - Venta del excedente - Asociación de cultivos (en especial con leguminosas) - Apoyo y vínculo con organización - Mayor dependencia a subsidios - Mayor disponibilidad de forraje para ganado - Introducción de cultivos forrajeros - Pastoreo intensivo - Cultivo de ballico y trébol - Ensilajes de maíz - Cercos eléctricos - Uso de fertilizante químico - Registros productivos - Ganado mejor alimentado - Aplicación directa de estiércol - Tecnología de bajo costo - Reducción de mano de obra y mejores condiciones laborales - Dependencia de apoyo institucional - Mejor rendimiento (costo/beneficio) - Mayor dependencia de insumos externos - Más empleos y empleos más sencillos - Mejor organización - Mejores precios de venta

	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor producción de leche - Libre pastoreo - Cobertura vegetal - Mano de obra familiar - Manejo eficiente del agua (riego mínimo, riego por goteo) - Labranza mínima - Manejo integrado de plagas y enfermedades (control biológico, insumos biológicos, extractos vegetales) - Uso de abono orgánico - Diversidad de animales - Practicas de conservación de suelos - Conservación del bosque - Reciclaje de nutrientes - Alta productividad - Participación en red de comercialización - Uso de semilla criolla - Conservación de biodiversidad - Involucramiento familiar - Diversificación productiva - Conocimiento de plagas y enfermedades - Participación en organizaciones locales de riego y consejo comunal - Manejo diversificado del predio - Composta y lombricultura - Uso de cercas vivas - Formación de barreras vivas - Bajo uso de insumos químicos - Autoproducción de semilla - Acceso a créditos - Tractor de uso común - Reincorporación de estructuras no aprovechadas al suelo - Parcelas en descanso dejan a los chivos para comer hierbas - Policultivo con especies arbóreas - Formación de zanjas de infiltración - Formación de zanjas para acumulación y retención de suelo - Descanso de la tierra alternando con frijol - Pertenencia a organización - Cuentan con certificación orgánica - Rotación de cultivos - Control de erosión del suelo - Reciben capacitaciones - Fomentan la diversidad de entomofauna - Capital social alto (confianza, reciprocidad y participación civil) - Practicas agroecológicas - Nula dependencia a insumos externos - Intensificación del uso del espacio - Cuentan con apicultura - Participación asociación comunitaria y movimiento sin tierra - Acceso a semillas de buena calidad - Plantación en nivel - Uso de variedades locales - Barreras de piedra - Cultivos densos - Sustitución de malas hierbas por cultivos - Bajos costos - Introducción de innovaciones tecnológicas - Ingresos diversificados
--	---

		<ul style="list-style-type: none"> - Autosuficiencia de agua (reserva de agua, captación de agua) - Canales de comercialización diversificados - Acceso a conocimiento y redes de innovación - Ingresos externos regulares y ahorro - Autonomía en la reproducción de la fertilidad del sistema - Visualización de un proyecto futuro - Mantienen relación con especialistas que los asesoran y capacitan - Siembran alimento especial para vacas lecheras - Participación en asambleas y reuniones periódicas para acuerdos - Comunicación adecuada y control de conflictos - Mantienen calidad genética con inseminación artificial - Todos reciben apoyos gubernamentales - Reparten apoyos y actividades de manera equitativa - No necesitan créditos - Participación obligatoria en faenas - Han tomado gusto por lo que hacen, se asumen campesinos exitosos - Uso de técnicas de restauración de suelos - Uso de técnicas para el mejoramiento del agua - Protección y conservación de recursos naturales - Cultivo de árboles multipropósito - Cultivo de especies que contienen y restauran suelos
Agrosilvopastoril	9	<ul style="list-style-type: none"> - Desparasitación del ganado - Creación de bloques de rastrojo como alimento en escasez - Corrales elevados - Arbustos forrajeros como bancos de proteínas - Plan de manejo integral - Incorporación de innovaciones tecnológicas - Uso intensivo de leñosas - Mejoramiento de pastizales - Rotación de potreros - Procesamiento de residuos agrícolas - Nuevas y mejores formas de organización - Uso de estiércol como abono - Diversificación de cultivos (policultivo) - Rescate de cultivos tradicionales - Cultivos forrajeros y de doble propósito - Tracción animal - Mano de obra familiar - Autoconsumo y seguridad alimentaria - Rotación de cultivos - Uso de la maleza como acolchado - Deshierbe manual - Baja o nula dependencia a insumos externos - Especies criollas/nativas - Conservación de suelos - Formación de terrazas de formación lenta y de absorción - Formación de zanjas de infiltración y de coronación - Técnicas de control de cárcavas - Reforestación - Alto grado de saber local (rituales para conservación de suelos) - Fortalecimiento de vínculos en la comunidad - Trueque y venta en mercado - Participación en capacitaciones, asesorías y talleres - Alta participación de los beneficiarios - Alto grado de gestión local - Uso de técnicas agroecológicas para control de plagas y enfermedades

