

TOWARDS THE SUSTAINABILITY OF MAIZE (*Zea mays* L.) CULTIVATION IN ACAMBAY, ESTADO DE MÉXICO

HACIA LA SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN ACAMBAY, ESTADO DE MEXICO

Urbano-Castillo, L.¹; Montiel-Castro, A.²; Flores-Hernández, N.³; Martínez-García, C.G.⁴; García-Martínez, A.⁵; Rayas-Amor, A.A.^{6*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Licenciatura en Biología Ambiental de la Lerma de Villada, Estado de México, México. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma Departamento de Ciencias de la Salud. ³Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales. ⁴Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, el Cerrillo Campus Toluca, Estado de México, México. ⁵Universidad Autónoma del Estado de México Centro Universitario Temascaltepec., Estado de México, México. ⁶Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma Departamento de Ciencias de la Alimentación.

*Autor de correspondencia: a.rayas@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: The agroecological sustainability of maize (*Zea mays* L.) crop land races was evaluated in the municipality of Acambay, Estado de México.

Design/methodology/approach: In the first phase of this pilot study, semi-structured interviews were applied to maize crop producers to assess whether the questionnaire applied is relevant, complete and precise to obtain the information required by the IDEA method to assess sustainability. The participants were selected by means of snowball sampling.

Results: The results showed that on average 1.6 ha, are grown per producer. Regarding the color of maize land races, 80% of producers grow white maize while 20% grow four colors (white, black, pink or red and yellow). The indicators "intercropped crops (A5) and zones of ecological regulation (A8)" have the potential to substantially improve the agroecological sustainability of the maize land races since they obtained 0 in this pilot study.

Study limitations/implications: The questionnaire applied in the interviews was elaborated based on the criteria used in the IDEA method, which evaluates three dimensions (agroecological, socio-territorial and economic); however, in this article only the results of the agroecological dimension are presented.

Findings/conclusions: It is concluded that on average the respondents achieved a sustainability of 9% out of 33% in the component "domestic diversity", 11% out of 33% in the component "organization of space", and 18% out of 34% in the component "agricultural practices". Therefore, the agroecological dimension in this study reached a sustainability of 38%.

Keywords: sustainability, maize land races.

RESUMEN

Objetivo: se evaluó la sustentabilidad agroecológica del cultivo de maíz criollo (*Zea mays* L.) en el municipio de Acambay, Estado de México.

Diseño/metodología/aproximación: en la primera fase de este estudio se realizaron entrevistas semiestructuradas aplicadas a productores con la finalidad de evaluar si el cuestionario aplicado es pertinente, completo y preciso para obtener la información que se requiere en el método IDEA para evaluar la sustentabilidad. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo tipo bola de nieve.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 11, noviembre. 2018. pp: 103-108.

Recibido: agosto, 2018. **Aceptado:** octubre, 2018.

Resultados: los resultados mostraron que en promedio se cultiva 1.6 ha, por productor encuestado. En cuanto al color del maíz criollo; el 80% de los productores cultivan maíz blanco, mientras que 20% cultiva cuatro colores que son blancos, negros, rosados o rojos y amarillos. Los indicadores "cultivos intercalados (A5) y zonas de regulación ecológica (A8)" tienen potencial para mejorar sustancialmente la sustentabilidad agroecológica del maíz criollo ya que obtuvieron cero (0) en este estudio.

Limitaciones del estudio/implicaciones: el cuestionario aplicado en las entrevistas se elaboró basándose en los criterios utilizados en el método IDEA el cual evalúa tres dimensiones (agroecológica, socio-territorial y económica) no obstante, en este artículo solo se presentan los resultados de la dimensión agroecológica.

Hallazgos/conclusiones: se concluye que en promedio los encuestados alcanzaron una sustentabilidad de 9% de 33% en el componente "diversidad doméstica", el 11% de 33% en el componente "organización del espacio" y 18% de 34% en el componente "prácticas agrícolas" por lo tanto la dimensión agroecológica en este estudio piloto alcanzó un 38% de sustentabilidad.

