

# ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN EL ALTIPLANO DE MICHOACÁN

## ANALYSIS OF SUSTAINABILITY IN SHEEP PRODUCTION SYSTEMS IN THE HIGHLANDS OF MICHOACAN

María Guadalupe Josefina Nuncio-Ochoa<sup>1</sup>, Benjamín Gómez Ramos<sup>1</sup>, Ernesto Encarnación Bobadilla Soto<sup>2</sup>, José Nahed Toral<sup>3</sup>, Carlos Manuel Arriaga Jordán<sup>4</sup> y Rafael María Román Bravo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, km. 6,5 Carretera Morelia-Salamanca, Col. Los Ángeles, Morelia, Michoacán, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

<sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>5</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán

Email: [rafael.roman@umich.mx](mailto:rafael.roman@umich.mx)

### Información del artículo

*Tipo de artículo:*  
Artículo original

*Recibido:*  
29/09/2023

*Aceptado:*  
08/02/2024

*Licencia:*  
CC BY-NC-SA 4.0

*Revista*  
**ESPAMCIENCIA**  
15(1):1-11

*DOI:*  
[https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v15i1.420](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.420)

### Resumen

La sostenibilidad de los sistemas de producción ovina puede estar en riesgo y debe ser evaluada con el fin de identificar acciones para mejorar su desempeño. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sostenibilidad de las unidades de producción ovina en la zona del Altiplano del estado de Michoacán, México. Se utilizó el método de Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias, a través de las escalas: agroecológica, socio-territorial y económica. Se evaluaron 40 indicadores, mediante una encuesta semiestructurada en 108 unidades de producción. Los indicadores de cada unidad de producción ovina se concentraron en una base de datos y se obtuvieron los puntajes de acuerdo a la guía del método. Con el propósito de agrupar las unidades de producción ovinas con características similares, se realizó un análisis multivariado de conglomerados utilizando el método jerárquico. Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en las tres escalas evaluadas con: 42,3; 47,7 y 50,0% unidades de sostenibilidad respectivamente. La principal limitante de la sostenibilidad fue la escala agroecológica, en el componente de organización del espacio. Se obtuvieron cuatro conglomerados de las unidades de producción ovinas con diferentes características. Las unidades de producción ovina de la zona no han alcanzado un estado de sostenibilidad aceptable. La limitada superficie de terreno pone en riesgo su permanencia. Estas unidades de producción logran generar recursos económicos y apoyan el autoabastecimiento familiar, lo que les ha permitido permanecer a través del tiempo, debido a la diversidad de las especies agropecuarias que manejan.

*Palabras clave:* Análisis multi – escala, dimensiones agroecológicas, socio - territorial y económica.

### Abstract

The sustainability of sheep production systems may be at risk and must be evaluated in order to identify actions to improve their performance. Therefore, the objective of this research was to evaluate the sustainability of sheep production units in the highlands area of the state of Michoacán, Mexico. The method of sustainability indicators of agricultural holdings was used, through the scales: agroecological, socio-territorial and economic. 40 indicators were evaluated through a semi-structured survey in 108 production units. The indicators of each sheep production unit were concentrated in a database and scores were obtained according to the method guide. In order to group sheep production units with similar characteristics, a multivariate cluster analysis was carried out using the hierarchical method. Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) were found in the three scales evaluated with: 42.3; 47.7 and 50.0% sustainability units respectively. The main limitation of sustainability was the agroecological scale, in the space organization component. Four clusters of sheep production units with different characteristics were obtained. The sheep production units in the area have not reached a state of acceptable sustainability. The limited land area puts its permanence at risk. These production units manage to generate economic resources and support family self-sufficiency, which has allowed them to remain over time, due to the diversity of the agricultural species they manage.

*Keywords:* Multi - scale análisis, agroecological social, territorial and economic dimensions.

## INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo sostenible abarca de manera integral aspectos ambientales, sociales y económicos de las actividades humanas, con el objetivo de asegurar su perdurabilidad a mediano y largo plazo (Van Passel *et al.*, 2007). Esto implica que las actividades deben ser económicamente viables, ecológicamente racionales y socialmente responsables, formando así el marco conceptual conocido como la Triple Bottom Line (TBL), al cual las empresas y microempresas deben adherirse para lograr la sostenibilidad (Berkovics, 2010). Siguiendo esta línea de pensamiento, Vilain *et al.* (2008) han enfatizado que, particularmente en el contexto de la producción agropecuaria, es esencial que las actividades sean económicamente viables, ecológicamente sostenibles y socialmente equitativas para alcanzar la sostenibilidad.

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios se convierte en una herramienta clave para identificar áreas de mejora en estos tres pilares fundamentales. En este contexto, Zahm *et al.* (2008) desarrollaron el método de los Indicadores de sostenibilidad de las Explotaciones Agrícolas (IDEA), el cual ha demostrado su efectividad en diversos sistemas agrícolas y pecuarios en diferentes países, como lo evidencian estudios previos (Ghozlane *et al.*, 2006, 2008; Toma *et al.*, 2008; M'Hamdi *et al.*, 2009; Marie *et al.*, 2009), tanto en el ámbito internacional como en México, donde ha sido aplicado exitosamente, como lo reflejan los trabajos de Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y Salas-Reyes *et al.* (2015).

