

PROPUESTA PARA EVALUAR LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS DE PIÑA EN DOS MUNICIPIOS DEL TRÓPICO MEXICANO¹³

PROPOSAL FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY IN AGROECOSYSTEMS PINEAPPLE IN TWO MUNICIPALITIES OF MEXICAN TROPIC

*César Julio Martínez Castro; **Maricela Ríos Castillo y *Maricela Castillo Leal¹⁴
*Instituto Tecnológico de Oaxaca e **Instituto Tecnológico de Nuevo León
México

RESUMEN

Con la publicación de la Agenda 21 en 1992, se impulsó el desarrollo de estrategias para evaluar la sustentabilidad de los sistemas que involucran el manejo de recursos naturales, entre ellos, los sistemas agrícolas. Para lograrlo, se han seguido diferentes métodos. En este sentido, los objetivos del presente trabajo fueron: a) identificar los métodos de evaluación de sustentabilidad, aplicados en estudios de caso en México; b) proponer como herramienta metodológica, aquella usada con mayor frecuencia de acuerdo a los estudios de caso revisados; y c) resumir las principales ventajas del método empleado con mayor frecuencia, que soporten la propuesta para emplearla como herramienta metodológica en el análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz. Los resultados indican que de los 22 estudios revisados, en más del 70 % utilizaron el marco MESMIS. Se considera a este método como una buena propuesta para evaluar la sustentabilidad de los sistemas mencionados, destacando entre sus ventajas su sencillez en la aplicación, así como su flexibilidad de adaptarse a diferentes sistemas de manejo, bajo diversas condiciones biofísicas, económicas, sociales, culturales, entre otras. Se concluye que es necesario evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña, por la importancia económica y social que representa el cultivo para estos municipios y por el efecto que las tecnologías implementadas en la actualidad generan sobre el medio ambiente y los recursos naturales, siendo el marco MESMIS una buena alternativa para llevar a cabo dicha evaluación.

ABSTRACT

With the publication of Agenda 21 in 1992, the development of strategies was promoted to assess the sustainability of the systems that involve the management of natural resources, including agricultural systems. To achieve this, different methods have been followed. In this sense, the objectives of this work were: a) identify sustainability assessment methods applied in case studies in Mexico; b) proposing as a methodological tool that used more frequently in accordance with the case studies reviewed; c) summarize the main advantages of the method used most frequently, which support the proposal to use it as a methodological tool to analyze the sustainability of agroecosystems pineapple in the municipalities of Loma Bonita, Oaxaca and Isla, Veracruz. The results indicate that of the 22 reviewed, more that 70 % under MESMIS studies used. This method is considered as a good approach to evaluating the sustainability of the above systems, emphasizing its advantages in implementing its simplicity and flexibility to adapt to different management systems under various biophysical, economic, social, cultural, among others. We conclude that it is necessary to assess the sustainability of agroecosystems pineapple, for economic and social importance is growing for these municipalities and by the fact that the technologies implemented today generate on the environment and natural resources, representing the framework MESMIS a good alternative to conduct the evaluation.

PALABRAS CLAVE

Sustentabilidad, Agroecosistemas, Evaluación.

KEYWORDS

Sustainability, Agroecosystems, Evaluation.

¹³ Recibido el 15 de junio y aceptado el 23 de junio de 2015.

¹⁴ c_julios4@hotmail.com; maricela_rios@yahoo.com.mx; maricelacastillo3@hotmail.com

Los sistemas de manejo agropecuario o agroecosistemas se caracterizan porque a través de ellos el ser humano logra el objetivo de producir bienes que le permiten satisfacer la necesidad fundamental de alimentación, para lo cual, modifica los ecosistemas de su forma natural, haciéndolos interactuar con factores principalmente tecnológicos que los transforman y artificializan (Masera *et al.*, 1999; Vilaboa *et al.*, 2006), afectando las diferentes dimensiones de la sustentabilidad (De Camino y Müller, 1993), ya que desde el artefacto más sencillo hasta la tecnología más sofisticada y compleja tienen repercusiones sobre los aspectos ecológicos, sociales y económicos de la producción (Smith, 2003), particularmente en la agricultura.

De Camino y Müller (1993) mencionan que los distintos avances tecnológicos en materia agrícola, han tenido un impacto no sólo positivo, sino también negativo sobre la propia sustentabilidad de los sistemas; en casos como los monocultivos intensivos donde se presentan problemas de degradación de recursos ambientales, después de años de explotación, así mismo, daños como la salinidad y alcalinidad del suelo, la propagación de plagas y enfermedades y una serie de efectos por la aplicación excesiva de agroquímicos (Bosshaq *et al.*, 2012; Jamshidi *et al.*, 2014).