	<p>(extractos de platas, alta diversidad)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de abono orgánico - Ingresos diversificados (artesanías, apicultura, viveros, talabartería, ropa, turismo) - Participación en organizaciones - Cobertura vegetal (sorgo, leguminosas) - Pluriactivos - Colaboración y formación de redes - Técnicas agroecológicas para manejo de suelos - Comité de productores - Sistema de ayuda comunitaria - Asociación de cultivos - Formación de zanjas para reducir erosión - Incorporación de materia orgánica al suelo - Mejor organización entre productores que mejoro la venta y la capacidad de negociación - Trazo de curvas de nivel - Incorporación de un subsistema pecuario (animales en el sistema) - Autoabastecimiento de semillas - Plan de cultivo y diseño predial - Conservación de especies del bosque - Aprovechamiento eficiente de los recursos - Cercas vivas - Formación de barreras vivas - Intercambio de semillas - Conservación de la micro cuenca - Creación de brigadas contra incendios forestales, comité de vigilancia forestal, vedas para tala y caza - Participación en programas de reforestación, conservación de suelos y sanidad de árboles enfermos - Creación de UMA - Participación en programa de ecoturismo - Nuevas formas de organización - Apoyo de programas - Abiertos a innovaciones y transformaciones socioeconómicas - Conservación de biodiversidad - Uso de conocimientos y habilidades locales - Uso de insumos locales - Uso de tecnología mulch - Barbecho corto - Ausencia de tumba y quema - Reintegración de materia orgánica - Labranza de conservación - Fertilización con NP - Establecimiento y aprovechamiento de praderas para forraje (sorgo) - Tecnologías para conservar y mejorar el uso del suelo y la vegetación - Mejorar el sistema productivo existente en lugar de sustituirlo (mejorar el conocimiento tradicional) - Uso de semilla mejorada - Ensilaje de forraje - Practicas para aumentar la productividad - Practicas de aprovechamiento sostenible del agua y del suelo - Aprovechamiento sostenible de la vegetación (los recursos) - Uso de herbicida - Venta de leche y queso todo el año - Almacenamiento en silos
--	--

