

Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 36, Número 68. Julio – Diciembre de 2026
Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

Artículo

Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Sustainability of the beef cattle system in Laguna Grande, Escárcega, Campeche, Mexico

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v36i68.1732e261732>

Lizbeth Lucía Candelario-Rosales*
<https://orcid.org/0009-0002-1105-6803>
candelario.lizbeth@colpos.mx

Silvia Fraire-Cordero**
<https://orcid.org/0000-0001-5744-1067>
frairec@colpos.mx

Verónica Rosales-Martínez**
<https://orcid.org/0000-0002-5895-1250>
vrosales@colpos.mx

Carolina Flota-Bañuelos**
<https://orcid.org/0000-0001-5533-6722>
cflota@colpos.mx

Miguel Ángel Sánchez-Hernández ***
<https://orcid.org/0000-0003-3201-0898>
msanchez@unpa.edu.mx

Gladis Morales-Terán***
<https://orcid.org/0000-0001-9066-4596>
gmorales@unpa.edu.mx

Fecha de recepción: 08 de noviembre de 2025.

Fecha de aceptación: 01 de junio de 2026.

*Colegio de Postgraduados Campus Campeche. México

**SECIHTI-Colegio de Postgraduados Campus Campeche. México

***Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca. México

Autor para correspondencia: Silvia Fraire-Cordero.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, Sonora, México.



Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

Resumen

Objetivo: evaluar la sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, por medio del análisis y evaluación de indicadores sociales, ambientales y económicos. **Metodología:** la evaluación se llevó a cabo con base en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas a 54 productores y el análisis fisicoquímico de muestras de suelo y agua de los sistemas bovinos. Se calcularon los indicadores de sustentabilidad social, ambiental y económica, así como el Índice General de Sustentabilidad (IsGen), considerando que un sistema se clasifica como sustentable cuando los indicadores alcanzan un valor igual o superior a dos en una escala de cero a cuatro. **Resultados:** los indicadores ambientales presentaron el valor más alto (2.12), seguidos por los económicos (1.89) y los sociales (1.46). El IsGen alcanzó un valor de 1.83. **Limitaciones:** la muestra se limitó a productores de la comunidad de Laguna Grande, Escárcega, Campeche; por ello, incluir productores de diferentes regiones, escalas y trayectorias permitiría obtener una visión más sólida del sistema bovino. **Conclusiones:** bajo las condiciones actuales, el sistema bovino de carne se encuentra en una situación de baja sustentabilidad.

Palabras clave: desarrollo regional, indicadores, MESMIS, ganadería sustentable, vacunos, trópico.

Abstract

Objective: To evaluate the sustainability of the beef cattle system in Laguna Grande, Escárcega, Campeche, through the analysis and evaluation of social, environmental, and economic indicators. **Methodology:** The evaluation was conducted using the Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (MESMIS). Information was obtained through surveys of 54 producers and through physicochemical analyses of soil and water samples from cattle systems. Social, environmental, and economic sustainability indicators were calculated, as well as the General Sustainability Index (IsGen), with the system classified as sustainable when the indicators reach a value of 2 or higher on a scale of 0 to 4. **Results:** Environmental indicators presented the highest value (2.12), followed by economic indicators (1.89) and social indicators (1.46). The IsGen reached a value of 1.83. **Limitations:** The sample was limited to producers from the community of Laguna Grande, Escárcega, Campeche; therefore, including producers from different regions, scales and trajectories would allow for a more solid view of the bovine system. **Conclusions:** Under current conditions, the beef cattle system is low in sustainability.

Keywords: regional development, indicators, MESMIS, sustainable livestock farming, cattle, tropics.