Por su parte Masera y López-Ridaura (2000) argumentan que la experiencia vivida en países y regiones que han adoptado este tipo de modelos basados en el uso de tecnología intensiva, señala que éstos han conducido a una severa crisis socio-ambiental, con agotamiento y contaminación de los recursos naturales a un ritmo acelerado, y destacando que en zonas agrícolas con cultivos comerciales, la contaminación por agroquímicos es alarmante, mientras que en el ámbito socioeconómico, los niveles de pobreza son preocupantes, ya que además de existir altos niveles de expulsión de mano de obra, se agrega un grave deterioro social y organizativo de las comunidades.

Por otro lado, Castillo (2004) menciona que la incorporación de actividades productivas y tecnologías alternativas, permiten aprovechar al máximo el potencial de uso del suelo y de los recursos naturales, mejorando en su conjunto la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. En este sentido, Ovalles (2006) indica que el uso eficiente de tecnologías aplicadas en el riego (riego por goteo) y

suelo agrícola (acolchado), contribuyen a reducir al mínimo los desperdicios y evitan la lixiviación y la salinización excesivas, así mismo, reducen al mínimo las pérdidas por la erosión causadas por el viento y/o agua.

En el caso de los agroecosistemas de piña (*Ananas comosus*), se tiene que a finales de la década de los noventa se dio una reactivación de la actividad productiva en el Bajo Papaloapan, México, región que históricamente ha concentrado más del 80 por ciento de la producción a nivel nacional (Kido *et al.*, 2010). Dicha reactivación se presentó, modificándose la forma de cultivar la piña, lo cual provocó una asimetría entre municipios y productores, ya que los medianos y grandes productores concentraron la mayor parte del volumen cosechado, basados en un esquema de agricultura intensiva caracterizado por el aumento de la densidad de las plantas, el uso intensivo de agroquímicos y en la mecanización, mientras que los pequeños productores siguieron conservando su tecnología tradicional y reduciendo su superficie cultivada para dedicarla a otros cultivos (Cámara de Diputados, 2002).

Esta estrategia basada en la incorporación de tecnología aplicada en las diferentes etapas del proceso productivo de piña continúa hasta nuestros días, donde en algunos casos el riego por aspersión ha sido sustituido por el de goteo pudiéndose regar una mayor superficie y hacer un uso más eficiente del agua en aquellos cultivos que utilizan acolchado plástico y malla sombra, estas tecnologías a la vez permiten reducir la erosión del suelo provocadas por el aire y el agua y evitan daños a las plantas causados por el paso del personal al momento de proteger la fruta (Toral *et al.*, 2013).

No obstante, el uso de este tipo de tecnologías que parecieran ser una respuesta a algunos de los principales problemas ambientales del cultivo de la piña, también tienen efecto en los aspectos económicos y sociales, al requerirse una mayor inversión y probablemente reducir el número de trabajadores utilizados principalmente en el tapado de la piña, por mencionar algunos. En este sentido, surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo afecta a la sustentabilidad socioeconómica y

ambiental de la piña, la incorporación de estas nuevas tecnologías? ¿Qué aspectos fortalecen o limitan la sustentabilidad en los sistemas de producción? ¿Qué indicadores son claves para evaluar la sustentabilidad de estos sistemas agrícolas? ¿Qué método(s) permiten evaluar la sustentabilidad de estos agroecosistemas?

El problema que se plantea entonces, es que en la búsqueda de incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo, los productores incorporan diversas innovaciones tecnológicas tales como maquinaria, equipo e insumos agrícolas, mismas que podrían poner en riesgo la sustentabilidad y permanencia de los sistemas de producción de piña en el mediano y largo plazo, resultando urgente analizar los posibles efectos económicos, sociales y ambientales de las diferentes alternativas productivas de piña en escalas espaciales tales como la unidad de producción, como lo mencionan Astier *et al.* (2011) y Astier *et al.* (2012).

Aunado a lo anterior Brunett *et al.* (2005) señalan que han sido pocos los esfuerzos por evaluar qué tan sustentables son los sistemas de producción y qué tanto las innovaciones tecnológicas propuestas mejoran el perfil de la sustentabilidad y en el caso particular de la producción de piña no es la excepción. Para esto, los estudios de evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas son una herramienta valiosa para determinar el impacto de las tecnologías aplicadas e identificar los puntos fuertes y débiles de los sistemas que ponen en riesgo su sustentabilidad a través del tiempo, además de que permiten un monitoreo rápido y permanente dentro de los sistemas, lo que facilita su evaluación, seguimiento y mejoramiento (Giraldo y Valencia, 2010).

Considerando lo mencionado hasta el momento, los objetivos de este trabajo fueron: a) identificar los métodos de evaluación de sustentabilidad, aplicados en estudios de caso en agroecosistemas de México, b) proponer como herramienta metodológica, aquella usada con mayor frecuencia de acuerdo a los estudios de caso revisados para este trabajo, describiendo algunas de sus características distintivas, y c) resumir las principales ventajas del método empleado con mayor frecuencia, que soporten la propuesta de usarlo como herramienta metodológica para analizar la

sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz, localizados en la región del Bajo Papaloapan, México.

