



Sostenibilidad en sistemas de producción ovina del municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México

Sustainability in sheep production systems in the municipality of Ixmiquilpan, Hidalgo state, Mexico

Sustentabilidade em sistemas de produção de ovinos no município de Ixmiquilpan, estado de Hidalgo, México

Juan Manuel Vargas Romero / Universidad Autónoma Metropolitana, México / jmvr@xanum.uam.mx

Ulises Graciano Soto Ortiz / Universidad Autónoma Metropolitana, México / usotoo@jpn.mx

Hermenegildo Román Losada Custardoy / Universidad Autónoma Metropolitana, México / hrlc@xanum.uam.mx

José Cortés Zorrilla / Universidad Autónoma Metropolitana, México / jocz@xanum.uam.mx

Jorge Eduardo Vieyra Durán / Universidad Autónoma Metropolitana, México / vdje@xanum.uam.mx

Viridiana Alemán López / Universidad Autónoma Metropolitana, México / alv@xanum.uam.mx

Lorena Luna Rodríguez¹ / Universidad Autónoma Metropolitana, México / llunaro@xanum.uam.mx

Recibido: 22/1/2022

Aceptado: 27/5/2022

Publicado: 15/6/2022

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la sostenibilidad de unidades de producción pecuaria de ovinos del municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México. Los indicadores fueron descritos considerando las características locales de la región, entrevistas previas y la información de la encuesta. Para posibilitar la integración de los indicadores de distinta naturaleza, estos fueron transformados a una escala de 0 a 12.5 (independientemente de su unidad original), donde 12.5 fue el valor de mayor sostenibilidad y 0 el más bajo. Además, se realizó la ponderación de los indicadores utilizando un coeficiente, este factor dependió de la importancia relativa de cada indicador. Los datos se obtuvieron mediante la encuesta aplicada a los productores, luego se sistematizaron para después evaluar el grado de sostenibilidad en las dimensiones social, ecológica y económica, obteniéndose valores de 62, 70 y 47, respectivamente. En las unidades de producción pecuaria de este es-

¹ Autor de correspondencia

tudio se obtuvieron valores de sostenibilidad altos en los componentes de la dimensión ecológica, ya que el proceso productivo minimiza el deterioro ecológico. Los sistemas de producción ovina analizados se mantienen económicamente; lo cual es importante para la contribución en la economía regional, influyen en lo social y cohabita de una forma medida con su entorno natural.

Palabras clave: dimensión ecológica, dimensión económica, dimensión social, gestión ambiental, indicadores ambientales, racionalidad ecológica

ABSTRACT

The objective was to evaluate the sustainability of sheep production units in the municipality of Ixmiquilpan, Hidalgo State, Mexico. The indicators were described considering the local characteristics of the region, previous interviews, and survey information. To enable the integration of indicators of different nature, they were transformed to a scale from 0 to 12.5 (regardless of their original unit), where 12.5 was the highest sustainability value and 0 the lowest. In addition, the indicators were weighted using a coefficient, this factor depended on the relative importance of each indicator. The data were obtained through the survey applied to the producers, then they were systematized to later evaluate the degree of sustainability in the social, ecological and economic dimensions, obtaining values of 62, 70 and 47, respectively. In the livestock production units of this study, high sustainability values were obtained in the components of the ecological dimension since the production process minimizes ecological deterioration. The sheep production systems analyzed are economically sustainable, which is important for their contribution to the regional economy, have a social influence and coexist in a measured way with their natural environment.

Keywords: dimensão ecológica, dimensão econômica, dimensão social, gestão ambiental, indicadores ambientais, racionalidade ecológica

RESUMO

O objetivo foi avaliar a sustentabilidade das unidades de produção de ovinos no município de Ixmiquilpan, estado de Hidalgo, México. Os indicadores foram descritos considerando as características locais da região, entrevistas anteriores e as informações da pesquisa. Para possibilitar a integração de indicadores de outra natureza, estes foram transformados em uma escala de 0 a 12.5 (independentemente de sua unidade original), sendo 12.5 o valor de maior sustentabilidade e 0 o menor. Além disso, a ponderação dos indicadores foi realizada através de um coeficiente, fator esse que dependia da importância relativa de cada indicador. Os dados foram obtidos através do inquérito aplicado aos produtores, depois foram sistematizados para posteriormente avaliar o grau de sustentabilidade nas dimensões social, ecológica e econômica, obtendo valores de 62, 70 e 47, respectivamente. Nas unidades de produção pecuária deste estudo, foram obtidos altos valores de sustentabilidade nos componentes da

dimensão ecológica, dado que o processo de produção minimiza a deterioração ecológica. Os sistemas de produção de ovinos analisados são mantidos economicamente; importante para a contribuição para a economia regional, influencia o social e convive de forma comedida com seu ambiente natural.