Palabras clave: sustentabilidad, maíz criollo.

curso suelo-agua, y esto ha generado un desequilibrio que se ve reflejado en una disminución en la producción. Es por ello que al ser una de las principales actividades que se desarrollan dentro del municipio es importante crear herramientas que ayuden a los productores, a determinar los puntos críticos y debilidades de su sistema, de manera que les ayude a mejorar las prácticas de cultivo. En los últimos años el tema de la sustentabilidad ha cobrado gran interés para los investigadores debido a la importancia que ésta representa para la humanidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustentabilidad del sistema de maíz con base en variantes criollas de maíz, en Acambay, Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en Acambay, Estado de México (19° 97' 67" N y 99° 88' 49" O), a una altitud 2600 m. El área es bastante irregular ya que tiene cerros, formaciones montañosas muy erectas, profundas barrancas o extensos y suaves valles. Existen diversas metodologías utilizadas para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas, tales como agricultura de riego y sistemas pecuarios citadas en Pérez *et al.* (2005), Albicette *et al.* (2009), Merma *et al.* (2012), Mazabel-Domínguez *et al.* (2010) y Kú *et al.* (2013). Por lo que al ser metodologías que ya se han implementado y que han mostrado ser una herramienta útil para evaluar la sustentabilidad, se aplicaron en este trabajo de investigación.

En la primera fase de este estudio se realizaron entrevistas semiestructuradas aplicadas a una muestra inicial de diez productores con la finalidad de evaluar si el cuestionario aplicado es pertinente, completo y preciso

INTRODUCCION

La relación entre los mexicanos y el maíz (*Zea mays* L.) es ancestral, y este estrecho vínculo está asociado a la evolución de las civilizaciones mesoamericanas y desde su domesticación ha constituido la base de la alimentación de muchas culturas. Debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y uso industrial, se ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales. De acuerdo con el Panorama Agroalimentario (2016) en México, el maíz es uno de los productos que mayormente se consume. En México, durante el 2015, la producción de grano de maíz creció a una tasa anual de 6.1% para totalizar 24.69 millones de t, y en cuanto al tipo de maíz, el que más se produce con 85.9% del volumen es el maíz blanco, seguido de 13.6% de maíz amarillo y 0.5% de otros colores de maíces.

Actualmente la agricultura campesina es una de las principales actividades dentro de las comunidades rurales y abarca a cerca de dos millones de productores que participan en esta actividad, donde el 85% tiene menos de 5 ha. Se estima que se cultivan ocho millones de hectáreas de maíz en todo México, lo que resulta en una producción anual de 18 millones de t, (Paulino-Flores *et al.*, 2017). El Estado de México, es el tercer mayor productor de maíz a nivel nacional. En 2017 la superficie sembrada de este producto fue de 518,000 ha, de las cuales 100,000 ha utilizaron semillas híbridas (SAGARPA, 2017). En el municipio de Acambay se siembran 16,000 ha, de maíz de temporal y 3,000 ha, de riego (comunicación personal), esta última se practica bajo un sistema de agricultura intensiva donde se utilizan insumos agrícolas, tales como herbicidas, insecticidas, pesticidas, maquinaria pesada y riego. En los últimos años la población se ha percatado del deterioro ambiental del re-

para obtener la información que se requiere en el método IDEA (Zahm et al., 2008) para evaluar la sustentabilidad. En la primer fase del estudio, el primer encuestado se seleccionó al azar de entre 2000 productores de maíz del municipio, e inicialmente se le preguntó si quería participar en este estudio piloto, cuando el productor seleccionado al azar contestó afirmativamente se le aplicó el cuestionario, y al finalizar ésta, se le preguntó a que otro productor de maíz criollo se le podría encuestar, posteriormente se visitó al productor sugerido y se le preguntó nuevamente si quería participar en la primer fase del estudio. A este procedimiento se le nombra "muestreo tipo bola de nieve" (Vogt, 2005).

El cuestionario aplicado en las entrevistas se elaboró basándose en los criterios utilizados en el método IDEA (Zahm et al., 2008). Brevemente, el método IDEA está basado en 17 objetivos para formar tres dimensiones de sustentabilidad que son la; agroecológica (ambiental), social y económica. No obstante, en este artículo solo se presentan los resultados de la dimensión agroecológica. La escala agroecológica se divide en tres componentes descritos por 18 indicadores con sus respectivas puntuaciones máximas. El Cuadro 1 muestra como está conformada la dimensión agroecológica en el método IDEA. Posteriormente la información recabada se capturó y procesó en una hoja de cálculo de Excel 2010) y se

representaron con graficas radiales disponibles en Excel 2010.