MÉTODO

Para lograr el primer objetivo, se realizó una búsqueda de estudios de caso en libros y revistas de investigación en su mayoría pertenecientes a La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc). Los criterios para analizar los estudios de caso fueron: 1) que en su análisis incluyeran la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas, donde se utilizaran indicadores de acuerdo a las dimensiones económica, social y ambiental, y 2) que los estudios se hayan llevado a cabo en alguna entidad federativa en México. La información se capturó en una tabla de cálculo de Excel, ordenándolos alfabéticamente, de acuerdo al año de publicación y método de evaluación de la sustentabilidad utilizado. Cabe mencionar que el periodo comprendido de los diferentes estudios fue del año 2000 al 2014.

Una vez identificada la metodología utilizada con mayor frecuencia en los estudios de caso, se propuso a esta como herramienta metodológica para evaluar la sustentabilidad en agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz, además, se revisaron parte de sus antecedentes, así como los pasos para su aplicación. Esto con la finalidad de cumplir con el segundo objetivo.

Finalmente, se revisaron y sintetizaron las principales ventajas que algunos autores mencionan sobre la metodología, a partir de las cuales se intenta soportar la propuesta para emplearla como herramienta metodológica en el análisis de la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en los municipios anteriormente mencionados.

RESULTADOS

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD, APLICADOS EN AGROECOSISTEMAS DE MÉXICO

La Tabla 1 contiene los datos de los diferentes métodos utilizados para evaluar la sustentabilidad en 22 estudios de caso llevados a cabo en diferentes agroecosistemas de México. Se puede apreciar que en 16 de los 22 casos de estudio correspondiente al 73 %, el método empleado mayoritariamente fue el marco MESMIS, en tres (13.5 %) fueron calculados diferentes índices y en los tres restantes (13.5 %) se hizo uso de otro tipo de métodos como la perspectiva orientada a los actores sociales (Gerritzen y González, 2008), contabilidad y análisis financiero (Ruiz *et al.*, 2008) y lista de indicadores de sustentabilidad (Kú *et al.*, 2013).

Tabla 1.

Métodos de evaluación de sustentabilidad utilizados en estudios de caso (EC) de México.

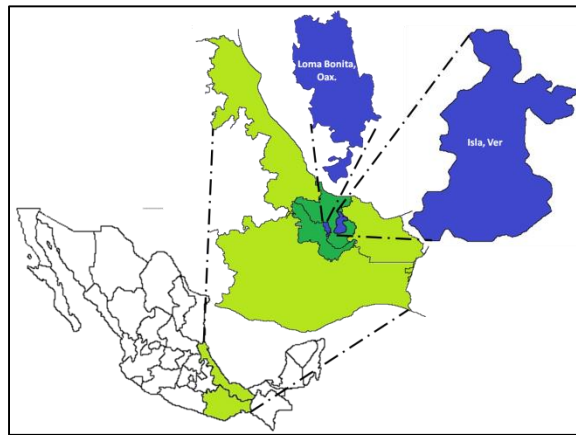
Método	Referencia	EC	%
MESMIS	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Negreros <i>et al.</i> (2000); Astier <i>et al.</i> (2003); Brunett <i>et al.</i> (2005); González <i>et al.</i> (2006); Neri <i>et al.</i> (2008); Priego <i>et al.</i> (2009); Mazabel <i>et al.</i> (2010); Romero <i>et al.</i> (2011); Travieso y Moreno (2011); Gutiérrez <i>et al.</i> (2012); Cruz <i>et al.</i> (2013); Domínguez (2013); Neri <i>et al.</i> (2013); Merlín <i>et al.</i> (2014)	16	73
Perspectiva orientada hacia los actores sociales	Gerritzen y González (2008)	1	4.5
Contabilidad y análisis financiero	Ruiz <i>et al.</i> (2008)	1	4.5
Índice Relativo de Sustentabilidad	Casas <i>et al.</i> (2009)	1	4.5
Lista de indicadores de sustentabilidad	Kú <i>et al.</i> (2013)	1	4.5
Índice Agregado de Sustentabilidad Agrícola	Candelaria <i>et al.</i> (2014)	1	4.5
Índice de Desarrollo Sustentable	Castelán <i>et al.</i> (2014)	1	4.5
Total		22	100

Fuente: Los datos corresponden a estudios de caso donde se utilizaron indicadores de acuerdo a las dimensiones (económica, social y ambiental) de la sustentabilidad.