		<ul style="list-style-type: none"> - Cosecha mecánica - Fuerza de trabajo más eficiente - Menor gasto en insumos externos - Mayor inversión de capital - Aumento en el ingreso del productor - Trabajo con instituciones - Sembrar con cobertura vegetal en descomposición - Mantienen conocimiento y prácticas tradicionales - Alta diversidad de especies - Mejoramiento genético - Uso de complementos alimenticios para el ganado - Programas de vacunación - Cercas eléctricas - Diversificación de cosechas - Uso de composta como abono - Comercialización del sobrante - Producción de bioinsumos y abono - Pastoreo - Tecnologías para aprovechamiento de agua (captación, reservas, tecnologías de riego) - Poco espacio con producción intensiva - Alta participación y vinculación en la comunidad - Mano de obra de mujeres - Fertilización con guano y hummus - Pastoreo en bosque - Uso de flores para atraer insectos benéficos - Venta constante - Productor con muchos años de experiencia
Pecuario	4	<ul style="list-style-type: none"> - Cercas eléctricas - Pasto mejorado - Ordeño mecánico regularizado - Conservación del bosque y su diversidad - Familia involucrada con mano de obra externa - Venta sin intermediarios - Recibe capacitación e innovación tecnológica - Uso de técnicas para mantener nutrientes balanceados en el suelo - Practicas para optimizar recursos - Producción de alimento complementario para el ganado - Aplicación de estiércol mezclado con fertilizantes químicos - Ausencia de químicos (pesticidas, herbicidas, fertilizantes y medicamentos de prevención) - Autoconsumo y autosuficiencia alimentaria - Conservación de razas nativas - Poca mano de obra familiar y creación de empleos externos - Diversificación de ingresos - Menor carga ganadera - Prácticas agrarias recomendables para manejo de suelos y cultivos - Integración de ganado, cultivo y arboles (explotación mixta) - Aplicación de estiércol al suelo - Turismo ornitológico como actividad alternativa - Cuidado de recursos para beneficiar servicios eco sistémicos - Participación en asambleas ejidales - Mayor eficiencia en administración de recursos económicos - Mayor diversidad de plantas nativas - Poca o nula dependencia de insumos externos - Pastoreo de monte

		<ul style="list-style-type: none"> - Bajos costos de alimentación - Productor con 20 años de experiencia - Bajos costos de producción - Producción de alimento especial para ganado en reproducción - Uso de los recursos naturales que tienen - Reciben subsidio por ser orgánicos - Autosuficiencia para alimentar ganado - Mantienen la salud del ganado
Producción de piloncillo	1	<ul style="list-style-type: none"> - Innovaciones tecnológicas incorporadas a la manufactura del producto (manejo de la meladura antes y durante el proceso de ebullición, filtrado para retirar impurezas, baba de nopal) - Producto mejor pagado - Producto de mayor calidad, con mejor presentación y mayor tiempo de vida - Proceso de elaboración más complicado y requiere más mano de obra - Mayor tecnificación y conocimiento - Diversificación del mercado, mejores opciones de venta sin intermediarios - Disponibilidad del producto todo el año (no hay estacionalidad) - Cuentan con programas de apoyo que renuevan el equipo - Integración familiar - Productores capacitados - Incorporación de insumos externos - Mejor organización entre unidades de producción
Turismo	1	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor participación de la comunidad y mejor organización - Participación en capacitaciones - Diversificación del producto turístico - Mayor acceso a agua - Mayor diversidad biológica - Administrado por mujeres nahuas, los hombres y niños operan - Operan únicamente en fines de semana y vacaciones, es un ingreso alternativo a las actividades cotidianas