Introducción

En las últimas décadas, el concepto de sustentabilidad formulado en 1987 como un modelo de desarrollo económico y social que promueve el uso racional de los recursos naturales sin comprometer su disponibilidad futura, ha cobrado relevancia ante la creciente crisis ambiental y socioecológica derivada de los actuales procesos productivos (Gavito et al., 2017; Niloofar, Lazarova-Molnar, Thumba y Shahin, 2023). Como respuesta, se han impulsado modelos de producción agropecuarios sustentables, junto con esquemas de evaluación integrales que consideran dimensiones sociales, ambientales y económicas, facilitando así un análisis holístico del impacto de esos modelos en los sistemas productivos (Gavito et al., 2017; Haro-Altamirano, Osorio-Rivera, Vivar-Arrieta, Jácome-Tamayo y Narváez-Brito, 2021).

En el ámbito ganadero, los sistemas bovinos han sido cuestionados debido a su impacto ambiental, como la conversión de ecosistemas en monocultivos de gramíneas, la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero por forrajes de baja calidad y la escasa integración con los sectores agrícola y forestal (Del prado y Manzano, 2020). En México, la ganadería bovina es una de las principales actividades económicas en zonas rurales (García-Martínez et al., 2017), abarca más del 50 % de la superficie, especialmente en los estados del trópico húmedo (SIAP, 2023). En Campeche, la ganadería bovina representa un sector clave; ocupa el 22 % de la superficie estatal (Sader, 2022). En 2022, la producción de carne bovina alcanzó 23,340 toneladas, provenientes principalmente de sistemas extensivos ubicados en el municipio de Escárcega (SIAP, 2023), considerado uno de los principales productores del estado.

Dada la relevancia de la ganadería bovina de carne en Escárcega, garantizar su sustentabilidad representa un desafío para mejorar la productividad y rentabilidad a largo plazo, minimizando al mismo tiempo su impacto ambiental (Torres et al., 2023). En ese sentido, la evaluación de la sustentabilidad es el primer paso para identificar tendencias, puntos críticos y diseñar estrategias de mejora (Bolívar, 2011). Para ello, se han desarrollado diversos enfoques basados en marcos metodológicos e indicadores que integran la dimensión social, ambiental y económica, que permiten monitorear el avance hacia sistemas más sustentables (Eslami,

Lezoche, Panetto y Dassisti, 2023; Salomón, Onyango, Mayo, Al Waer y Dawodu, 2023; Tonolli y Ferrer, 2018).

Uno de los métodos más utilizados a nivel nacional e internacional es el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), reconocido por su adaptabilidad a distintos contextos técnicos, económicos y biofísicos (Fonseca-Carreño y Narváez-Benavides, 2021). Por ello, resulta fundamental generar información bajo este enfoque en los sistemas bovinos del estado de Campeche, donde, a pesar de la relevancia de la ganadería como actividad económica en las zonas rurales, la información disponible aún es limitada. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la sustentabilidad del sistema bovino de carne en la comunidad de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México, mediante el uso de indicadores sociales, ambientales y económicos, bajo la metodología MESMIS. Ello fue con el objetivo de determinar el grado de sustentabilidad del sistema y, con base en los resultados, posteriormente, proponer estrategias productivas orientadas a su fortalecimiento a mediano y largo plazo.

Metodología

Sitio de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Laguna Grande, municipio de Escárcega, Campeche, México (18°49'11.8 N y 90°17'28.1 O), con una altura de 179 metros. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias concentradas en verano (López-Torres y Tamarit-Urias, 2005). La precipitación pluvial media anual es de 1 065 mm y la temperatura media anual es de 24 °C. En el sitio predominan suelos de tipo litosol, rendzina y vertisol (INEGI, 2020).

Recopilación de la información

Para la obtención de la información, se seleccionaron participantes clave mediante reuniones comunitarias con productores de ganado bovino de carne, organizadas con el apoyo del agente municipal y el comisariado ejidal. El vínculo de contacto fue Pronatura Península de Yucatán A. C., organización con presencia activa en la región. Durante estos encuentros se presentó el objetivo del estudio y se invitó a los productores a participar de forma voluntaria y a que

permitieran el acceso a sus respectivas unidades de producción. Como resultado, participaron 54 productores propietarios de los sistemas ganaderos evaluados.