PROPUESTA METODOLÓGICA

Considerando que el marco MESMIS es la metodología que se ha utilizado en la mayoría de las evaluaciones de sustentabilidad en agroecosistemas de México, tal como lo revelan los datos de la Tabla 1, ésta representa una opción viable para su aplicación en los sistemas de manejo de recursos naturales del trópico mexicano tal como lo argumentan Martínez *et al.* (2015) y en el caso del cultivo de piña no es la excepción. Por lo cual, se propone utilizarla como herramienta metodológica para ser aplicada en la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz (Mapa 1). Dicha propuesta se hace debido a la importancia socioeconómica y la concentración de la producción del cultivo, así como las diferencias tecnológicas que se presentan en ambos municipios.

La metodología MESMIS se desarrolló a finales de la década de los noventa, teniendo como base el Marco de Evaluación de Manejo Sustentable de Tierras desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en 1994 (Masera *et al.*, 1999). Originalmente el marco MESMIS se propuso para la evaluación de sistemas de producción campesinos de México, que operan en diferentes condiciones económicas, sociales, técnicas y de acceso a la información (Masera *et al.*, 1999; Ortiz y Astier, 2003; Kú *et al.*, 2013); sin embargo, por sus ventajas operativas que facilitan su ejecución se ha convertido en una de las metodologías más utilizadas en México, Sudamérica y otras partes del mundo, llegándose a aplicar en más de 60 casos de estudio (Speelman *et al.*, 2008; Astier *et al.*, 2012; Merlín *et al.*, 2014), considerándosele hoy en día como una herramienta esencial para apoyar la toma de decisiones (Brunett *et al.*, 2005) de los diferentes actores sociales relacionados con el manejo de agroecosistemas.



Mapa 1. Municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz dentro de la Cuenca del Papaloapan.

Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Operativamente la evaluación de la sustentabilidad utilizando el marco MESMIS debe ser comparativa y cíclica donde cada ciclo consta de seis pasos: 1) Determinación del objeto de estudio tiempo T_1 ; 2) Determinación de los puntos críticos del sistema; 3) Selección de indicadores estratégicos; 4) Medición y monitoreo de indicadores; 5) Presentación e integración de indicadores; 6) Conclusiones y recomendaciones. Una vez finalizado con el paso seis se estará en condiciones para dar inicio a un nuevo ciclo de evaluación (paso 1 al tiempo T_2) (Masera *et al.*, 1999) (Figura 1).

Para llevar a cabo los seis pasos de los que consta el MESMIS, se propone un estudio de tipo transversal donde el sistema tradicional esté representado por fincas de piña localizadas en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca y el sistema innovador por aquellos ubicados en Isla, Veracruz. En las tres primeras etapas que permitan describir ambos sistemas, identificar sus puntos críticos y seleccionar los indicadores de tipo económicos, sociales y ambientales, se seguirán algunas estrategias implementadas por Delgado *et al.*, (2010), entre las que destacan la revisión exhaustiva de la literatura, visitas a campo y a las fincas e impartición de talleres a productores de piña de ambas localidades.

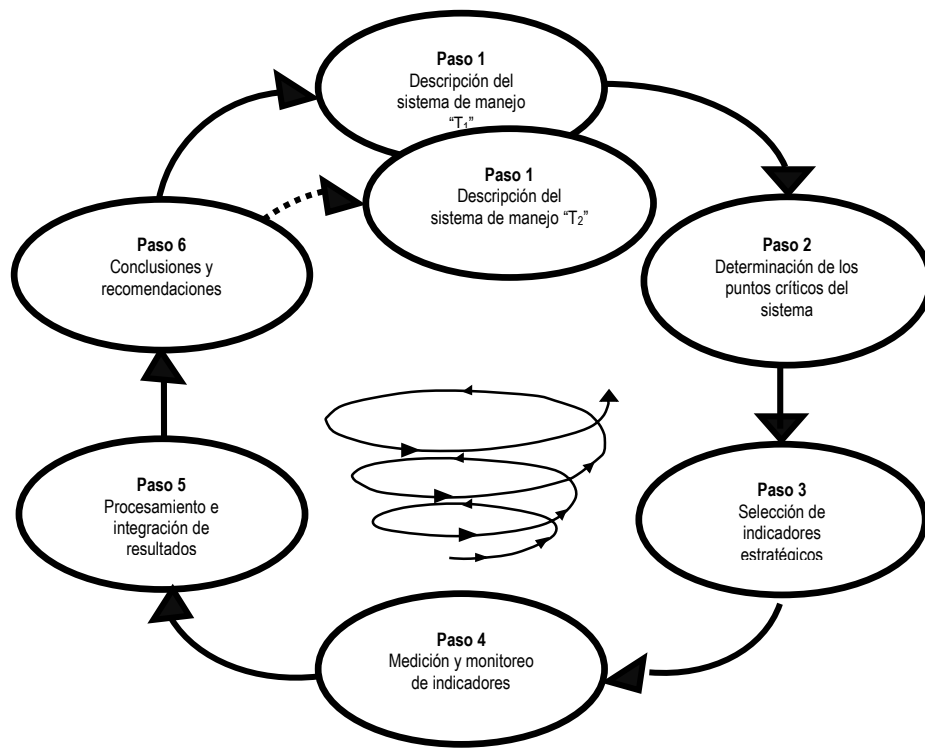


Figura 1. Ciclo de evaluación del MESMIS. Fuente: Masera et al. (1999).