Palavras chave: dimensão ecológica, dimensão econômica, dimensão social, gestão ambiental, indicadores ambientais, racionalidade ecológica

INTRODUCCIÓN

Para la humanidad, los temas implícitos en el desarrollo de la sociedad, teniendo presentes las diferentes determinaciones que van desde lo ecológico, económico y social, siguen siendo los relacionados con el desarrollo sostenible y la sostenibilidad. En su acepción inicial, se reconoce como un principio de regulación normativa para la sociedad contemporánea, por circunscribir una relación ética a largo plazo con el ecosistema (Zarta, 2018; Sánchez-Rodríguez y Anzola-Morales, 2021). Sus implicaciones causan controversia, ya que, no solo establece la satisfacción de las necesidades de la generación actual y de las generaciones futuras; sino también considera la existencia de condiciones económicas, sociales, políticas, culturales y educativas que permitan influir en la calidad de vida de las sociedades; manteniendo la armonía con el entorno y evitando la presencia de externalidades ecológicas negativas. Para los sistemas de producción agropecuarios, la sostenibilidad se analiza de forma integral y, en consecuencia, su evaluación tiene una multiplicidad de marcos conceptuales y enfoques metodológicos en los cuales se articulan diferentes niveles, escalas y dimensiones (Pinedo-Taco *et al.*, 2021; Tonolli y Ferrer, 2018). Además, se realiza tanto en el ámbito regional, como en

escala predial en las unidades de producción pecuaria (UPP) recurriendo al uso de indicadores, los cuales se proponen de acuerdo al modelo ganadero analizado debido a la carencia de un conjunto de indicadores universales (Guo *et al.*, 2018).

La sostenibilidad en las UPP se debilita por las repercusiones negativas que supone la realización de algunas prácticas agropecuarias (Stoll-Kleemann y O'Riordan, 2015). Los rasgos comúnmente afectados son: la erosión del suelo, la contaminación del suelo y el agua; estos se relacionan de manera directa con las entradas al sistema (laboreo, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas) y, en general, con la intensificación (presión de pastoreo en ganadería). Lo anterior, se debe considerar al evaluar la sostenibilidad, ya que mientras más entradas se requieran para lograr un determinado nivel de producción, mayor es el riesgo de influir negativamente en un ecosistema; por lo cual, es ineludible reconsiderar las formas actuales de producción de alimentos; pues la producción sostenible no implica obtener mayor ganancia económica a cualquier costo, sino producir de modo que se asegure el bienestar integral de productores, consumidores y del ambiente (Albarracín-Zaidiza *et al.*, 2019).

El estado Hidalgo concentra el 13% de la población ovina de México, ocupando el segundo lugar a nivel nacional y para el 2019 el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera reportó 1 131 718 cabezas de ovinos. El sistema de producción dominante en la región es de tipo extensivo y dependiente del uso de vegetación de naturaleza biológica diversa. Otras consideraciones de los sistemas productivos en la zona son los cambios que ha tenido a causa de la modernización e intensificación de la agricultura y al establecimiento de nuevas relaciones económicas y comerciales con las zonas urbanas, lo que ha provocado despoblación, reducción o abandono continuo de la ganadería en las zonas rurales. La producción de pequeños rumiantes tiene un papel socioeconómico y ecológico importante en todo el mundo; por ello, la sostenibilidad de los sistemas de producción plantea nuevos desafíos a la economía, la salud, el bienestar animal y los impactos ecológicos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la sostenibilidad de las UPP de ovinos del municipio Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

Ixmiquilpan es un municipio del estado Hidalgo y de acuerdo con el mapa general de la Estados Unidos Mexicanos, se localiza entre las coordenadas 20°29' 00" latitud norte y 99°13' 00" longitud oeste. Tiene una extensión territorial 565.3 km² y una altitud de 1700 m.