Adicionalmente, se recolectaron muestras de agua y suelo en cada unidad de producción ganadera. Para el suelo se tomaron diez submuestras de un kilogramo a 20 cm de profundidad; se siguió un patrón en zigzag dentro de una superficie de 2,500 m². Las submuestras fueron homogenizadas hasta obtener una muestra compuesta de un kilogramo por cada unidad de producción ganadera, la cual fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua de la Universidad Autónoma de Yucatán, conforme a la NOM-021-Semarnat-2000. En el caso del agua, se recolectaron 100 ml en tubos plásticos estériles directamente de la fuente de consumo animal. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencia Animal del Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, utilizando un kit multiparamétrico (HI3817, HANNA® Instruments).

Diseño y evaluación de los indicadores de sustentabilidad

Los indicadores de sustentabilidad fueron generados con base en la metodología MESMIS. Su selección se llevó a cabo mediante un enfoque participativo que incluyó pláticas con los productores y recorridos en campo que permitieron identificar las características de los sistemas y sus principales puntos críticos en la dimensión social, ambiental y económica. Cada uno de estos fue analizado en función de los atributos de sustentabilidad propuestos por Masera, Astier y López (1999) y se les asignaron criterios de diagnóstico que sirvieron de base para la selección de los indicadores clave utilizados en la evaluación de los sistemas bovinos (tabla 1).

Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

Tabla 1.

Indicadores de sustentabilidad y dimensiones evaluadas en el sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Dimensión social			
Atributo	Punto crítico	Criterio de diagnóstico	Indicador
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Acceso a servicios públicos	Satisfacción de las necesidades básicas	A-Calidad de vida
	Calidad de la vivienda	Satisfacción del sistema productivo	B-Grado de satisfacción del sistema productivo
	Satisfacción del sistema de producción	Permanencia de la actividad ganadera en el tiempo	C-Permanencia del sistema en el tiempo
	Predisposición para continuar con la actividad	Apoyos gubernamentales	D-Acceso a apoyos gubernamentales
Adaptabilidad	Asesoría en la actividad	Capacidad de cambio e innovación	E-Capacidad de cambio e innovación
Autogestión	Uso de conocimientos y habilidades locales	Aplicación de conocimientos y habilidades locales	F-Aplicación de conocimientos y habilidades locales
	Pertenencia a organizaciones	Organización	G-Organización
Dimensión ambiental			
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Calidad fisicoquímica del suelo	Conservación de recursos	H-Calidad del suelo
	Calidad del agua para el animal		I-Calidad del agua
	Zonas de conservación arbórea		J-Zonas de conservación arbórea
	Presencia de fauna silvestre		K-Presencia de fauna silvestre
	Prácticas agroecológicas que realiza		L-Prácticas agroecológicas implementadas
Dimensión económica			
Productividad	Eficiencia productiva	Eficiencia	M-Eficiencia productiva
	Ingreso por la actividad		N-Eficiencia económica
	Instalaciones para el manejo óptimo del ganado		O-Bienestar animal
	Manejo sanitario del ganado		
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Mercado	Fragilidad del sistema	P-Riesgo económico
Autogestión	Mano de obra externa	Autonomía	Q-Autonomía

Fuente: elaboración propia.

La medición y el monitoreo de los indicadores se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Sarandón y Flores (2009); se desglosó cada indicador en subindicadores para facilitar la recolección de información. Para su evaluación, se ajustaron a una escala de cero a cuatro, conforme a la propuesta metodológica de los autores, debido a las diferentes unidades de expresión empleadas (tabla 2). En esta escala, un valor de cuatro se consideró ideal o deseada

Sustentabilidad del sistema bovino de carne
en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

desde el contexto de la sustentabilidad, mientras que el valor de cero representó la condición más alejada de ella.