Es relevante destacar que, en México, la evaluación de los sistemas agropecuarios ha sido abordada mediante otros métodos, como la Metodología para Evaluar la Sustentabilidad de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS), como lo han mencionado Astier *et al.* (2011). Los resultados obtenidos a través de estas evaluaciones han sido alentadores y han servido como punto de partida para el desarrollo de modelos alternativos, particularmente en el contexto de la producción ovina, como se evidencia en el trabajo de Alemán *et al.* (2007). De esta manera, se abre la posibilidad de contribuir a la promoción de una producción más sostenible, a través de la educación, la extensión y políticas de investigación pertinentes, con la aspiración de que estos enfoques puedan extenderse a sistemas similares en América Latina, como lo han señalado Fadul-Pacheco *et al.* (2013).

La producción agrícola sostenible es actualmente una prioridad a nivel mundial, y México no es la excepción en este enfoque. En el país, se promueven leyes y regulaciones que fomentan la adopción del desarrollo sostenible a través de la gestión racional de los recursos naturales. Esto incluye el impulso de tecnologías agroecológicas para mejorar la eficiencia energética y la

reducción del impacto ambiental, incluyendo la mitigación de la contaminación, como el efecto invernadero.

En el contexto mexicano existen diversas unidades de producción agropecuarias con ovinos (UPO), abarcando desde la agricultura campesina de pequeña escala (Arriaga-Jordán *et al.*, 2005) hasta operaciones de gran envergadura en confinamiento total, con enfoque empresarial (Cuéllar *et al.*, 2011). A pesar de que el país cuenta con un rebaño ovino de 8.4 millones de cabezas (según datos del SIAP en 2015), la producción aún no logra satisfacer la demanda nacional, lo que resulta en la importación de aproximadamente el 45% de la demanda anual de carne ovina (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2014).

Este panorama de la producción ovina en México se caracteriza por diversos desafíos, como bajos rendimientos, la degradación de las áreas de pastoreo, la falta de organización entre los productores, la ausencia de estándares de precios, la falta de clasificación de la carne en canal y cortes, la carencia de apoyo por parte de organismos gubernamentales y una asistencia técnica insuficiente (Acevedo *et al.*, 2011). Estos problemas son elementos clave que deben abordarse para mejorar la sostenibilidad y la competitividad de la producción ovina en México.

En el estado de Michoacán, la producción de ovinos desempeña un rol significativo en los sistemas agropecuarios, ya que contribuye de manera sustancial a la economía de las unidades de producción. En este contexto, se ha identificado cuatro regiones destacadas en la cría de ovinos, siendo el Altiplano Michoacano la más prominente, al albergar aproximadamente el 49,5% del rebaño ovino total y liderar en la producción de carne en el estado (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2014).

Dado su peso en la producción ovina del estado, evaluar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios en esta región se convierte en una prioridad. Esta evaluación permite identificar áreas específicas que requieren atención y mejora en las UPO, en busca de elevar la sostenibilidad en sus tres dimensiones fundamentales.

En los últimos años, la población ovina en la zona del Altiplano de Michoacán ha experimentado un notable crecimiento, consolidando al estado como un líder a nivel nacional en este sector. En este contexto, los objetivos de ese estudio fueron: a) llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la sostenibilidad de los sistemas de producción ovina en la región del Altiplano del estado de Michoacán, haciendo uso del método IDEA; b) generar conocimiento en las dimensiones tecnológicas, ecológicas y socioeconómicas, que proporcionen una comprensión más profunda de los factores que influyen en la producción ovina.

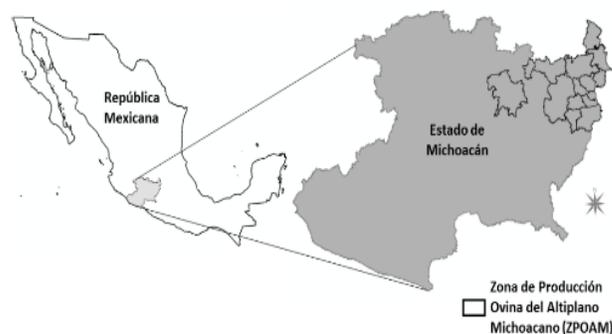
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Michoacán es un estado ubicado en el oeste de México, se extiende a lo largo de 59,864 km<sup>2</sup>, abarcando las coordenadas de 17°55' - 20°24' de latitud Norte y 100°03' - 103°44' de longitud Oeste. En la parte oriental del estado se encuentra la destacada zona de producción ovina del Altiplano Michoacano (ZPOAM), como se muestra en la Figura 1. Esta región experimenta un clima predominante de tipo C, caracterizado por ser templado y semifrío, con múltiples variantes climáticas (García, 2004). El 83,0% de esta zona presenta temperaturas anuales en el rango de 12 a 18 °C, mientras que la precipitación pluvial media anual alcanza los 850 mm, con lluvias concentradas en la temporada de verano, según datos del INEGI en 2010.

La ZPOAM abarca varios municipios, incluyendo Epitacio Huerta, Contepec, Ciudad Hidalgo, Zitácuaro, Maravatío, Ocampo, Senguio, Talpujahuá, Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Jungapeo, Morelia y Tuxpan. En total, esta área ocupa una superficie de 617 825 ha, de las cuales el 53,7% se destina a usos agropecuarios. De este espacio, el 39,8% se dedica a actividades agrícolas y el 13,9% se utiliza como pastizales, de acuerdo con Nuncio *et al.* (2014). La tenencia de la tierra en esta región se divide en un 46,6% de propiedad ejidal y el resto corresponde a pequeñas propiedades, según datos del INEGI en 2010.