El paso cuatro (medición y monitoreo de los indicadores) se realizará a través de la aplicación de encuestas, entrevistas personales tanto a productores como a involucrados de acuerdo a los indicadores seleccionados. Algunos indicadores que se proponen medir a partir de las dimensiones (ambiental, social y económica) de la sustentabilidad y que han sido utilizados por diversos autores se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.

Indicadores por dimensión de la sustentabilidad utilizados por diversos autores.

Dimensión	Indicador	Referencia
Ambiental	Rendimientos (t/ha)	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Brunett <i>et al.</i> (2005); Neri <i>et al.</i> (2008); Priego <i>et al.</i> (2009); Romero <i>et al.</i> (2011); Gutiérrez <i>et al.</i> (2012); Cruz <i>et al.</i> (2013); Domínguez (2013); Kú <i>et al.</i> (2013)
	Uso de fertilizantes sintéticos (kg/ha)	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Astier <i>et al.</i> (2003); Casas <i>et al.</i> (2009); Gutiérrez <i>et al.</i> (2012); Domínguez (2013); Candelaria <i>et al.</i> (2014); Kú <i>et al.</i> (2013); Castelán <i>et al.</i> (2014); Merlín <i>et al.</i> (2014)
Social	Asimilación algún tipo de innovaciones o disposición al cambio (alta-baja).	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Astier <i>et al.</i> (2003); González <i>et al.</i> (2006); Neri <i>et al.</i> (2008); Mazabel <i>et al.</i> (2010); Romero <i>et al.</i> (2011); Domínguez (2013)
	Grado participación en asambleas y toma de decisiones (Alta-baja).	Astier <i>et al.</i> (2000); Negreros <i>et al.</i> (2000); González <i>et al.</i> (2006); Gerritzen y González (2008); Neri <i>et al.</i> (2008); Mazabel <i>et al.</i> (2010); Neri <i>et al.</i> (2013); Merlín <i>et al.</i> (2014)
Económica	Relación Beneficio/Costo (R B/C)	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Astier <i>et al.</i> (2003); Neri <i>et al.</i> (2008); Priego <i>et al.</i> (2009); Kú <i>et al.</i> (2013); Merlín <i>et al.</i> (2014)
	Ingresos (\$/ha)	Astier <i>et al.</i> (2000); Perales <i>et al.</i> (2000); Ruiz <i>et al.</i> (2008); Domínguez (2013); Candelaria <i>et al.</i> (2014); Castelán <i>et al.</i> (2014)

Fuente: Martínez *et al.* (En preparación).

En la quinta etapa los resultados se resumirán, se ponderarán e integrarán para ser visualizados a través de gráficas radiales o tipo AMIBA, cuya ventaja es que en cada uno de sus ejes muestra los indicadores de sustentabilidad medidos. Para su interpretación se tomará en cuenta que, a medida que el valor se aleje del centro, indica más progreso del indicador; siempre comparando el comportamiento de los sistemas tradicional e innovador (sistemas evaluados) frente al sistema ideal (sistema sustentable). Finalmente en el paso seis, las conclusiones y recomendaciones se darán de acuerdo al análisis de resultados de la evaluación.

VENTAJAS TEÓRICAS DEL MARCO MESMIS

La Tabla 3 resume las ventajas señaladas por algunos autores en la aplicación del marco MESMIS y que permiten soportar la propuesta de llevar a cabo la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz.

Tabla 3.

Ventajas de la aplicación del marco MESMIS.

Ventajas del MESMIS	Descripción
Es sencillo de aplicar	Por equipos multidisciplinarios con técnicas y capacidades diversas. Sin embargo, esto no implica que sea lo suficientemente riguroso para la selección y medición de los indicadores.
Es flexible	Se adapta a diferentes sistemas de manejo, bajo diversas condiciones tanto biofísicas, económicas, sociales, culturales, entre otras.
Permite identificar fortalezas y debilidades	Es una herramienta que evalúa el estado actual del o los sistemas de manejo, para detectar los aspectos que los fortalecen o los hacen vulnerables.
Hace operativo el concepto de sustentabilidad	Identificando las debilidades y los peores indicadores de sustentabilidad, permite plantear estrategias principalmente técnicas y de política que guían los procesos de planeación y de toma de decisiones, con el propósito de mejorar y lograr agroecosistemas más sustentables.
Es equilibrado	Ofrece un marco analítico para comparar sistemas de manejo (tradicional vs alternativo), priorizando y seleccionando un conjunto de indicadores estratégicos de las distintas áreas de evaluación de la sustentabilidad (económica, social y ambiental).
Es incluyente	La evaluación requiere de la participación de productores, académicos, organizaciones sociales, gobierno, entre otros actores interesados.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Masera *et al.* (1999); Masera *et al.* (2000); López-Ridaura *et al.* (2002); Masera *et al.* (2008); Speelman *et al.* (2008)