Obtención de datos

Se consideró el universo de las UPP registradas en el Padrón Ganadero Nacional para el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo, en este padrón se reportaron 100 UPP con finalidad zootécnica de carne en condiciones de estabuladas/traspatio y agostadero. Se consideró un nivel de confianza de 95% y el valor de la distribución normal de 1.96 con estas variables descritas, la fórmula que se utilizó para calcular el tamaño de la muestra (Ochoa *et al.*, 2020) fue la siguiente:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la población o universo

Z= Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza

d = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Al sustituir los valores de las variables involucradas, el tamaño de muestra que se obtuvo fue n=80

Enfoque metodológico

El enfoque teórico utilizado fue con la finalidad de analizar los procesos agropecuarios y entender la problemática de forma integral y holística. Por lo tanto, se consideró a las UPP como las unidades fundamentales de estudio y fueron analizadas e investigadas como un todo.

Determinación de componentes y construcción de los indicadores

Los datos e información para determinar los componentes y la construcción de los indicadores se obtuvieron mediante una encuesta aplicada a la población muestra (80 unidades de producción pecuaria), donde también se realizaron observaciones de campo. Para la dimensión social, económica y ecológica los indicadores se construyeron y se describieron, modificando la metodología de Losada *et al.* (2009). Posteriormente, los indicadores se agruparon en componentes que tienen las siguientes características: sencillos de obtener, de interpretar y que permitan detectar la tendencia en los sistemas productivos (Pinedo-Taco *et al.*, 2018).

Estandarización y ponderación de los indicadores

Los indicadores se estandarizaron mediante su transformación a una escala de 0 a 12.5, donde el valor de 12.5 representa el de mayor sostenibilidad y 0 la categoría menos sostenible. Independientemente de las unidades originales cada indicador

fue convertido y expresado en algún valor de la escala, para facilitar la integración de los indicadores de distinta naturaleza.

La ponderación se realizó multiplicando el valor de la escala por un coeficiente, este factor dependió de la importancia relativa de cada indicador respecto a la sostenibilidad. Por ejemplo, en este estudio, para la dimensión social el componente que se consideró más importante fue la satisfacción de las necesidades básicas, específicamente *vivienda y servicios*; por lo tanto, se realizó una ponderación a este indicador dándole el doble del valor que al resto al multiplicarlo por un coeficiente de 2.

Descripción de indicadores para la dimensión económica

Para la dimensión económica se consideraron dos componentes: *viabilidad económica* y *eficiencia de proceso productivo*; con los siguientes indicadores:

a) Viabilidad económica

Autosuficiencia: (0) 1 producto; (4) 2 a 3 productos; (8) 3 a 4 productos; (12.5) más de 4 productos.

Canales de comercialización: (0) 1 canal; (4) 2 canales; (8) 3 canales; (12.5) 4 o más canales.

b) Eficiencia de proceso productivo

Flujo: (0) solo autoconsumo; (4) 1 anual bajo; (8) 1 anual adecuado; (12.5) 2 anuales.

Flujo económico/rebaño: (0) no tiene idea; (4) menor al valor del mercado; (8)

similar al valor del mercado; (12.5) mayor al valor del mercado.

Económico/estacional: (0) no hay; (4) menor al 50%; (8) mayor al 50%; (12.5) el 100%.

Flujo económico/anual: (0) no hay; (4) menor al 50%; (8) mayor al 50%; (12.5) el 100%.

Descripción de indicadores para la dimensión social

Para la dimensión social se consideraron tres componentes: satisfacción de las necesidades básicas, integración social y autonomía; que recogen los siguientes indicadores:

a) Satisfacción de las necesidades básicas

Escolaridad: (0) sin estudios; (4) estudios de nivel básico; (8) estudios de nivel medio básico y medio superior; (12.5) estudios de nivel superior o más.

Vivienda y servicios: (0) vivienda mala, sin terminar, deteriorada, piso de tierra y ningún servicio; (4) vivienda regular, sin terminar o deteriorada e instalación de agua y luz; (8) vivienda terminada, buena e instalación de agua, luz y drenaje; (12.5) vivienda terminada, muy buena e instalación completa de agua, luz y teléfono.