Interpretación de los indicadores en la dimensión agroecológica

De acuerdo con el método IDEA (Zahm et al., 2008), en el componente de "Diversidad Doméstica" se evaluó la diversidad de cultivos anuales y perennes que indica la protección de la biodiversidad vegetal doméstica, la coherencia técnica y la gestión de la fertilidad del suelo en el largo plazo promoviendo el número de especies y de variedades cultivadas. El indicador diversidad de cultivos perennes constituye un eslabón esencial del agro-ecosistema. La diversidad animal evalúa la producción animal que contribuye a aprovechar y a mantener la fertilidad del medio. En el indicador valoración y conservación del patrimonio genético se subraya el esfuerzo efectuado para aprovechar las razas y las variedades con amenaza de desaparición.

En el componente "Organización del Espacio" se evaluó la rotación de cultivos, este indicador está fuertemente relacionado con el indicador diversidad de los cultivos anuales y temporales. La dimensión de las parcelas explica que si éstas son demasiado pequeñas o demasiado grandes tienen problemas agronómicos y ambientales; es decir, parcelas grandes son susceptibles a la erosión,

Cuadro 1. Dimensión agroecológica de la sustentabilidad.

Componente	Indicadores		Valor máximo	
Diversidad doméstica	A1	Diversidad de cultivos anuales y temporales	14	33 unidades
	A2	Diversidad de cultivos perennes	14	
	A3	Diversidad animal	14	
	A4	Valorización y conservación del patrimonio genético	6	
Organización del espacio	A5	Rotaciones	8	33 unidades
	A6	Tamaño de las parcelas	6	
	A7	Manejo de la materia orgánica	5	
	A8	Zonas de regulación ecológica	12	
	A9	Contribución a los desafíos ambientales del territorio	4	
	A10	Valorización del espacio	5	
	A11	Manejo de las superficies forrajeras	3	
Prácticas agrícolas	A12	Fertilización	8	34 unidades
	A13	Efluentes orgánicos líquidos	3	
	A14	Pesticidas	13	
	A15	Tratamientos veterinarios	3	
	A16	Protección del recurso suelo	5	
	A17	Manejo del agua	4	
	A18	Dependencia energética	10	

en contraste las pequeñas presentan otro tipo de problemas como accesibilidad y eficiencia de los insumos. El indicador manejo de la materia orgánica; es la base de la fertilidad del suelo, permite su mantenimiento sin depender de insumos externos. Zonas de regulación ecológica, en este indicador se miden los linderos forestales, los cercos vivos, estanques, laderas y bosques, franjas con vegetación herbácea, áreas pedregosas y muros viejos de piedras que mantienen el cultivo aislado de otras parcelas. Contribución a los desafíos ambientales del territorio, en este indicador se toma en cuenta el compromiso en relación con los objetivos definidos a favor del patrimonio ambiental local. Carga animal, en este indicador se evalúa la autonomía forrajera, compuesta por cereales y proteínas, es uno de los principales principios de la agricultura sostenible. Por lo tanto, cada ambiente posee un nivel de carga animal óptimo que equilibra las necesidades y los recursos forrajeros. Manejo de las superficies forrajeras, en este indicador se mide la vegetación herbácea como un recurso local muy apreciado que se cultiva y conserva.

En el componente “Prácticas agrícolas”, se evaluó la fertilización en busca de una producción en la que se minimicen los riesgos de contaminación por uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y evitar su desperdicio. En el indicador de Efluentes orgánicos líquidos, se evalúa a los agricultores que hacen grandes esfuerzos para el manejo de sus efluentes más allá de los umbrales obligatorios reglamentarios. Para el uso de pesticidas, se evaluó su uso y buscó manejarlos de forma racional. Tratamientos veterinarios, este indicador representa las prácticas inadecuadas en animales de trabajo. Para el caso de protección del recurso suelo, se evaluaron las prácticas sustentables para su conservación, por ejemplo, su labranza mínima y estercolado. En cuanto a manejo del agua, se consideró el costo del uso de agua en el sistema productivo; y finalmente, la dependencia energética, evaluando la dependencia energética de los sistemas agrícolas sostenibles.

RESULTADOS Y DISCUSION

La producción de maíz es el sustento principal para las familias de los productores encuestados, en promedio se cultivan 1.6 ha por productor, el 100% de los productores encuestados respondió ser el dueño del terreno en donde se cultiva el maíz criollo; sin embargo, el 10% mencionó la renta de <1 ha, y otro 10% hasta 2 ha. El 80% de los encuestados respondió que se ha dedicado toda su vida al cultivo de maíz y solo el 20% respondió

no toda la vida; sin embargo, todos respondieron que tienen más de 10 años de experiencia en el cultivo de maíz criollo.