Según las investigaciones de Nuncio *et al.* (2014), los sistemas de producción ovina en esta zona se complementan con la producción de cultivos y otras actividades agrícolas llevadas a cabo en las unidades de producción campesinas. Estas unidades poseen un promedio de superficie de 9,6 ha y mantienen un tamaño de rebaño promedio de 69 ovinos. En la mayoría de los casos, la gestión de estas unidades recae principalmente en miembros de la familia, incluyendo mujeres y niños. Además de la producción ovina, estas unidades participan en diversas actividades agropecuarias, como la cría de ganado bovino y especies menores como aves y cerdos, que desempeñan roles importantes en la economía local. La agricultura también desempeña un papel crucial, con más del 91,0% de las unidades de producción involucradas en esta actividad, destinando gran parte de su producción para el autoconsumo. Cabe destacar que el 59,3% de estas unidades comercializan los excedentes de productos agrícolas y ganaderos. En promedio, la producción ovina aporta un ingreso mensual de \$3105 pesos por unidad, lo que confiere a estas unidades de producción un carácter social o de pequeña escala.



**Figura 1.** Área de estudio, la zona de producción ovina del Altiplano Michoacano.

### Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se hizo uso de los datos proporcionados por el Censo Nacional Agrícola, Ganadero y Forestal de México (INEGI, 2010). Se consideraron los registros de inventarios de ovinos por municipio, así como el número de unidades de producción con ovinos. La selección se centró en los municipios que mantuvieron una población de más de 2400 ovinos durante las dos últimas décadas. Para calcular el tamaño de la muestra, se aplicó la metodología de proporción de poblaciones utilizando la siguiente fórmula (Gilbert, 1984):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N - 1) + pqZ^2}$$

Donde: n = tamaño de la muestra; N = tamaño de la población; p = proporción de la población que puede ser seleccionada en la muestra (p = 0,5); q = proporción de la población que no puede ser seleccionada (q = 0,5); Z = Valor de la distribución normal en el nivel de confianza (1,48), E = Error de muestreo en el nivel de confianza (p ≤ 0,07).

En las cuatro zonas ovino-cultoras de Michoacán, conocidas como Altiplano, Bajío, Valle de Apatzingán y Trópico Subhúmedo (Nuncio *et al.*, 2014), existe un total de 1202 unidades de producción dedicadas a la cría de ovinos. Aplicando la fórmula anterior, se obtuvo un tamaño muestral de 107,29 el cual fue redondeado al entero superior, para un tamaño de la muestra de 108 unidades de producción.

La selección se realizó de manera proporcional al número de unidades de producción en cada municipio, utilizando datos del INEGI (2010). Para identificar a los agricultores dispuestos a participar, se empleó un método de muestreo intencional, siguiendo la metodología propuesta por Vogt y Burke (2011).

La información necesaria se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios diseñados para abordar los componentes e indicadores del método IDEA, utilizado para evaluar la sostenibilidad, según lo propuesto por Vilain et al. (2008).

### Evaluación de la sostenibilidad

En esta investigación, se empleó la versión 3 del método IDEA, siguiendo el enfoque utilizado previamente por Fadul-Pacheco et al. (2013) y Salas-Reyes et al. (2015). Este método se basa en una estructura compuesta por 17 objetivos subyacentes a cada indicador, tal como lo describen Vilain et al. (2008). Estos objetivos son los siguientes: coherencia; autonomía; protección y manejo de la biodiversidad; protección del paisaje; protección del suelo; protección y gestión del agua; protección de la

atmósfera; manejo de conservación de los recursos naturales no renovables; bienestar animal; calidad de los productos; ética; desarrollo humano; desarrollo local; calidad de vida; ciudadanía; adaptabilidad y empleo.

Los objetivos detallados sirven como fundamento para operacionalizar el concepto de sostenibilidad a través de tres escalas, descritas en el cuadro 1: la agroecológica, la socio-territorial y la económica. Cada una de estas escalas se divide en tres o cuatro componentes, con un total de diez componentes en total. Dentro de estos componentes, se integran los 42 indicadores que se utilizan para evaluar la sostenibilidad en las tres escalas. En particular, se emplean 18 indicadores para cada una de las escalas agroecológica y socio-territorial, y seis indicadores para la escala económica (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Resumen de las escalas, componentes e indicadores del método de Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agrícolas

Escala	Componente	Indicadores
Agro-ecológica	Diversidad doméstica	4 Diversidad de cultivos anuales y temporales, diversidad de cultivos perennes, diversidad de especies de animales domésticos y valorización del patrimonio genético.
	Organización del espacio	7 Rotación de cultivos, tamaño de las parcelas, manejo de materia orgánica, zonas de protección ecológica, contribución a los objetivos ambientales del territorio, valorización del espacio y manejo de la superficie forrajera
	Prácticas agrícolas	7 Fertilización, manejo del estiércol, pesticidas, productos veterinarios, protección del suelo, manejo del agua y dependencia energética
Socio-Territorial	Calidad de productos del territorio	5 Proceso de calidad, valorización del patrimonio construido y del paisaje, manejo de desechos no orgánicos, acceso a la propiedad y la participación social
	Empleo y servicios	6 Cadenas de valor comercial cortas, autonomía y aprovechamiento de los recursos locales, servicios y multifuncionalidad, contribución al empleo, trabajo colectivo, estrategia de relevo generacional.
	Desarrollo ético y humano	7 Dependencia de importaciones, bienestar animal, formación, intensidad de trabajo, calidad de vida, aislamiento, hospitalidad, higiene y seguridad
Económico	Viabilidad	2 Viabilidad económica y tasa de especialización económica
	Independencia	2 Autonomía financiera, la sensibilidad a los subsidios del gobierno
	Transmisibilidad	1 Transmisión de capital
	Eficiencia	1 Eficiencia en los procesos productivos

El método utilizado otorga un peso equitativo a los indicadores, siguiendo una aproximación similar a la empleada por Van Passel et al. (2007) y Van Cauwenbergh et al. (2007). Cada indicador posee una puntuación máxima y, en consecuencia, cada una de las tres escalas puede alcanzar un máximo de 100 puntos. La evaluación de la sostenibilidad se basa en la puntuación de

la escala que obtenga el valor más bajo entre las tres escalas evaluadas, como se establece en la metodología de Vilain et al. (2008). Este enfoque sigue la regla del factor limitante, similar a la dinámica de un ecosistema, como se ilustra en el trabajo de M'Hamdi et al. (2009).