DISCUSIÓN

Se ha señalado que entre las estrategias para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas destacan: 1. La elaboración de listas de indicadores (ambientales, económicos y sociales); 2. El cálculo de índices de sustentabilidad y 3. Desarrollo de marcos metodológicos (Rodríguez y López, 2007; Kú *et al.*, 2013). En el presente trabajo, se identificó que los estudios llevados a cabo en México han mostrado una tendencia al uso de marcos metodológicos, particularmente hacia el

marco MESMIS. Esto soporta lo mencionado por Castillo (2004) en el sentido de que este tipo de métodos son los más aceptados por que incorporan el enfoque multidimensional de los sistemas de producción.

Aunado a lo anterior, el MESMIS se propuso con la finalidad de evaluar los diversos agroecosistemas campesinos que se desarrollan en México, por lo que está adaptado para aplicarse en diferentes contextos económicos, sociales, técnicos y de acceso a la información (Masera *et al.*, 1999; Ortiz y Astier, 2003; Kú *et al.*, 2013), por lo cual, goza de gran popularidad principalmente entre la comunidad académica y científica relacionada con este tema, no solo de México sino de otras partes del mundo, tal como lo demuestran los estudios llevados a cabo por Speelman *et al.* (2007; 2008), Astier *et al.* (2011) y Martínez *et al.* (2015).

De acuerdo a lo anterior y a lo constatado en este trabajo, se propone la metodología MESMIS para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz. Para lograr tal fin, se pretende seguir los seis pasos de los que consta este método. En este sentido, es importante la selección y medición de indicadores, basado en un esquema atributos-criterios-indicadores. En el caso de los indicadores, se ha señalado que pueden existir una gran cantidad de ellos, sin embargo, algunos autores argumentan que los indicadores son particulares a los procesos que forman parte, y aquellos que son apropiados para ciertos sistemas pueden ser inapropiados para otros (González *et al.* 2006; Speelman *et al.* 2007; Astier y González, 2008). Considerando esto, algunos indicadores que se proponen para evaluar la sustentabilidad del cultivo de piña en los municipios objeto de estudio incluyen los enlistados en la tabla 2. No obstante, la propuesta definitiva debe ser determinada en común acuerdo con los actores directos (los productores).

Finalmente, de acuerdo a las ventajas del marco MESMIS resumidas en este trabajo, se soporta su aplicación para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de piña en los municipios de Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz. Con lo cual se apoya lo mencionado por Astier *et al.* (2011) y Astier

et al., (2012), al argumentar la urgente necesidad de analizar cuáles son los efectos económicos, sociales y ambientales de las diferentes alternativas productivas en escalas espaciales tales como, la unidad de producción, la comunidad y la región.

CONCLUSIONES

Es indispensable buscar alternativas que contribuyan a mantener la sustentabilidad de las diferentes opciones productivas en el sector agropecuario, y que por lo tanto, garanticen su permanencia en el largo plazo, surgiendo la necesidad de evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en Loma Bonita, Oaxaca e Isla, Veracruz, tanto por la importancia económica y social que representa el cultivo para estos municipios, así como por el efecto que las tecnologías implementadas en la actualidad generan sobre el medio ambiente y los recursos naturales como el agua y suelo.

El marco MESMIS es una herramienta metodológica que presenta varias ventajas en su aplicación, destacando su flexibilidad a diferentes sistemas de producción como los comerciales o industriales, por lo que su aplicación es factible para evaluar la sustentabilidad de unidades de producción de piña en los municipios de Loma Bonita, e Isla, Veracruz.

REFERENCIAS

- Astier, M., García, B. L., Galván, M., González, E. C. E., y Maser, 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), 25.
- Astier, M., y González, C. (2008) Formulación de indicadores ambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos, en: Astier, M., Galván, Y., y Maser, O. R. (Eds.). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (pp. 73-93). Editorial Mundiprensa-SEAE-CIGA-CIEco-GIRA, Valencia, España.