Anexo 3. Puntos críticos de los estudios de caso longitudinales

Autor(es)	Tipo se sistema	Puntos críticos previos a propuesta alternativa
Arnés et al	Agrícola	Baja productividad, baja eficiencia, baja agrobiodiversidad, diversidad económica limitada, adopción de tecnología limitada, actividades económicas alternativas, baja equidad alimenticia, uso inapropiado del suelo, altos costos de producción, acceso limitado a servicios básicos, autosuficiencia alimentaria limitada, baja colectividad
Bowen y Valenzuela	Agrícola	Perjuicios generados por la denominación de origen en la comunidad local y el ambiente, las grandes compañías producen su agave eliminando a los agaveros, inseguridad económica, degradación ambiental, reemplazo del cultivo tradicional por técnicas mecanizadas y con uso intensivo de químicos, las empresas tequileras han complicado la venta de agave de productores independientes
Cárdenas y Osorio	Agropecuario	Pérdida de biodiversidad, poca disponibilidad de agua, erosión del suelo, perdida de semillas tradicionales, dependientes de ingresos de actividad cafetera, baja productividad de café, carencia de planificación y registros, contaminación con sólidos y líquidos, poca participación de la familia, deficiente producción para autoconsumo, prevalencia de aplicaciones técnicas
Costa y Poeta	Pecuario	Desertificación humana en áreas montañosas, baja rentabilidad, necesidad de rejuvenecer la población ganadera, poco uso de razas rusticas, regresión en el ganado que puede llevar a perdidas genéticas, altos costos energéticos y bajos ingresos, bajo valor agregado bruto
Delgadillo y Delgado	Agrosilvopastoril	Degradación del suelo, baja productividad, ausencia de prácticas de conservación de suelos, ausencia de reforestación, baja capacidad de adaptación a cambios, deterioro del saber local, baja diversidad cultivada, deterioro de la organización social, altos costos para la adopción de nuevas practicas
Gutiérrez-Cedillo et al.	Agropecuario	Falta de conocimientos técnicos, baja productividad agropecuaria, dependencia a insumos externos, baja rentabilidad
Gutiérrez-Cedillo et al.	Agroforestal	Erosión del suelo, baja infiltración de agua, incidencia de pestes y malezas, fincas universitarias que no cumplen sus funciones de docencia, investigación y extensión
Hernández-Rodríguez	Agropecuario	Bajo rendimiento de cultivos, baja diversidad de cultivos, ausencia de mercado, disminución de agua para riego, resistencia al cambio, falta de capacitación, falta de comunicación y acceso a información, polarización en la unidad de riego, distribución inequitativa de agua, incumplimiento de reglas, falta de sanciones, alta dependencia a insumos externos, baja participación en asambleas y poca confianza en ellas, falta de interés en toma de decisiones y mantenimiento del sistema
Loaiza et al.	Agrícola	Deterioro progresivo de la cuenca del rio, malas prácticas de manejo agrícola, erosión de suelos, deforestación
Martínez-Ibarra et al.	Agrosilvopastoril	Erosión, deforestación, perdida de cubierta vegetal, perdida de especies nativas, acidez y baja fertilidad de suelos, baja disponibilidad de agua, incidencia de plagas y enfermedades, aumento en costos de producción, baja rentabilidad, baja incorporación de materia orgánica, ausencia de manejo integral del ganado, carencia de asesoría técnica

Negreros et al.	Forestal	Explotación excesiva de maderas preciosas, distribución desigual de los beneficios, baja existencia de maderas de alto valor comercial, altos costos para elaboración del inventario forestal y plan de manejo, bajo nivel de organización de los ejidos, bajo nivel de asesoría
North y Hewes	Pecuario	Baja producción láctea, presencia de parásitos, restauración del capital ecológico de la tierra trabajada, décadas de prácticas de agricultura extractiva, baja fertilidad del suelo, dependencia a insumos externos, ineficiencia laboral, baja calidad de vida de los trabajadores, baja eficiencia energética
Ocampo-Fletes	Agrícola	Disminución del volumen de agua de riego del canal, disminución de la calidad de agua de riego, cambios tecnológicos y sociales ante la escasez de agua, desigualdad en la disponibilidad de los recursos, dependencia a recursos externos, disminución de la superficie sembrada, baja producción, reducción de ganancias, menos empleos, baja diversidad biológica