El 80% de los productores cultivan maíz blanco, mientras que el 20% cultiva cuatro colores que son blanco, negro, rojo pálido, rojo y amarillo. El 80% de los encuestados respondió que una parte de la producción obtenida se destina para el autoconsumo, para la alimentación del ganado, para venta y solo 20% de ellos lo destinan a la venta. En los hogares de los productores, existen en promedio cuatro integrantes de la familia, y las actividades que realizan tanto mujeres como hombres en el sistema de producción, son las de siembra, aplicación de fertilizante, abono y cosecha; los niños o niñas no tienen ninguna actividad específica en el cultivo de maíz; adicional a la familia se contrata a cuatro jornales en promedio para apoyar las labores de deshierbe y cosecha.

Diversidad doméstica del cultivo de maíz criollo en la dimensión agroecológica

La Figura 1 muestra el componente “Diversidad Domestica” que describe en 33% la dimensión agroecológica en la Metodología IDEA. Se observó que en promedio, los productores encuestados en el indicador “diversidad de cultivos anuales y temporales (A1)” fueron valorados con dos puntos de 14, lo cual indica que no tienen diversidad en variedades de maíz, aunque el 20% de los productores cultivan cuatro colores de maíz siguen siendo criollos y no mencionaron la incorporación de variedades mejoradas o híbridos comerciales que les pueden dar mayor resistencia contra plagas, o acame,

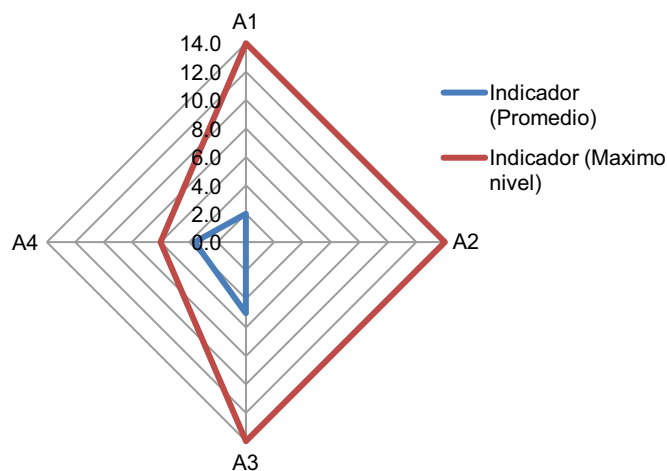


Figura 1. Componente “Diversidad Domestica” que describe la dimensión agroecológica en la Metodología IDEA. A1: Diversidad de cultivos anuales y temporales, A2: Diversidad de cultivos perennes, A3: Diversidad animal, A4: Valorización y conservación del patrimonio genético.

esto resultados concuerdan con lo reportado por Magdaleno-Hernández et al. (2016) ya que dentro de las comunidades del municipio se cultiva una sola especie de maíz y la asociación con otras variedades se da pero en terrenos más pequeños y existe un alto consumo de fertilizantes químicos. En el indicador de "diversidad de cultivos perennes (A2)" se muestra 0 en la puntuación ya que la encuesta fue enfocada estrictamente al cultivo de maíz y no se enfocó a otros dentro de la unidad de producción; no obstante, ninguno de los productores encuestados mencionó asociar al cultivo de maíz criollo con cultivos como la veza (*Vicia sativa* L.) que es una planta herbácea (Fabaceae) que se puede ocupar como planta fijadora de nitrógeno durante el crecimiento del cultivo de maíz, como abono verde para la siguiente cosecha o cortarla junto con el rastrojo de maíz para la alimentación animal. En el indicador "Diversidad animal (A3)" en promedio los encuestados obtuvieron cinco puntos de 14, lo cual indica que tienen mulas y reses de tiro para las actividades de preparación del terreno, siembra y aporque. En el indicador "valorización y conservación del patrimonio genético (A4)", en promedio obtuvieron dos puntos de seis, indicando que la diversidad genética de los maíces criollos en la zona de estudio está en riesgo.