Las categorías de la escala se definieron considerando el contexto local, a partir de promedios regionales, literatura especializada, observaciones directas en campo y consultas con productores e investigadores con experiencia en el tema. Los valores de referencia para la calidad del agua y del suelo se tomaron de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 y NOM-021-Semarnat-2000, respectivamente (Semarnat, 2002; SSA1, 2021).

Tabla 2.

Subindicadores y escalas de medición para la evaluación de la sustentabilidad social, ambiental y económica del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Dimensión social	
Subindicador	Escala
A1 Servicios públicos	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Uno, (0) Cero
A2 Cercanía al centro de salud	(4) <100 m, (3) 100 a 200 m, (2) 300 a 400 m, (1) 500 a 800 m, (0) > 800 m
A3 Cercanía al centro de educación	(4) <100 m, (3) 100 a 200 m, (2) 300 a 400 m, (1) 500 a 800 m, (0) > 800 m
A4 Método de transporte	(4) Moto y automóvil, (3) Automóvil, (2) Moto, (1) Caballo, (0) Ninguno
A5 Características de la vivienda	(4) Techo y paredes de cemento, (3) Techo de lámina y paredes de cemento, (2) Techo de guano y paredes de cemento, (1) Techo de lámina y paredes de madera, (0) Techo de guano y paredes de madera
B1 Grado de satisfacción del productor	(4) Muy satisfecho con su trabajo. No cambiaría su actividad, aunque otra actividad le reportara mayores ingresos, (3) Satisfecho con el trabajo, aunque cree que podía estar mejor, (2) No del todo satisfecho, trabaja en el campo porque es lo único que sabe hacer, (1) Poco satisfecho con su forma de vida, preferiría realizar otra actividad, (0) Desilusionado con la vida que lleva, realiza la actividad por falta de alternativas
C1 Grado de predisposición por los familiares	(4) Muy alto, (3) Alto, (2) Moderado, (1) Bajo, (0) Ninguno
D1 Apoyos gubernamentales recibidos por año	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Uno, (0) Cero
E1 Asesorías recibidas por año	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Uno, (0) Cero
F1 Conocimientos y habilidades locales aplicados	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Una, (0) Cero
G1 Organizaciones a las que pertenece	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Una, (0) Cero
Dimensión ambiental	
H1 Nitrógeno (%)	(4) >0.25, (3) 0.15 a 0.25, (2) 0.10 a 0.14, (1) 0.05 a 0.09, (0) < 0.05
H2 Fósforo (mg/kg)	(4) 10 a 20, (3) 9.0 a 9.9 y 20.1 a 21.0, (2) 8.0 a 8.9 y 21.1 a 22.0, (1) 7.0 a 7.9 y 22.1 a 23.0, (0) <7.0 y >23
H3 Potasio (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	(4) 0.30 a 0.60, (3) 0.20 a 29 y 0.61 a 0.65, (2) 0.10 a 0.19 y 0.66 a 0.70, (1) 0.05 a 0.09 y 0.71 a 0.75, (0) <0.05 y >0.75
H4 pH	(4) 6.6 a 7.4, (3) 6.0 a 6.5 y 7.4 a 8.0, (2) 5.0 a 5.9 y 8.1 a 9.0, (1) 4.0 a 4.9 y 9.1 a 10, (0) <4.0 y >10
H5 Carbono orgánico (CO) (%)	(4) >3.48, (3) 2.09 a 3.48, (2) 0.93 a 2.08, (1) 0.30 a 0.92, (0) <0.29

Sustentabilidad del sistema bovino de carne
en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