Anexo 4. Indicadores con mejoría en los estudios de caso longitudinales

Autor(es)	Indicadores evaluados	Porcentaje de mejoría	Indicadores con mejoría en el sistema más sustentable
Arnés et al	28	42.9	Producción de frijol, producción de maíz, rendimiento de maíz, estrategias alimentarias en temporada de escasez, suministro de proteína, fuentes de ingresos, técnicas para conservación de fertilidad, técnicas para control de erosión, especies sembradas, manejo integrado de plagas, acceso a servicios básicos, participación en organizaciones locales
Bowen y Valenzuela	16	43.8	Cultivo de leguminosas, labranza, aplicación de pesticidas, presencia de enfermedades y plagas, asistencia técnica, poda manual, insumos externos
Cárdenas y Osorio	11	54.5	Disponibilidad de agua, ingresos diversificados, aplicación de conocimientos adquiridos, autosuficiencia alimentaria, prácticas para la conservación de suelos, prácticas para el manejo de residuos sólidos y líquidos
Costa y Poeta	54	NA	No se mencionan indicadores en el artículo
Delgadillo y Delgado	15	60.0	Control de erosión, rendimiento de cultivos, familias que implementan conservación de suelos, familias que reforestan, diversificación agrícola, dependencia de actividades extra-agropecuarias, familias que practican rituales, gestión local, familias que participan en el proyecto
Gutiérrez-Cedillo et al.	19	57.9	Técnicas agroecológicas, técnicas de contención de erosión, zanjas para retención de humedad, cobertura vegetal permanente, dependencia de pastizal nativo, número de especies manejadas, contenido proteico del forraje, fertilizante aplicado, pesticidas aplicados, actividades institucionales, organismos dedicados
Gutiérrez-Cedillo et al.	14	64.3	Técnicas agroecológicas, materia orgánica en suelo, dependencia de pastizal nativo, número de especies manejadas, rendimiento del forraje, fertilizante aplicado, pesticida aplicado, actividades institucionales, organismos institucionales
Hernández-Rodríguez	13	61.5	Rendimiento del alfalfa, cultivo predominante, disponibilidad de agua de riego, asimilación de innovaciones, desigualdad en la distribución de tierra y agua, independencia de insumos externos, capital social, aplicación de sanciones
Loaiza et al.	27	44.4	Amenaza ante eventos hidrolimáticos, participación en actividades de recuperación y conservación, adaptación ante amenazas climáticas, prácticas de control de erosión, conflictos por uso de agua, disposición final de los residuos sólidos, saneamiento básico, resolución de conflictos, consolidación de junta de aguas, vertimientos contaminantes al agua, concesión de aguas, percepción del agricultor sobre importancia del medio ambiente
Martínez-Ibarra et al.	24	NA	No se mencionan indicadores en el artículo

Negreros et al.	15	60.0	Equidad económica, equidad no económica, inversión social y productiva, reglamentos para uso de recursos forestales, respuesta a conflictos políticos, respuesta a catástrofes naturales, formación de recursos humanos, formas de organización, participación en asambleas
North y Hewes	8	62.5	Salud de las ovejas, autosuficiencia, producción de fertilizante, eficiencia laboral, satisfacción del trabajador
Ocampo-Fletes	27	55.6	Eficiencia en manejo de agua, eficiencia en uso de agua, volumen de producción, rentabilidad, generación de empleo, diversidad ecológica, eficiencia de la diversificación, cantidad de agua, superficie sembrada y regada, beneficios del sistema, distribución de recursos, distribución del ingreso, distribución de empleo agrícola, proporción de beneficios económicos, dependencia de insumos externos

Anexo 5. Características de los sistemas más sustentables en los estudios longitudinales

Autor(es)	Tipo de sistema	Sistema más sustentable	Características de sistema más sustentable
Arnés et al	Agrícola	Terrero	Manejo integrado de plagas, participación en FFSs, mejor productividad y eficiencia, diversificación económica, menor dependencia en trabajo externo, agricultura transicional, mayor conocimiento teórico, mayor acceso a servicios básicos, tecnologías de manejo exitosamente adoptadas, participación en organización local, uso de tecnología de control de erosión
Bowen y Valenzuela	Agrícola	El de 1983	Menos intermediarios, sociedad menos dependiente en la industria tequilera, menor uso químicos y más mano de obra, menos labranza, más diversificación de cultivos, menos dependencia de insumos externos
Cárdenas y Osorio	Agropecuario	Ninguno	Sistemas con especies vegetales y animales, producción y consumo de 18 alimentos que cumplen con las necesidades nutricionales de la familia, buena calidad, disponibilidad y aprovechamiento de agua, prácticas de conservación de suelos (sombríos permanentes, trinchos, abonos verdes, terrazas, labranza animal, barreras vivas, materia orgánica, arvenses nobles), participación de la familia, uso de prácticas, saberes y experiencias agroecológicas (biopreparados, cultivos asociados, control biológico, cultivos diversificados), prácticas de manejo de residuos
Costa y Poeta	Pecuario	Otras razas	Razas de ganado mixtas, sin apoyo financiero, sistema planeado con mayor valor agregado y bajos costos energéticos, mayor competitividad en el mercado con productos de mayor valor agregado, uso razonable de fertilizantes, alimentación del ganado, venta de cultivos, carne, leche y estiércol, actividad lechera con ganado mixto genera mayor valor agregado, actividad cárnica con ganado local reduce costos
Delgadillo y Delgado	Agrosilvopastoril	Alternativo	Sistema basado en la conservación de suelos (terrazas, zanjas, control de cárcavas), diversificación de la producción agrícola, obras de reforestación, alto grado de saber local, mayor seguridad alimentaria, menos actividades extra agropecuarias, fortalecimiento de vínculos en la comunidad, trueque y venta en mercado, productores capacitados y asesorados, cumplimiento de normas de uso de los recursos forestales, mayor participación de los beneficiarios, participación activa en el municipio, rituales asociados a la conservación de suelos, alto grado de gestión local