Organización del espacio del cultivo de maíz criollo en la dimensión agroecológica

La Figura 2 muestra el componente "organización del espacio" que describe en 33% la dimensión agroecológica en la Metodología IDEA. En este componente se observó que en promedio en el indicador "cultivos intercalados (A5)" obtuvo 0 puntos de 12, este indicador tiene potencial para mejorar sustancialmente la sustentabilidad agroecológica del maíz criollo. En método IDEA el indicador "dimensión de las parcelas (A6)" se menciona que cualquier "unidad espacial del mismo cultivo" de di-

mensión igual a 6 ha, la puntuación máxima es seis, y si es superior a esta superficie cultivada, el puntaje asignado va disminuyendo; sin embargo, no se menciona un puntaje específico para una superficie menor a seis ha, por lo tanto, en este indicador se le asignó el puntaje de seis, ya que se observó que en promedio se cultivan 1.6 hectáreas por productor. No obstante, se menciona que las parcelas demasiado pequeñas menor a seis, normalmente presentan ineficiencia en el uso de insumos externos, tales como fertilizantes, herbicidas, plaguicidas mano de obra contratada, entre otros. El indicador "Manejo de la materia orgánica (A7)" obtuvo dos puntos de 5, ya que solo se observó el uso de estiércol para incorporar materia orgánica al suelo; no obstante, la incorporación de desechos o abonos verdes, compost o ramas trituradas a parte del estiércol no se observó en ninguno de los encuestados. El indicador "zonas de regulación ecológica (A8)" tuvo 0 puntos de 12 debido a que ninguno de los encuestados mencionó tener zonas de regulación ecológica, vegetación a lo largo de las riberas de las corrientes de agua, terrazas, o la existencia de un mapa donde se encuentren localizados los principales objetivos ambientales presentes en la unidad de producción. En el indicador "contribución a los desafíos ambientales del territorio (A9)" se obtuvo dos puntos de cuatro, ya que en promedio se observó que los productores mostraron interés de conservar en menos del 50% de la unidad de producción las especies silvestres y de los ambientes que constituyen en sus hábitats (biodiversidad). En el indicador "Carga animal (A10) y Manejo de las superficies forrajeras (A11)", no aplicó, ya que no se evaluó el cultivo de maíz para alimentación animal en pastoreo.

Prácticas Agrícolas del cultivo de maíz criollo en la dimensión agroecológica

En la Figura 3 se muestra el componente "prácticas agrícolas" que describe en 34% la dimensión agroecológica. En este componente se observó que en promedio el indicador "Fertilización (A12)" obtuvo tres puntos de ocho, ya que en promedio los productores aplican entre 60 y 80 kg de nitrógeno por hectárea. En el indicador "efluentes orgánicos líquidos (A13)" se obtuvieron 0 puntos de tres, ya que no se observó ningún tratamiento de los efluentes líquidos (ejemplo tratamiento individual biológico aeróbico de los efluentes con aplicación aprobada en tierras de la

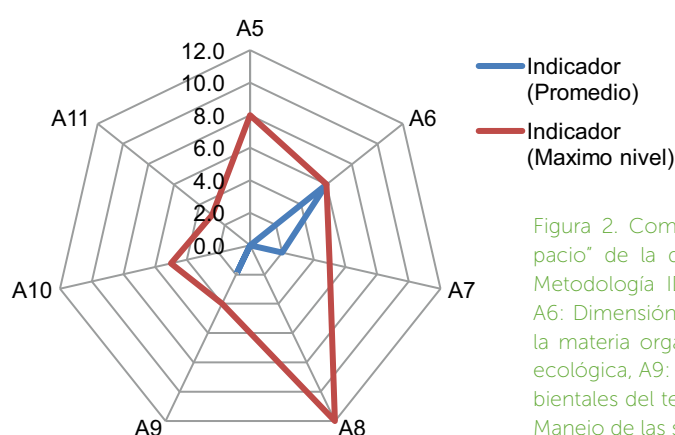


Figura 2. Componente "Organización del Espacio" de la dimensión agroecológica en la Metodología IDEA. A5: Cultivos intercalados, A6: Dimensión de las parcelas, A7: Manejo de la materia orgánica, A8: Zonas de regulación ecológica, A9: Contribución a los desafíos ambientales del territorio, A10: Carga animal, A11: Manejo de las superficies forrajeras.