El método IDEA dispone de una ficha técnica para cada indicador, que proporciona la información requerida para la evaluación. Cada indicador tiene asignado un rango de puntuación máxima y mínima, lo que permite traducir toda la información en unidades de sostenibilidad (US) que determinan la puntuación asignada a cada indicador. Del mismo modo, cada componente dentro de las escalas tiene un valor máximo, que varía de 25 a 34 puntos.

Para adaptar el método IDEA a las condiciones específicas de las UPO objeto de estudio, se realizaron ciertas modificaciones. Los indicadores económicos se expresaron en pesos mexicanos, incluyendo la viabilidad económica y la transmisión de capital. Estos valores se calcularon tomando en cuenta el salario mínimo vigente en la zona de estudio en 2011, que fue de \$59,82 pesos mexicanos (CONASAMI, 2011), y un tipo de cambio de \$12,41 pesos mexicanos por dólar estadounidense (BANXICO, 2011). La viabilidad económica se estimó sumando todos los ingresos de la UPO por ventas y subsidios recibidos, y restando la suma de los pagos anuales por créditos, amortización de maquinaria, equipos e instalaciones. El resultado se dividió entre la mano de obra no asalariada (familiar o socios) que trabajaba en la UPO, ya que se considera que dedican tiempo completo a estas labores. El resultado económico promedio para cada activo de la UPO representa el indicador de viabilidad económica.

El indicador de especialización económica mide el porcentaje del volumen de ventas de las actividades de la UPO. Cuanto más especializada sea la UPO y menos clientes tenga, menor será la puntuación obtenida en este indicador.

Se evaluó un total de 40 de los 42 indicadores propuestos en el método IDEA, excluyendo únicamente: 1) Contribución a los desafíos ambientales del territorio y 2) Manejo de desechos no orgánicos, debido a que las normativas agroambientales no se aplicaban en la zona de estudio.

Es importante destacar que en la zona donde se llevó a cabo esta investigación, las UPO no disponían de registros formales sobre la información económica, de producción y reproductiva de los ovinos. Por lo tanto, la información se obtuvo de manera empírica, a través de entrevistas, observaciones y cálculos económicos realizados en colaboración con los productores y los miembros de sus familias.

### **Análisis estadístico**

Los 40 indicadores correspondientes a cada UPO se consolidaron en una base de datos, y se calculó los puntajes siguiendo la guía de utilización del método IDEA (Vilain *et al.*, 2008) para todos los indicadores,

componentes y escalas, empleando técnicas de estadística descriptiva.

Con el propósito de agrupar las UPO que compartieran características similares, se llevó a cabo un análisis multivariado de conglomerados utilizando el método jerárquico de Ward. Este método se destaca por ser uno de los más ampliamente utilizados en la práctica y ofrece numerosas ventajas, ya que conserva la mayoría de las cualidades del método de la media y suele ser altamente discriminativo en la identificación de niveles de agrupación. Además, maximiza la homogeneidad entre los grupos mediante el cálculo de distancias euclidianas (Hair *et al.*, 2010). Para realizar este análisis, se utilizó el paquete estadístico JMP, versión 10.0 (2012).

Con el fin de identificar posibles diferencias en las medias, se aplicó la prueba de la "t de Student" con un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ . Esta prueba permitió evaluar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de UPO en estudio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Evaluación de las tres escalas de la sostenibilidad**

Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las tres escalas de sostenibilidad evaluadas (Cuadro 2), y se observó que los valores promedio de las UPO se situaron por debajo del 50% del valor máximo posible en US. La escala agroecológica se destacó como la principal limitante en las 108 UPO evaluadas. De acuerdo con Zahm *et al.* (2008), el valor de sostenibilidad de una UPO se determina tomando, el valor más bajo de las tres escalas evaluadas.

Los resultados de este estudio contrastan con los hallazgos previos de Fadul-Pacheco *et al.* (2013), quienes obtuvieron valores más altos en la escala agroecológica para las Unidades de Producción Lecheras en las tierras altas de México, con un puntaje de 59,0% US. En su caso, la escala económica fue la que presentó la menor sostenibilidad, con 43,0% US.

Por otro lado, Salas-Reyes *et al.* (2015) lograron valores cercanos al óptimo en la escala agroecológica (87,0% US) en unidades de producción lecheras en el área subtropical del centro de México, lo que representa una diferencia significativa en comparación con los resultados de este estudio. Además, obtuvieron puntajes de 73,0% US y 60,0% US en las escalas socio-territorial y económica, respectivamente.

En estudios realizados en Argelia por Ghozlane *et al.* (2006) con unidades de producción de bovinos de leche y en estepas de Argelia por Ghozlane *et al.* (2008) con unidades de producción ovinas, se observaron resultados que indicaban una mayor sostenibilidad en la escala

agroecológica en comparación con los hallazgos de este estudio. Sin embargo, las escalas socio-territorial mostraron valores similares a los reportados aquí.