Gutiérrez-Cedillo et al.	Agropecuario	Alternativo	Técnicas agroecológicas, mejoramiento del agua, suelo y vegetación, menor uso de fertilizante y pesticidas, disminución de dependencia de pastizal nativo, protección y conservación de los recursos naturales, técnicas mecánicas y vegetativas de recuperación y restauración del suelo (asociación con leguminosas, abono orgánico, zanjas, cobertura vegetal, cercas vivas), mayor diversidad de especies cultivadas, introducción de árboles multipropósito, participación de estudiantes en el proyecto
Gutiérrez-Cedillo et al.	Agroforestal	Alternativo	Técnicas agroecológicas (asociación de cultivos, estiércol composteado, zanjas, cerca viva, cubierta vegetal, terrazas, labranza de conservación), mejora en docencia e investigación, mayor diversidad cultivada, arboles multipropósito, menor uso de fertilizantes y pesticidas externos, mas organismos institucionales involucrados
Hernández-Rodríguez	Agropecuario	Referencia	Mayor sustentabilidad social, diversidad de cultivos, mayor cuidado del agua, usuarios organizados para gestionar recursos y dar mantenimiento físico al sistema de canales, distribución equitativa de recursos, Juez de Aguas, uso y aplicación de reglas y sanciones, agricultura menos intensiva, mercado local, menor dependencia a insumos externos, mayor participación, confianza, organización y capacitación, alto cumplimiento de reglas informales, reconocimiento de autoridades
Loaiza et al.	Agrícola	El de 2010, Centella	Sistema de cobro de agua, organización comunitaria para gestión del agua, capacitaciones a los productores, prácticas para mejorar la eficiencia de manejo de agua y control de escorrentía
Martínez-Ibarra et al.	Agrosilvopastoril	Alternativo	Prácticas para manejo, recuperación y conservación de los suelos y recursos de la micro cuenca (brigadas contra incendios forestales, comités de vigilancia forestal, vedas para tala y caza, reforestación, sanidad de árboles enfermos), participación en programas de conservación, creación de UMA, programa de ecoturismo, diversificación de opciones productivas, nuevas formas de organización, apoyo de programas y proyectos
Negreros et al.	Forestal	El de 1996	Sistema organizado, reforestación, acceso a capacitación, existe control sobre la explotación de recursos, rodales de corte anual, plan de manejo con fecha y corte
North y Hewes	Pecuario	Ninguno	Alta diversidad de forraje, producción y aplicación de composta, baja dependencia de insumos externos, ovejas sanas, tracción animal, mayor fertilidad del suelo, cultivo de árboles y leguminosas para mejorar el suelo, uso de indicador de presencia de parásitos, aislamiento de ovejas vulnerables en zonas libres de gusanos

Ocampo-Fletes	Agrícola	Referencia	Mejor aprovechamiento del agua, mayor rendimiento por hectárea, mayor disponibilidad de agua, mayor superficie de cultivos productores de material vegetativo, policultivo, mayor empleo familiar, cultivos que promueven la diversidad biológica del sistema, menor dependencia a maquinaria e insumos externos, distribución equitativa de recursos, oportunidades y beneficios económicos, democratización en toma de decisiones
----------------------	----------	------------	---