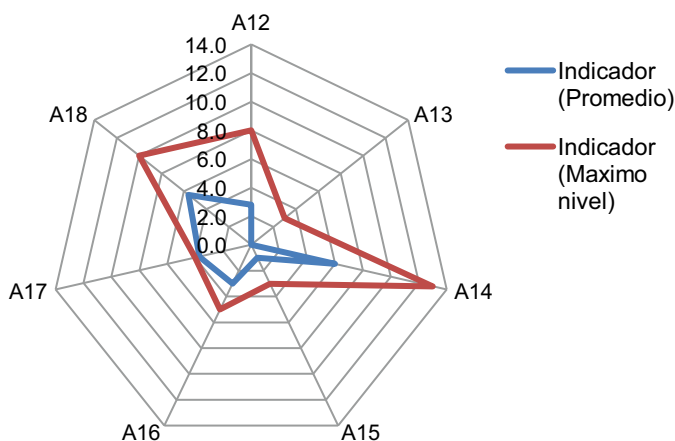


Figura 3. Componente “Prácticas Agrícolas” de la Metodología IDEA. A12: Fertilización, A13: Efluentes orgánicos líquidos, A14: Pesticidas, A15: Tratamientos veterinarios, A16: Protección del recurso suelo, A17: Manejo del agua, A18: Dependencia energética.

explotación, o construcción de lagunas y compostaje) derivados de los establos donde tienen a los animales de tiro. En el indicador “pesticidas (A14)” se registraron seis puntos de 13, debido a que en promedio se utilizan 1 L de herbicida o insecticida químico por hectárea, ninguno mencionó el empleo de control biológico en al menos 10% de la superficie tratada. En el indicador “tratamientos veterinarios (A15)” se obtuvo uno de tres puntos, ya que se observó la aplicación de desparasitantes y vitamínicos inorgánicos (no con esencias herbolarias) a los animales de tiro. En el indicador de “protección del recurso suelo (A16)” se obtuvieron tres puntos de cinco, ya que más del 80% de la superficie de cultivo se prepara con labranza mínima, pero no se mencionaron prácticas de acondicionamiento del suelo y prácticas anti-erosivas, tales como terrazas, tapias bajas, franjas con cobertura herbácea, labores en curvas a nivel. El indicador “manejo del agua (A17)” obtuvo una puntuación máxima de cuatro, ya que el cultivo de maíz criollo se realiza en condiciones de temporal. En el indicador “Dependencia energética (A18)” se obtuvieron cuatro de 10 puntos, debido a que los productores mencionaron emplear maquinaria agrícola en ciertas ocasiones del ciclo productivo lo cual representa un consumo de 300 L ha⁻¹.

CONCLUSIONES

El estudio inicial, registró una sustentabilidad de 9% de 33% en el componente “diversidad doméstica”, 11% de 33% en el componente “organización del espacio” y 18% de 34% en el componente “prácticas agrícolas” por lo tanto la dimensión agroecológica alcanzó un 38% de sustentabilidad.

LITERATURA CITADA

Albicette M., Brasesco R., Chiappe M. 2009. Propuesta de indicadores para evaluar la sustentabilidad predial en agroecosistemas agrícola-ganaderos del litoral del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 13(1), 48-68.

Comunicación Personal. CADER 08 Acambay. Noviembre 2017.

Kú V. M., Pool L., Mendoza J., Aguirre E. 2013. Propuesta metodológica para evaluar proyectos productivos con criterios locales de sustentabilidad en Calakmul, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(1).

Magdaleno-Hernández E., Mejía-Contreras A., Martínez-Saldaña T., Jiménez-Velazquez M. A., Sanchez-Escudero J., García-Cué J.L. 2016. Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3), 437-447.

Mazabel-Domínguez D.G., Romero-Jacuinde M., Hurtado-Cardoso M. 2010. La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai*, 6(2), 199-219.

Merma I., Julca A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*, 11(1), 1-11.

Panorama Agroalimentario (2016). Maíz. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf

Paulino-Flores M., Martínez-Campos A. R., Martínez-Castañeda F. E., López-Orona C. A., Vizcarra-Bordi I., Munguía N. 2017. Evaluation of the sustainability of hybrid and native maize production systems. *Journal of Cleaner Production*, 150, 287-293.

Pérez B., González C., García L. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Res. Rural Dev.*, 17(7).

SAGARPA. 2017. Producción de Maíz grano por Entidad Federativa. Boletín Mensual. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264775/Boletin_mensual_ma_z_grano_sep_2017.pdf

Vogt W.P. 2005. Dictionary of statistics and methodology: a non-technical guide for the social sciences. 3rd ed. United States of America: Sage publications.

Zahm F., Viaux P., Vilain L., Girardin P., Mouchet C. 2008. Assessing farm sustainability with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development*, 16(4), 271-281. 3rd ed.