Marie (2011) reportó resultados en Líbano con sistemas de producción de pequeños rumiantes, donde se obtuvieron puntajes promedio de 41,0% US en la escala agroecológica, 55,0% US en la escala socio-territorial y 55,0% US en la escala económica. Estos valores se encuentran en rangos cercanos a los obtenidos en este estudio.

Mientras tanto, M'Hamdi *et al.* (2009) evaluaron las tres escalas de sostenibilidad en unidades de producción lechera en Túnez, obteniendo valores más altos en todas las escalas en comparación con los resultados de este estudio.

A la luz de los valores encontrados en las tres escalas de sostenibilidad, se puede inferir que las 108 UPO estudiadas representan sistemas de producción frágiles. Esto se debe a que ninguno de los puntajes en las tres escalas de sostenibilidad superó el puntaje medio (50,0% US). Si estas condiciones persisten, es poco probable que estos sistemas puedan perdurar a lo largo de las generaciones futuras.

**Cuadro 2.** Medias, mínimo, máximo puntaje logrado por las 108 unidades de producción ovinas.

Escala	Puntaje		
	Media	Min	Max
Agroecológica	42,3 <sup>a</sup>	23,0	86,2
Socio territorial	47,7 <sup>b</sup>	26,8	85,0
Económica	50,0 <sup>c</sup>	0	100,0

Medias con literales diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ )

### Evaluación de la sostenibilidad de los componentes por escala

Los valores de los diez componentes de sostenibilidad (Figura 2) brindaron la oportunidad de evaluar las fortalezas y debilidades presentes en las 108 UPO. El promedio de puntajes de estos componentes se expresó como un porcentaje de los valores máximos posibles. La interpretación se realizó siguiendo la secuencia de las manecillas del reloj, donde los tres primeros componentes corresponden a la escala agroecológica, los tres siguientes a la escala socio-territorial, y los cuatro últimos a la escala económica.

#### Escala agroecológica

Con relación al componente de Diversidad en la escala agroecológica, se observó un valor intermedio entre los tres componentes de esta escala. Esto se debe a que los indicadores de diversidad de cultivos anuales, temporales y perennes mostraron una escasa variedad. Sin embargo,

este componente se benefició de la alta diversidad de especies animales criadas en las UPO.

Por otro lado, el componente de Organización del Espacio presentó el valor más bajo en esta escala, lo que limitó significativamente la sostenibilidad. Esto se debe a la falta de rotación o intercalado de cultivos, lo que ha llevado a la práctica del monocultivo, con sus consecuencias negativas, como la pérdida de biodiversidad y el fomento del desarrollo de plagas.

Además, el manejo de la superficie forrajera también se vio afectado en este componente debido a la falta de áreas para la alternancia corte-pastoreo y la ausencia de praderas permanentes para el pastoreo de los animales. Esto tiene repercusiones en la conservación de la humedad, la calidad del agua y el paisaje, así como en la protección del suelo contra la erosión y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

Resultados similares fueron publicados en otro estudio, donde el componente de Organización del Espacio se identificó como una limitante en sistemas ganaderos (Marie, 2011). Esto sugiere que la problemática en esta escala, especialmente en relación con la organización del espacio, es una preocupación común independientemente del sistema agrícola y del país.

En contraste, algunos estudios han mostrado valores más favorables en esta escala, como el caso de fincas con bovinos de doble propósito en el subtrópico del centro de México, donde el 99% de las fincas se dedican al pastoreo, lo que permitió alcanzar los valores máximos del componente y, por lo tanto, de la escala agroecológica.

En cuanto al componente de Prácticas Agrícolas, fue el de mayor valor en la escala agroecológica y superó el 50% del valor máximo. Esto se debe a los indicadores relacionados con el uso de pesticidas y la dependencia energética, donde las UPO utilizan estos insumos de manera limitada debido a la pequeña superficie agrícola y el bajo consumo de combustible. Estos indicadores sugieren una mayor autonomía del sistema y un mayor aprovechamiento de los recursos locales.

#### Escala socio-territorial

En cuanto a los componentes de Calidad de los Productos y Participación Social, se observaron valores por debajo del 40% del valor máximo. Esto se debe a la falta de procesos de calidad regulada en los productos ovinos, tanto en animales en pie como en el procesamiento de la carne. Además, la participación social de los productores y el trabajo colectivo fue muy bajo debido a la falta de colaboración activa entre ellos y la ausencia de participación en organizaciones de productores.

Al respecto, investigaciones anteriores (Nuncio *et al.*, 2001) indican que es crucial que los ovinocultores se afilien a asociaciones, ya que esto les brinda acceso a diversos apoyos, como capacitación, asistencia técnica y financiamiento. Además, les permite generar información para el control y mejoramiento de sus rebaños, planificación del trabajo y comercialización.

En contraste, el componente de Ética y Desarrollo Humano obtuvo un puntaje por encima del 60%. Esto se debe al indicador de contribución al equilibrio alimentario mundial, ya que las UPO en esta zona tienen una baja utilización de productos importados. El 91% de las UPO se dedican a la producción agrícola para autoabastecimiento, y el 37,6% de los productores venden sus excedentes agrícolas localmente. Además, los indicadores de intensidad de trabajo y calidad de vida favorecieron el puntaje del componente, ya que los productores manifestaron no experimentar una sobrecarga de trabajo y reportaron un nivel aceptable de satisfacción personal en relación con su labor.