Aprendizaje de la producción: (0) en proceso de aprendizaje; (4) lo aprendió en la escuela; (8) lo aprendió de algún familiar; (12.5) lo aprendió de sus padres.

b) Integración social

Trabajo colectivo: (0) nulo; (4) bajo; (8) medio; (12.5) alto.

Tiempo de vivir en el lugar: (0) 5 años; (4)

de 6 a 19 años; (8) más de 20 años; (12.5) toda la vida.

c) Autonomía

Generación de empleo: (0) ningún empleo; (4) autoempleo; (8) un empleado; (12.5) más de 2 empleados.

Antigüedad de dedicarse a la producción: (0) 1 año; (4) de 2 a 10 años; (8) de 11 a 20 años; (12.5) más de 20 años.

Descripción de indicadores para la dimensión ecológica

Para la dimensión ecológica se consideraron cuatro componentes: diversidad, transmisibilidad, organización del espacio y salud del hato; con los siguientes indicadores:

a) Diversidad

Diversidad de especies pecuarias: (0) una sola raza; (4) dos razas; (8) dos razas o más con muy bajo nivel de asociación entre las especies; (12.5) razas criollas con asociación entre las especies.

b) Transmisibilidad

Capacidad de persistencia y sucesión: (0) unipersonal; (4) una generación con varios miembros integrados al sistema de producción; (8) dos generaciones integradas al sistema de producción; (12.5) tres generaciones integradas al sistema de producción.

Aprovechamiento de recursos locales: (0) uso de insumos externos; (4) alimentación a base de forrajes y nivel medio del uso de insumos externos; (8) alimentación a base de forrajes y nivel bajo del uso de insumos externos; (12.5) alimentación con forrajes nativos para la alimentación y uso nulo de insumos externos.

c) *Organización del espacio*

Espacio per cápita: (0) menor a 2 m²/oveja; (4) menores a 4 m² y mayores a 2 m²/oveja; (8) 4 m²/oveja; (12.5) mayores a 4 m²/oveja.

Manejo de materia orgánica: (0) se abona con fertilizantes inorgánicos y se regala las excretas de los animales; (4) en un 50% se venden las excretas y 50% se abona con excretas provenientes de los animales; (8) en un 100% se abona con excretas; (12.5) en un 100% se abona con composta.

d) *Salud del hato*

Comportamiento del rebaño: (0) distribución compacta sin aprovechamiento de la superficie; (4) distribución dispersa sin aprovechamiento de la superficie; (8) distribución dispersa y aprovechamiento de la superficie; (12.5) distribución dispersa, desplazamiento espontáneo, mayor ocupación y aprovechamiento de la superficie.

Aspecto del rebaño: (0) condición corporal 1; (4) condición corporal 2; (8) condición corporal 4 y 5; (12.5) condición corporal 3.

Sanidad y alimentación: (0) sanidad controlada, sin medidas preventivas y registros, y la ración es comprada; (4) sanidad controlada, con medidas preventivas y sin registros, y 50% de la ración es comprada; (8) sanidad controlada, con medidas preventivas y registros, y 20% de la ración es comprada; (12.5) sanidad controlada, con medidas preventivas y registros, y 100% de la ración proviene del sistema productivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de existir estudios que evalúan la sostenibilidad en el ámbito de la UPP (Pinedo-Taco *et al.*, 2021) no hay consenso que preestablezca un conjunto de indicadores para uso universal; por lo que, el empleo de indicadores en un análisis multicriterio permite cuantificar los distintos aspectos que conforman un sistema de producción agropecuario. Las tres dimensiones señaladas en este estudio son fundamentales para el desarrollo sostenible en las zonas rurales y en particular de los sistemas de producción animal para la prosperidad de las economías rurales, la obtención de beneficios ecológicos y aporte desde una perspectiva socio-cultural. La metodología aplicada (Losada *et al.*, 2009) en este estudio fue con enfoque holístico y se tradujo en una serie de indicadores que permitieron evaluar el grado de sostenibilidad en las dimensiones social (62), ecológica (70) y económica (47).