- Astier, M., Pérez, A. E., Mota, G. F., Maser, O., y Alatorre, F. C. (2000). El diseño de sistemas sustentables de maíz en la región Purépecha, en: Maser, O., y López-Ridaura, S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México Rural* (pp. 271-323). GIRA, Mundi-Prensa, UNAM. México, D.F.
- Astier, M., Pérez, A. E., Ortiz, T., y Mota, F. (2003). Sustentabilidad de sistemas campesinos de maíz después de cinco años: el segundo ciclo de evaluación del MESMIS. *Revista LEISA* 19, 39-46.
- Astier, M., Speelman, E. N., López-Ridaura, S., Maser O., y González, E. C. (2011). Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysis 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability.* 9(3), 409-422.
- Bosshaq, M. R., Afzalnia, F., & Moradi, H. (2012). Measuring indicators and determining factors affecting sustainable agricultural development in rural areas –A case study of Ravansar, Iran. *International Journal of AgriScience.* 2(6), 550-557.
- Brunett, P. L., González, E. C., y García, H. 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(7), 78.
- Cámara de Diputados. (2002). *La problemática actual de la producción de piña en México*. H. Congreso de la Unión-Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. San Lázaro, D.F.
- Candelaria M, B., Ruiz, R. O., Pérez, H. P., Gallardo L. F., Vargas, V. L., Martínez B. A., y Flota, B. C. (2014). Sustentabilidad de los Agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas I, Veracruz, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural, Bogotá (Colombia) II* (73), 87-104.
- Casas, C. R., González C. F. V., Martínez, S. T., García, M. E., y Peña, O. B. V. (2009). Sostenibilidad y estrategia en agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales de Oaxaca. *Agrociencia* 43, 319-331.
- Castillo, G. E. (2004). Evaluación de los niveles de desarrollo sostenible en espacios territoriales (granjas de producción sostenible) en provincias centrales. *Investigación y Pensamiento Crítico.* (2), 10-18.

- Castelán, V. R., Tamariz, F. V., Ruiz, C. J., y Linares, F. G. (2014). Evaluación de la sustentabilidad de la actividad agrícola de tres localidades campesinas en Pahuatlán Puebla. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1(3), 219-231.
- Cruz, M. J., Villegas, A. Y., Jerez, S. M. P., Pérez, L. M. I., y Castañeda, H. E. (2013). Evaluación ecológica de tres agroecosistemas de producción ovina en los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1251-1261.
- De Camino, V. R., y Müller, S. (1993). *Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. Serie de documentos de Programas No. 38.* San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
- Delgado, A., Armas, W., D'Aubeterre, R., Hernández, C., y Areque, C. (2010). Sostenibilidad del sistema de producción *Capra hircus*-*Aloe vera* en el estado semiárido de Cauderales (Estado Lara, Venezuela). *Agroalimentaria*. 16(31), 49-63.
- Domínguez, H. M. E. (2013). Evaluación de la sustentabilidad de un sistema de producción ovina. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2, 142-149.
- Gerritzen, P. R. W., y González, F. R. (2008). Comparación de cuatro sistemas productivos en el ejido de La Ciénega, costa sur de Jalisco. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 65, 68-81.
- Giraldo, D. R., y Valencia, T. F. L. (2010). Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento de Bolo San Isidro, Palmira (Valle del Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA* 1(2), 7-17.
- González, E. C. E., Ríos, G. H., Brunett, P. L., Zamorano, C. S., y Villa, M. C. I. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia* 13, 107-139.
- Gutiérrez, C. J. G., Aguilera, G. L. I., González, E. C. E., y Juan, P. J. I. (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.

- Jamshidi, O., Asadi, A., & Motiee, N. (2014). Assessment of sustainability of greenhouse culture and indentifying factors affecting in Alborz Province. *Middle-East Journal of Scientific Research.* 19(5), 625-630.
- Kido, C. M. T., Kido, C A., Contreras, C. J. M., y Martínez, C. C. J. (2010). Costo ambiental y competitividad privada de sistemas tradicionales: el caso del cultivo de piña. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.* 3 (2), 113-129.
- Kú, V. M., Pool, L., Mendoza, J., y Aguirre, E. (2013). Propuesta metodológica para evaluar proyectos productivos con criterios locales de sustentabilidad en Calakmul, México. *Avances de Investigación Agropecuaria,* 17(1), 9-34.
- López-Ridaura, R. S., Masera O., & Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators* (2), 135-148.
- Martínez, C. C. J., Ríos, C. M., Castillo, L. M., Jiménez, C. J. J., y Cotera, R. J. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas en regiones tropicales de México. *Tropical and subtropical agroecosystems,* 18, 113-120.
- Martínez, C. C. J., Ríos, C. M., Castillo, L. M., Jiménez, C. J. J., y Cotera, R. J. (en prensa). Indicadores socioeconómicos y ambientales de sustentabilidad en agroecosistemas de México.
- Masera, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS.* Mundi-Prensa, GIRA, UNAM. México, D.F.
- Masera, O., Astier, M., López-Ridaura, S., Galván, M., Ortiz, Á. T., García, B. L. E., García, B. R., González, C., y Speelman, E. (2008). El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS, en: Astier, M., Galván, Y., y Masera, O. R. (Eds.). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (pp. 13-23). Editorial Mundiprensa-SEAE-CIGA-CIEco-GIRA, Valencia, España.
- Masera, O., Astier, M., y López-Ridaura, S. (2000). El marco de evaluación MESMIS, en Masera, O., y López-Ridaura, S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural* (pp. 13-44). Editorial Mundiprensa. México, D.F.
- Mazabel, D. D. G., Romero, J. M., y Hurtado, C. M. A. (2010). La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai* 6, 199-219.