Estos resultados reflejan la importancia de promover la calidad de los productos ovinos y fomentar la participación social entre los productores para mejorar la sostenibilidad de las UPO en la zona del Altiplano Michoacano. Además, resaltan la necesidad de fortalecer la colaboración y el apoyo a través de asociaciones y organizaciones de productores para aprovechar al máximo los recursos disponibles y promover prácticas más sostenibles en la producción ovina.

### Escala económica

En la escala económica, el componente de Viabilidad Económica mostró el menor valor entre los diez componentes que conforman las tres escalas (Figura 2). Esto se debe, en gran medida, a la falta de diversificación en el sistema, ya que predominan los monocultivos, lo que lo vuelve vulnerable a los cambios coyunturales.

Los indicadores de Transmisibilidad y Eficiencia de los Procesos Productivos también obtuvieron valores por debajo del 60%. Esto sugiere que el sistema no es atractivo desde una perspectiva económica para la sucesión generacional o la venta, y que su capacidad para cumplir los objetivos planificados es deficiente.

El componente de Independencia, que evalúa la autonomía financiera y la sensibilidad a las ayudas en el sistema ovino, obtuvo puntajes por encima del 80%. Esto se debe principalmente a la relación del sistema con su entorno biológico y socioeconómico, lo que demuestra una alta autonomía debido al escaso uso de insumos agrícolas, préstamos contratados y apoyos públicos. Esto indica que el sistema no depende en gran medida de subsidios y fluctuaciones en estos para su sostenibilidad, a diferencia

de otros sistemas que son altamente dependientes de ayudas directas.

En general, en la escala económica, los valores observados en este estudio son similares a los reportados en investigaciones anteriores, lo que sugiere que la viabilidad económica y la eficiencia son áreas de mejora comunes en sistemas de producción similares. Estos resultados resaltan la importancia de diversificar el sistema y mejorar la eficiencia de los procesos productivos para aumentar la sostenibilidad económica de las unidades de producción ovinas en la zona del Altiplano Michoacano.



**Figura 2.** Valores promedio de los componentes de las tres escalas de la sostenibilidad en las 108 UPO.

### Análisis de conglomerados

En el análisis de conglomerados con agrupamiento jerárquico, se identificaron cuatro grupos distintos (Figura 3). Cada conglomerado se caracteriza por su propio conjunto de características y desafíos. Sin embargo, en todos los grupos, la organización del espacio sigue siendo un aspecto limitante en la escala agroecológica.

En particular, se observó que la mayoría de los grupos presentan monocultivos o rotaciones simples de cultivos. Además, en el caso del conglomerado dos, las unidades de producción ovinas tienen una superficie disponible muy reducida, que es menor a dos hectáreas. Esto limita la capacidad de diversificación de cultivos y la disponibilidad de tierras para el pastoreo.

El indicador de valorización del espacio, que evalúa la carga animal y la capacidad de abastecer alimentos para los animales, mostró que la mayoría de las unidades de producción no lograron satisfacer completamente las necesidades de alimento de su ganado. Esto se debió en parte a la escasa producción de forrajes y cereales requeridos para alimentar a los animales, lo que obligó a algunas unidades a realizar compras locales de estos insumos.

Los monocultivos, como se observó en varios grupos, plantean riesgos tanto económicos como ecológicos, además de aumentar los problemas parasitarios para los

rumiantes, como los ovinos. Los parásitos gastrointestinales son una amenaza significativa para la salud en los sistemas de pastoreo, lo que subraya la importancia de promover sistemas de producción más diversificados y sostenibles.

En este sentido, se sugiere considerar alternativas como los sistemas agrosilvopastoriles que incorporan árboles leguminosos forrajeros y cultivos forrajeros de corte y pastoreo. Estos enfoques pueden favorecer una menor carga animal, una mayor diversidad de cultivos y una mejor gestión de los recursos naturales, al tiempo que contribuyen al bienestar de los productores.

En la escala socio-territorial (Figura 3), tres grupos mostraron un comportamiento similar al promedio de las 108 UPO. Sin embargo, se destaca el grupo dos debido a los valores que presentaron en los tres componentes de esta escala (Calidad de los productos del territorio, Empleo y servicios, Ética y desarrollo humano), que en conjunto superan el 55%. En este grupo, se observó indicadores destacados como la calidad arquitectónica de las construcciones, que se integran armoniosamente con el paisaje, y la facilidad de acceso a las unidades de producción a través de caminos en buen estado.

La participación social en este grupo se llevó a cabo con responsabilidad y apertura por parte de las unidades de producción ovinas. Estas unidades ofrecieron sus productos directamente a los consumidores, incluso transformándolos en platillos tradicionales como la "Barbacoa". Esto les permitió establecer redes de comercialización de corta distancia con ventas directas al consumidor. Estos aspectos forman parte del componente de Empleo y servicios, donde los valores no superaron el 40% de sostenibilidad.

Según Vilain et al. (2008), aprovechar adecuadamente tanto el patrimonio construido como las cadenas cortas de comercialización podría reactivar la economía local, generar empleo, fomentar el trabajo colectivo y promover la interacción entre los productores ovinos y los consumidores locales. Estas acciones podrían tener un impacto positivo en la escala social y territorial, contribuyendo a la recuperación económica y mejorando la calidad de vida de los productores.