En este estudio, en la dimensión social, las UPP en el componente de *autonomía* para el indicador *generación de empleo* se obtuvo un valor bajo (tabla 1), debido a que los sistemas productivos emplean mano de obra familiar. Lo anterior es compensado al ser una actividad que se realiza de forma tradicional y además el tiempo de dedicación (mayor experiencia) a la ovinocultura agrega puntos al indicador de *antigüedad de dedicarse a la producción*, lo cual es similar a lo reportado por Cruz *et al.* (2013). Sin embargo, esta dimensión es debilitada por el componente de *integración social* debido al poco interés de pertenencia y permanencia a organizaciones marcado con un valor bajo en el indicador de *trabajo colectivo*.

Tabla 1. Valor de sostenibilidad en la dimensión social en las UPP ovina del municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México.

Componente	Indicadores	Valor	
		UPP*	Máximo
Satisfacción de las necesidades básicas	Escolaridad	8.2	12.5
	Vivienda y servicios ^a	16.1	25
	Aprendizaje de la producción	10.6	12.5
Integración social	Trabajo colectivo	2.8	12.5
	Tiempo de vivir en el lugar	9.9	12.5
Autonomía	Generación de empleo	4	12.5
	Antigüedad de dedicarse a la producción	10	12.5
Total		62	100

Nota: Valor de sostenibilidad para los indicadores: 0, 4, 8 y 12.5; ^a: Ponderación del indicador con un coeficiente 2; *: Valor promedio obtenido en las UPP.

Fuente: Elaboración propia.

Las UPP analizadas cumplieron apropiadamente con los componentes de la dimensión ecológica (tabla 2). Las condiciones consideradas para que estos sistemas sean ecológicamente sostenibles son: el tratamiento de la materia orgánica (reciclaje al elaborar composta) como es el principal factor que controla las propiedades del suelo y sus principales ciclos biogeoquímicos y la conservación y uso adecuado del capital natural. Así mismo, Caroprese *et al.* (2015) reportaron que la sostenibilidad ecológica cuando se aplica a los animales de granja se asocia al manejo de los desechos de la cría de animales (excretas y orina) y al impacto negativo por la contaminación del aire, el suelo y el agua.

El *manejo de materia orgánica* (11.3) confirma la existencia de una racionalidad ecológica, saberes y prácticas implícitas en las diferentes formas de apropiación y manejo de los bienes y servicios que proporciona la naturaleza por parte de los productores

agropecuarios de la zona en estudio; lo cual minimiza el agotamiento de los recursos naturales locales. Lo anterior, se respalda debido a que, en términos de manejo y aplicación de estiércol, cuando las excretas se depositan directamente en los pastos y campos, no se agrega una cantidad significativa de emisiones de metano. Además, cuando los animales se alimentan exclusivamente de pastos o sin un uso significativo de fertilizantes químicos, los ciclos de nutrientes se cierran y se mantienen el equilibrio. El estiércol es la fuente más importante de nutrientes y beneficia la fertilidad del suelo, la capacidad de retención de agua y el contenido de materia orgánica. Las soluciones para mejorar la eficiencia del empleo de nitrógeno y fósforo en la producción animal se basan en un conjunto coherente de actividades en toda la cadena producción de piensos-producción animal-gestión del estiércol (Liu *et al.*, 2017). La fertilización a base de estiércol (dosis adecuadas) logra altos rendimientos

de los cultivos, mejora la calidad del suelo, promueve la sostenibilidad y la eficiencia de los ecosistemas agrícolas a largo plazo (Altieri *et al.*, 2017). De lo contrario existirá no solo una reducción del rendimiento, sino también de la acumulación de fósforo y po-

tasio en el suelo (Geng *et al.*, 2019), por ello en los sistemas donde puede ocurrir una sobresaturación de nutrientes, es esencial una estrategia de manejo adecuado para recuperar los nutrientes del estiércol antes de la aplicación (Rayne y Aula, 2020).

Tabla 2. Valor de sostenibilidad en la dimensión ecológica en las UPP ovina del municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México.