- Merlín, Y., González, C., Contreras, A., Zambrano, L., Moreno, P., y Astier, M. (2014). Environmental and socio-economic sustainability of chinampas (raised beds) in Xochimilco, México City. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(3), 216-233.
- Negrerros, C. P., González, N. J. C., y Merino, P. L. (2000). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo forestal de la organización de ejidos productores forestales de la zona maya de Quintana Roo, en Masera, O., y López-Ridaura, S. (Eds). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural* (pp. 83-141). Editorial Mundiprensa. México, D.F.
- Neri, N. R., Ocampo, F. I., Escobedo, C. J. F., Pérez, M. A., y Rappo, M. S. E. (2008). La sustentabilidad de los sistemas agrícolas con pequeña irrigación. El caso de San Pablo Actipan. *Ra Ximhai*, 4, 139-163.
- Neri, R. E., Rubiños, P. J. E., Palacios, V. O. L., Oropeza, M. J. L., Flores, M. H., y Ocampo, F. I. (2013). Evaluación de la sustentabilidad del acuífero Cuautitlán-Pachuca mediante el uso de la metodología MESMIS. *Revista Chapingo Serie Ciencia Forestales y del Ambiente*, 273-285.
- Ortiz, A. T., y Astier, C. M. (2003). Sistematización de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. *Revista LEISA*. 19(0), 4-6.
- Ovalles, F. A. (2006). *Manejo sustentable de los recursos naturales en América Latina y el Caribe: Oportunidades y desafíos de investigación y Desarrollo Tecnológico*. PROCIANDINO-Foragro-IICA. Maracaibo, Venezuela.
- Perales, R. M. A., Fregoso, T. L. E., Martínez, A. C. O., Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Reyes, J. J. E., Moreno, G. T., Palacios, V. O., y Guzmán, R. J. L. (2000) Evaluación del sistema agro-silvo-pastoril del sur de Sinaloa, en: Masera, O., y López-Ridaura. S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México Rural* (pp. 143-206). GIRA, Mundi-Prensa, UNAM. México, D.F
- Rodríguez, G. M. de L., y López, B. J. (2007). Primer coloquio sobre conceptos y aplicación de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México, Instituto de Geografía, UNAM, 21 de noviembre de 2006. *Investigaciones Geográficas (Mx)*. (63), 156-158.

- Romero, M. M. A., Cruz, L. A., Goytia, J. M. A., Sámano, R. M. A., y Baca, M. 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, 73-86.
- Ruíz, G. C., García, H. L. A., Ávila, B. C. H., y Brunett, P. L. (2008). Sustentabilidad financiera: el caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito. *Revista Mexicana de Agronegocios* 12, 503-515.
- Smith, A. (2003). Tecnología y desarrollo sustentable. Una perspectiva europea. *Revista Theomai*, (99), 0.
- Speelman, E. N., Astier, M., y Galván, M. Y. (2008). Sistematización y análisis de las experiencias de evaluación con el marco MESMIS: Lecciones para el futuro, en: Astier, M., Galván, Y., y Masera, O. R. (Eds.). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (pp. 25-39). Editorial Mundiprensa-SEAE-CIGA-CIEco-GIRA, Valencia, España.
- Speelman, E. N., López, R. S., Aliana, C. N., Astier, M., y Masera, O. (2007). Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. (14), 345-361.
- Toral, J. M. A., Uriza, A. D. E., y López, C. J. (2013). Acolchado plástico y malla-sombra: innovaciones tecnológicas en la producción de piña MD-2 (*Ananas comosus* var. *Comosus*) para el mercado de exportación. *Agroentorno*, 15-18.
- Travieso, B. A. C., y Moreno, C. P. (2011). Sustentabilidad de la ganadería bovina: El caso de la Costa de Actopan, Veracruz, México, en: Sánchez, J. S. G., Contreras, H. A., y Kauffer, M. E. F. (Eds.). *La encrucijada del México rural. Contrastes regionales en un mundo desigual. Tomo IV. Recursos Naturales, instituciones locales y políticas ambientales: las encrucijadas de la conservación en México* (pp. 291-616). Asociación Mexicana de Estudios Rurales (AMER). México. D.F.
- Vilaboia, A. J., Díaz, P. R., Platas, R. D. E., Ortega, J. E., Rodríguez, C. M. A. (2006). Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *Interciencia*, 31(1), 37-44.