En la escala económica, las restricciones generales se relacionaron con la viabilidad económica y la eficiencia, a excepción del conglomerado 3, que superó el 80% en el componente de viabilidad económica. Este componente consideró indicadores como la viabilidad económica y la tasa de especialización. En ambos casos, la mayoría de los grupos se mantuvo por debajo del 20%. La especialización económica mide el porcentaje del volumen de ventas de las actividades de la unidad de producción. Cuanto más especializada y con menos clientes sea una unidad de producción, menor será su puntuación en este indicador, como se observó en este estudio. Esto sugiere que la

mayoría de los grupos de UPO son vulnerables a choques externos al sistema.

De acuerdo con Cortéz-Arriola et al. (2015), la sostenibilidad económica es una condición fundamental en el desarrollo de las unidades de producción agropecuarias. Estas unidades se fortalecen al diversificar tanto sus producciones como sus clientes, lo que las hace menos vulnerables y capaces de resistir cambios externos al sistema, como se sugiere en el enfoque de Vilain et al. (2008).



Figura 3. Valores promedio de los indicadores de sostenibilidad de los cuatro grupos.

### Características de los conglomerados

A partir de los conglomerados obtenidos, se realizó análisis de los valores promedio de las tres escalas de sostenibilidad evaluadas y se identificaron las características destacadas de cada uno de los cuatro conglomerados, lo que permitió definir los diferentes grupos de UPO (Figura 3). En tres de los cuatro conglomerados, la escala agroecológica se identificó como la principal limitante. Sin embargo, en el conglomerado IV, denominado "Agricultura de subsistencia", la escala económica fue la que obtuvo el puntaje más bajo, mientras que la escala agroecológica se vio favorecida debido a la diversidad de especies agropecuarias que contribuyen al autoabastecimiento familiar.

En los cuatro conglomerados se observaron puntajes bajos en la escala agroecológica. Sin embargo, en el conglomerado II, denominado "Intensivos-Atomizados", las escalas socio-territorial y económica obtuvieron las puntuaciones más altas en US debido a sus tres componentes principales: calidad de los productos, empleo y servicios, ética y desarrollo humano, así como en independencia y transmisibilidad. Estos resultados son consistentes con un estudio realizado en el Líbano bajo cinco sistemas de producción de pequeños rumiantes, donde se obtuvieron valores promedio de 41,0% US en la escala agroecológica, 55,0% US en la escala socio-territorial y 55,0% US en la escala económica (Marie, 2011).

## CONCLUSIONES

El método IDEA fue empleado para evaluar la sostenibilidad de las UPO en la zona del Altiplano de Michoacán, y a través de este proceso, se logró clasificarlas en cuatro conglomerados distintos.

En términos de sostenibilidad, se observa que las UPO en la región del Altiplano de Michoacán aún no han alcanzado un nivel aceptable de sostenibilidad, principalmente debido a las limitaciones en cuanto a la superficie de tierra disponible, lo que plantea desafíos para su continuidad en las generaciones futuras.

No obstante, estas UPO han logrado generar recursos económicos y contribuir al autoabastecimiento familiar. Esto se debe en gran parte a la diversidad de especies agropecuarias que gestionan, lo que les ha permitido mantenerse a lo largo del tiempo.

Se ha identificado áreas específicas que restringen la sostenibilidad de las UPO en la región, lo que proporciona un mejor entendimiento de su funcionamiento y destaca la necesidad de intervenciones por parte de los actores sociales para avanzar hacia sistemas de producción ovina que sean sostenibles desde una perspectiva ambiental, económica y ética.

## AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a los productores de ovinos de Michoacán por su confianza, la información que proporcionaron y su tiempo. Nuestro agradecimiento también a la asociación civil Fundación Produce Michoacán AC. por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto "Caracterización de los sistemas de producción ovina en las zonas borregueras de Michoacán". El apoyo de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) fue invaluable, por la concesión que permitió al autor principal llevar a cabo sus estudios de doctorado.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses que puedan influir de manera inapropiada en el trabajo de las personas o instituciones.

## DECLARACION DE NORMAS ETICAS Y DERECHOS DE LOS ANIMALES

En el documento se informa de una investigación rural participativa en la evaluación de la sostenibilidad de la producción ovina, con 108 productores participantes que tenían conocimiento de los objetivos del trabajo y fueron debidamente informados en todo momento, y su privacidad es respetada al no revelar sus nombres.

El trabajo no implica ninguna experimentación y se llevó a cabo a través de entrevistas abiertas y la recopilación de datos relevantes para el método aplicado. La investigación siguió los procedimientos aceptados por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Autónoma del Estado de México.

## LITERATURA CITADA

Acevedo-Rivera, B., Alonso-Pesado, A., Espinosa-Ortiz, V.E., Gil-González, G.I., Jiménez-Jiménez, R.A. 2011. Características socioeconómicas de productores ovinos integrados en el programa GGAVATT en la comunidad "Estancia de Paquisihuato" del Municipio de Maravatío Michoacán, México, in: Cavallotti-Vázquez, B.A., Ramírez-Valverde, B., Martínez-Castañeda, F.E., Marcof-Álvarez C.F., Cesín-Vargas, A. (Eds.), La Ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes. Universidad Autónoma de Chapingo., Chapingo México, Vol. 2, pp.123-135.

Alemán-Santillan, T., Nahed-Toral, J., López-Méndez, J. 2007. Evaluación de la sostenibilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Totziles, in: Astier M., Hollands, J., (Eds). Sostenibilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica., Mundi Prensa., México, pp. 11-55.

Arriaga-Jordán, C.M., Pedraza-Fuentes, A.M., Nava-Bernal, E.G., Chávez-Mejía, M.C., Castelán - Ortega, O.A. 2005. Livestock agrodiversity of *mazahua* small-holder *campesino* systems in the highlands of central Mexico. Human Ecology. 33:821-845.