Componente	Indicadores	Valor	
		UPP*	Máximo
Diversidad	Razas y origen de los animales	9.1	12.5
Transmisibilidad	Capacidad de persistencia y sucesión	7.9	12.5
	Aprovechamiento de recursos locales	9.5	12.5
Organización del espacio	Espacio per cápita	8.2	12.5
	Manejo de materia orgánica	11.3	12.5
Salud del hato	Comportamiento del rebaño	7.2	12.5
	Aspecto del rebaño	7.2	12.5
	Alimentación y sanidad	9.5	12.5
Total		70	100

Nota: Valor de sostenibilidad para los indicadores: 0, 4, 8 y 12.5; *: Valor promedio obtenido en las UPP.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al valor obtenido en el indicador de *aprovechamiento de recursos locales* (9.5) es benéfico como lo señalaron Muller *et al.* (2017); ya que en los sistemas de bajos insumos basados en el pastoreo y la utilización de los recursos naturales locales como es el caso de las UPP de este estudio los hace menos vulnerables a la volatilidad y al aumento de los precios de los alimentos y combustibles. Lo anterior puede proporcionar la posibilidad de aumentar los márgenes económicos si los costos se mantienen estables y los precios de la carne aumentan.

El uso sostenible de los recursos forrajeros permite que los sistemas ganaderos sean rentables a largo plazo, que se gestionen adecuadamente los recursos naturales y se

mantenga una buena calidad de vida para los agricultores, ganaderos y sus comunidades (Teague, 2018). Sin embargo, generalmente no se optimiza el empleo eficiente del forraje para extender la temporada de pastoreo o mejorar la sostenibilidad de los sistemas pecuarios basados en pastoreo. Por lo tanto, en la zona de estudio, las prácticas agropecuarias se deberán vigilar para que el ecosistema no sea transgredido con deforestación, pastoreo excesivo y degradación de los pastizales. La presión antropogénica es un aspecto relevante para considerar debido a la ubicación geográfica de las UPP estudiadas, ya que el cambio de uso de suelo y el desplazamiento de las formas de vida de una comunidad dan lugar a una pobreza

generalizada y una ruptura social (Stoll-Kleemann y O’Riordan, 2015).

El desarrollo agropecuario es sostenible cuando beneficia a los individuos, ya que sus medios de vida dependen de la adquisición de los recursos y bienes que este sector les suministre. Además, de su participación en los mercados y su integración en la cadena de valor. Considerando lo anterior, en este

estudio las UPP en la dimensión económica en el componente *viabilidad económica* en el indicador *canales de comercialización* cumple parcialmente con esta condición, ya que presentó un valor bajo (*tabla 3*). En términos generales, los indicadores de la dimensión económica presentaron valores menores.

Tabla 3. Valor de sostenibilidad en la dimensión económica en las UPP ovina del municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo, México.

Componente	Indicadores	Valor	
		UPP*	Máximo
Viabilidad Económica	Autosuficiencia ^a	10.8	15
	Canales de comercialización ^a	10.2	15
Eficiencia de proceso productivo	Flujo ^a	4.8	15
	Flujo económico/rebaño ^a	10.3	15
	Flujo económico/estacional ^a	3.8	15
	Flujo económico/anual ^b	7.1	25
Total		47	100

Nota: Valor de sostenibilidad para los indicadores: 0, 4, 8 y 12.5; ^a: Ponderación del indicador con un coeficiente 1.2; ^b: Ponderación del indicador con un coeficiente 2; *: Valor promedio obtenido en las UPP.

Fuente: Elaboración propia.

Con el grado de sostenibilidad de las tres dimensiones se infiere que estas UPP se mantienen económicamente y las actividades relacionadas con el proceso productivo, de manera consciente o no, minimizan el deterioro ecológico. Los resultados de este estudio se relacionan con lo reportado por Leyva *et al.* (2021) quienes mencionan que la sostenibilidad agrícola depende de relaciones complejas entre los aspectos ecológicos, económicos y sociales, especialmente con los pequeños agricultores de las comunidades indígenas en dos municipios del estado Hidalgo en México; entre ellos Ixmiquilpan.

CONCLUSIONES

Las UPP son sostenibles ecológicamente, debido a que los sistemas del estudio están enmarcados en los límites de las reglas ecológicas, lo cual se pudo determinar mediante el uso de indicadores, como los propuestos en este trabajo. Con relación a la dimensión económica los componentes débiles podrán fortalecerse o modificarse para optimizarse en términos de la sostenibilidad. Las UPP que predominan en el municipio de Ixmiquilpan, estado Hidalgo son sostenibles ya que contribuyen en la economía regional, influyen en lo social y se presentan cohabitando de una forma mesurada con su

entorno natural. Por ello son relevantes los estudios de sostenibilidad para promover la viabilidad de los sistemas de producción a largo plazo necesaria desde un punto de vis-

ta amplio; porque, aunque son deficientes en términos económicos, tienen una contribución importante a las zonas rurales y a la sociedad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E. y López-Vargas, L. H. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55. <https://bit.ly/3Hgg2Ac>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Montalba, R. (2017). Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. *Sustainability*, 9(3), 349. <https://doi.org/10.3390/su9030349>
- Caroprese, M., Albenzio, M. y Sevi, A. (2015). Sustainability of Sheep and Goat Production Systems. En A. Vastola (Ed.), *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin* (pp. 65-75). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16357-4_6
- Cruz, J., Villegas, Y., Jerez, M. P., Pérez, M. I. y Castañeda, E. (2013). Evaluación ecológica de tres agroecosistemas de producción ovina en los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1251-1261. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1288>
- Geng, Y., Cao, G., Wang, L., Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PloS One*, 14(7), e0219512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512>
- Guo, L., Qu, Y., Wu, Ch. y Gui, S. (2018). Evaluating green growth practices: empirical evidence from China. *Sustainable Development*, 26(3), 302-319. <https://doi.org/10.1002/sd.1716>
- Leyva, D., Torre, M. y Coronado, Y. (2021). Sustainability of the agricultural systems of indigenous people in Hidalgo, Mexico. *Sustainability*, 13(14), 8075. <https://bit.ly/3Oatw2J>
- Liu, Q., Wang, J., Bai, Z., Ma, L. y Oenema, O (2017) Global animal production and nitrogen and phosphorus flows. *Soil Research*, 55(6), 451-462. <https://doi.org/10.1071/SR17031>
- Losada, H., Cortés, J., Rivera, J., Vieyra, J., Castillo, A. y González, R. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de engorda de ganado de carne de pequeña escala que contribuyen al abasto de la Ciudad de México. *Livestock Research for Rural Development*, 21(12), 209. <http://www.lrrd.org/lrrd21/12/losa21209.htm>
- Muller, A., Schader, C., Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Heinz, K., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M. y Niggli, U. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications*, 8(1), 1290. <https://go.nature.com/3xlhFbe>

- Ochoa, C., Molina, M. y Ortega, E. (2020). Inferencia estadística: estimación del tamaño muestral. *Evidencias en Pediatría*, 16(2), 1-6. <https://bit.ly/3trw2tk>
- Pinedo-Taco, R., Borjas-Ventura, R. R, Alvarado-Huamán, L., Castro-Cepero, V. P. y Julca-Otiniano, A. M. (2021). Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: una revisión sistemática de las metodologías empleadas. Para su evaluación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1), 1-16. <https://bit.ly/3NFqkvQ>
- Pinedo-Taco, R., Gómez-Pando, L. y Julca-Otiniano, A. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 399-409. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1734>
- Rayne, N. y Aula, L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: a review. *Soil Systems*, 4(4), 64. <https://doi.org/10.3390/soilsystems4040064>
- Sánchez-Rodríguez, G. y Anzola-Morales, O. (2021). Desarrollo y sostenibilidad: una discusión vigente en el sector turístico. *Letras Verdes. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (29), 29-47. <https://bit.ly/3O3HSl7>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). Ovino. Población ganadera 2011-2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://bit.ly/3twYBFJ>
- Stoll-Kleemann, S. y O’Riordan, T. (2015). The Sustainability challenges of our meat and dairy diets. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 57(3), 34-48. <https://doi.org/10.1080/00139157.2015.1025644>
- Teague, W. R. (2018). Forages and pastures symposium: cover crops in livestock production: whole-system approach: Managing grazing to restore soil health and farm livelihoods. *Journal of animal science*, 96(4), 1519-1530. <https://doi.org/10.1093/jas/skx060>
- Tonolli, A. J. y Ferrer, C. S. (2018). Comparación de marcos de evaluación de agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(3), 487-504. <https://bit.ly/3H73kDK>
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los productores y a los representantes locales del Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo, México por la aportación de la información y la disponibilidad en el acompañamiento del trabajo en campo.