Astier, M., Speelma E.N., López-Ridaura, S., Maser, O. R., González-Esquivel, C.E. 2011. Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. International Journal of Agricultural Sustainability. 9:409-422.

BANXICO (Banco Nacional de México). 2011. <http://www.banxico.org.mx/tipcamb/tipCamIHActi.on.do>. Consultado el 31 de agosto del 2011.

Berkovics, D. 2010. Fiche de lecture. Cannibals with forks: the Triple bottom line of 21st century business. Majeure Alternative Management- HEC, Paris, pp. 1-16.

- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). 2011. [www.conasami.gob.mx/pdf/tabla\\_salarios\\_minimos/2011/01\\_01\\_2011.pdf](http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2011/01_01_2011.pdf). Consultado 6 agosto 2014.
- Cortéz-Arriola, J., Rossing, W.A.H., Améndola-Massiotti, R.D., Scholberg, J.M.S., Groot, J.C.J., Tiftonell, P. 2015. Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems*.135, 66–76.
- Cuéllar-Ordaz, J.A., García- López, E., De La Cruz, C.H.A., Aguilar- Niño, M. 2011. Manual práctico para la cría de ovinos. Ediciones Pecuarías de México S.A. de C.V. México.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C. M. 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 37:882-901.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Ed. Enriqueta García. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ghozlane, F., Haçene, Y., Mustapha, A., Bouzida, S. 2006. Evaluation de la Durabilite des Exploitations Bovines Laitieres de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Algerie). *New Medit*. 4:48-52.
- Ghozlane, F., Ziki, B., Abbadie, B., Yakhlef, H. 2008. Évaluation de la durabilité des exploitations ovines steppiques de la wilaya de Djelfa. *Livestock Research for Rural Development*, 20, <http://www.lrrd.org/lrrd20/10/ghoz20170.htm>. Accessed 2 May 2014.
- Hair, J.F., Black, W.C., Tatham, R.L., Anderson, R.E. 2010. *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition. Prentice Hall International, London.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2010. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx). Accessed 2 May 2014.
- JMP. 2012. *Statistical Discovery Software*. Version 10.0, SAS Institute.
- Marie, M., Srour, G., Ziki B., Abi, Saab S., Yakhlef, H., Ghozlane, F. 2009. Multi-criteria evaluation of small ruminant farming systems sustainability in Lebanon and Algeria. in: Pacheco, F., Morand-Fehr, P. (Eds.), *Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21 st century: research, toofs, methods and initiatives in favour of a sustainable development. (Options Méditerranéennes: Serie A. Seminaires Méditerranéens; n. 91). CIHEAM /DRAP-NANTE / FAO. P., Zaragoza, pp.13-20.*
- Marie, M. 2011. Evaluation of small ruminant systems sustainability. From conceptual frameworks to implementation, In: Bernués A., Boutonnet J.P. (Eds.), Pacheco F. (ed). *Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. CIHEAM/FO/ CITA-DGA Options Méditerranéennes: Série S. Séminaires Méditerranéens., Zaragoza, pp. 61-74.*
- M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., Ben Hamouda, M. 2009. Évaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *Biotechnology, Agronomy, Socoety and Environment*. 13:221-228.
- Nuncio-Ochoa, M.G.J., Nahed-Toral, J., Herrera-Camacho, J., Salinas-Melgoza V., Arriaga-Jordán, C.M., Sánchez-Vera, E. 2014. Caracterización de las zonas borregueras de Michoacán y sus implicaciones para el desarrollo rural, in: Arriaga-Jordán, C.M., Anaya-Ortega, J.P (Eds), *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. Universidad Autónoma del Estado de México. Editorial Reverté, Barcelona, España, pp.167-179.*
- Nuncio-Ochoa, M.G.J., Nahed-Toral, J., Díaz-Hernández, B. M., Escobedo-Amezcuca, F., Salvatierra-Izaba, B. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia*. 35:469-477.
- Ranieri, C., Prosdocimi, B.C., Nunes., Gameiro, H. A. 2015. Technological characterization of sheep production systems in Brazil. *Animal Science Journal* doi: 10.1111/asj.1231
- Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico, *Tropical Animal Health and Production*. 47:1187–1194. DOI 10.1007/s11250-015-0846-z
- Gilbert, N. 1984. *Statistics*. Ed. W.B. Saunders Company. 163-169 pp.

- SIAP (Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero). 2015. Población Ganadera. Ovino. 2004–2013.  
<http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/Ovinos.pdf>. Consultado 12 May 2023.
- Toma, C., Gavrilesco, C., Turtoi. 2008. The IDEA Method for the evaluation of the agroecological sustainability of agricultural holdings. *Lucrări Științifice, Serial I* Vol. XI (1).
- Van Passel, S., Nevens, F., Mathijb, E., Van Huylbroeck, G. 2007. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. *Ecological Economics*. 62:149 -161
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., García-Cidad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van des Veken, B., Wauters, E., Peeters, A. 2007. SAFE-a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120:229–242
- Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P., Zahm, F. 2008, La méthode IDEA. Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles – Guide d’utilisation, 3rd ed., Educagri éditions, Dijon., Paris.
- Vogt, W. P., Burke J. R. 2011. *Dictionary of Statistics and Methodology: A Non-Technical Guide for the Social Sciences*. 4<sup>th</sup> ed., Sage publications, Los Angeles, USA.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C. 2008. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method - from the Concept of Agriculture Sustainability: Case Studies on Farms. *Sustainable Development*. 16:271-281.