H6 Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	(4) 15 a 25, (3) 13 a 14.9 y 26 a 30, (2) 11 a 12.9 y 31 a 35, (1) 9 a 10.9 y 36 a 40, (0) < 9 y > 40
H7 Conductividad eléctrica (CE) (dS m ⁻¹)	(4) 0.50 a 0.90, (3) 0.40 a 0.49 y 0.91 a 1.0, (2) 0.30 a 0.39 y 1.1 a 2.0, (1) 0.20 a 0.29 y 2.1 a 3.0, (0) <0.20 y > 3.0
I1 Hierro (mg L ⁻¹)	(4) 0 a 0.9, (3) 0.10 a 20, (2) 0.21 a 30, (1) 0.31 a 0.40 (0) > 0.40
I2 pH	(4) 6.5 a 8.5, (3) 5.0 a 6.4 y 8.6 a 9.0, (2) 3.0 a 4.9 y 9.1 a 10, (1) 1.0 a 2.9 y 10.1 a 11, (0) 0 a 0.9 y 11.1 a 14
I3 Dureza (mg L ⁻¹)	(4) 0 a 99, (3) 100 a 250, (2) 251 a 500, (1) 501 a 650, (0) > 650
I4 Alcalinidad (mg L ⁻¹)	(4) 0 a 10, (3) 11 a 99, (2) 100 a 200, (1) 201 a 300, (0) 301 a 400
I5 Cloruros (mg L ⁻¹)	(4) 0 a 99, (3) 100 a 150, (2) 151 a 250, (1) 251 a 400, (0) > 400
I6 Nitratos (mg L ⁻¹)	(4) 0 a 6, (3) 6.1 a 8.0, (2) 8.1 a 10, (1) 10.1 a 12, (0) >12
I7 Sulfitos (mg L ⁻¹)	(4) < 0.25, (3) 0.25 a 0.5, (2) 0.6 a 1.0, (1) 1.1 a 1.5, (0) >1.5
J1 Zonas de conservación arbórea (%)	(4) > 90, (3) 71 a 90, (2) 51 a 70, (1) 30 a 50, (0) < 30
K1 Fauna silvestre (especie)	(4) Más de cinco, (3) Cinco, (2) Cuatro, (1) Tres, (0) Menos de tres
L1 Prácticas agroecológicas	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Una, (0) Cero
Dimensión económica	
M1 Terneros vendidos al año	(4) >76, (3) 51 a 75, (2) 26 a 50, (1) 20 a 25, (0) <24
M2 Peso del ternero a la venta (kg)	(4) 160 a 230, (3) 231 a 300, (2) 301 a 350, (1) 351 a 420, (0) 421 a 440
M3 Tiempo del ternero al peso de venta (meses)	(4) < 8, (3) 8 a 10, (2) 11 a 12, (1) 13 a 14 (0) >14
M4 % de parición	(4) >80, (3) 71 a 80, (2) 61 a 70, (1) 51 a 60, (0) < 50
M5 % de mortalidad	(4) 0 a 5, (3) 6 a 10, (2) 11 a 15, (1) 15 a 20, (0) >20
M6 Estrategias en época de estiaje	(4) Más de tres, (3) Tres, (2) Dos, (1) Uno, (0) Cero
M7 Oferta forrajera (t ha ⁻¹ de forraje verde)	(4) > 50, (3) 41 a 50, (2) 31 a 40, (1) 21 a 30, (0) < 20
N1 Recuperación de la inversión (%)	(4) > 40, (3) 31 a 40, (2) 21 a 30, (1) 10 a 20, (0) <10
N2 Contribución a la economía familiar (%)	(4) 90 a 100, (3) 89 a 70, (2) 69 a 50, (1) 31 a 49, (0) < 30
O1 Instalaciones para el manejo óptimo del ganado	(4) Corral, manga, rampa de carga y albergue para el ganado, (3) Corral, manga, rampa de carga de animales, (2) Corral y manga de manejo, (1) Corral de manejo, (0) Sin instalaciones adecuadas
O2 Prevención de enfermedades (meses)	(4) 6 a 12, (3) 13 a 18, (2) 19 a 24, (1) > 24, (0) No previene enfermedades
O3 Control de endo y ecto parásitos (meses)	(4) Cuatro, (3) Seis, (2) Ocho, (1) > Ocho, (0) No controla parásitos
P1 Canales de comercialización	(4) Más de cuatro, (3) Cuatro, (2) Tres, (1) Dos, (0) Uno
P2 Estabilidad del precio de venta	(4) Estable todo el año, (3) Presenta fluctuaciones leves en algunas épocas del año, (2) Presenta fluctuaciones moderadas durante el año, (1) Es inestable durante la mayor parte del año, (0) Desconoce
P3 Dependencia de insumos externos (%)	(4) < 10, (3) 11 a 20, (2) 21 a 30, (1) 31 a 40, (0) > 40
Q1 Mano de obra externa (año)	(4) Nunca, (3) Una vez, (2) Dos veces, (1) Tres veces, (0) Más de tres veces.

Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior, se diseñó un cuestionario integrado por 41 preguntas, que abarcó las dimensiones social, ambiental y económica de los sistemas productivos. El instrumento fue aplicado a los productores participantes mediante una encuesta. De acuerdo con la metodología

propuesta por Sarandón y Flores (2009), los indicadores deben ponderarse mediante la multiplicación del valor obtenido en la escala por un coeficiente que refleje la importancia relativa de cada variable en relación con la sustentabilidad. No obstante, en el presente estudio se decidió asignar un peso uniforme (valor 1) a todos los indicadores, decisión sustentada en el consenso de los productores participantes, con el propósito de otorgar la misma importancia relativa a cada indicador.

Seguidamente, se calcularon los índices de sustentabilidad social (ISS), ambiental (ISA) y económica (ISE), así como el Índice General de Sustentabilidad (ISGen). Para ello, en cada dimensión de la sustentabilidad, se obtuvo el valor de cada indicador mediante el promedio aritmético de los subindicadores que lo conformaban, dividiendo la suma de sus valores entre el número de subindicadores correspondientes. Posteriormente, el índice de cada dimensión se calculó como el promedio aritmético de los indicadores que la integraban. Finalmente, el ISGen se obtuvo mediante el promedio aritmético de los tres índices de sustentabilidad (ISS, ISA e ISE), asignando la misma ponderación a cada dimensión (tabla 3).

Tabla 3.

Fórmulas para el cálculo de los Indicadores de Sustentabilidad Social (ISS), Ambiental (ISA), Económico (ISE) e Índice de Sustentabilidad General (ISGen)

Indicador	Fórmula
ISS	$\frac{\left(\frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5}{5}\right) + \frac{B1}{1} + \frac{C1}{1} + \frac{D1}{1} + \frac{E1}{1} + \frac{F1}{1} + \frac{G1}{1}}{7}$
ISA	$\frac{\left(\frac{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7}{7}\right) + \left(\frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6 + I7}{7}\right) + \frac{J1}{1} + \frac{K1}{1} + \frac{L1}{1}}{5}$
ISE	$\frac{\left(\frac{M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + M6 + M7}{7}\right) + \left(\frac{N1 + N2}{2}\right) + \left(\frac{O1 + O2 + O3}{3}\right) + \left(\frac{P1 + P2 + P3}{3}\right) + \frac{Q1}{1}}{5}$
ISGen	$\frac{ISS + ISA + ISE}{3}$

Fuente: elaboración propia.

La interpretación de los valores obtenidos se realizó conforme a los criterios establecidos por la metodología empleada. En este sentido, ISS, ISA e ISE se consideraron sustentables cuando su indicador alcanzó un valor igual o superior a dos ($\text{valor} \geq 2$), establecido como límite mínimo de sustentabilidad. De forma equivalente, el sistema bovino de carne en su conjunto se consideró sustentable si el ISGen cumplió con este mismo criterio.

Resultados y discusión

Indicadores de sustentabilidad social

El análisis de los indicadores sociales mostró no ser sustentable (figura 1), con más del 50 % de los valores por debajo del límite establecido. Sin embargo, los indicadores B-Grado de satisfacción con el sistema productivo, A-Calidad de vida y C-Permanencia del sistema en el tiempo obtuvieron valores mayores al límite clasificándose como sustentables.

Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

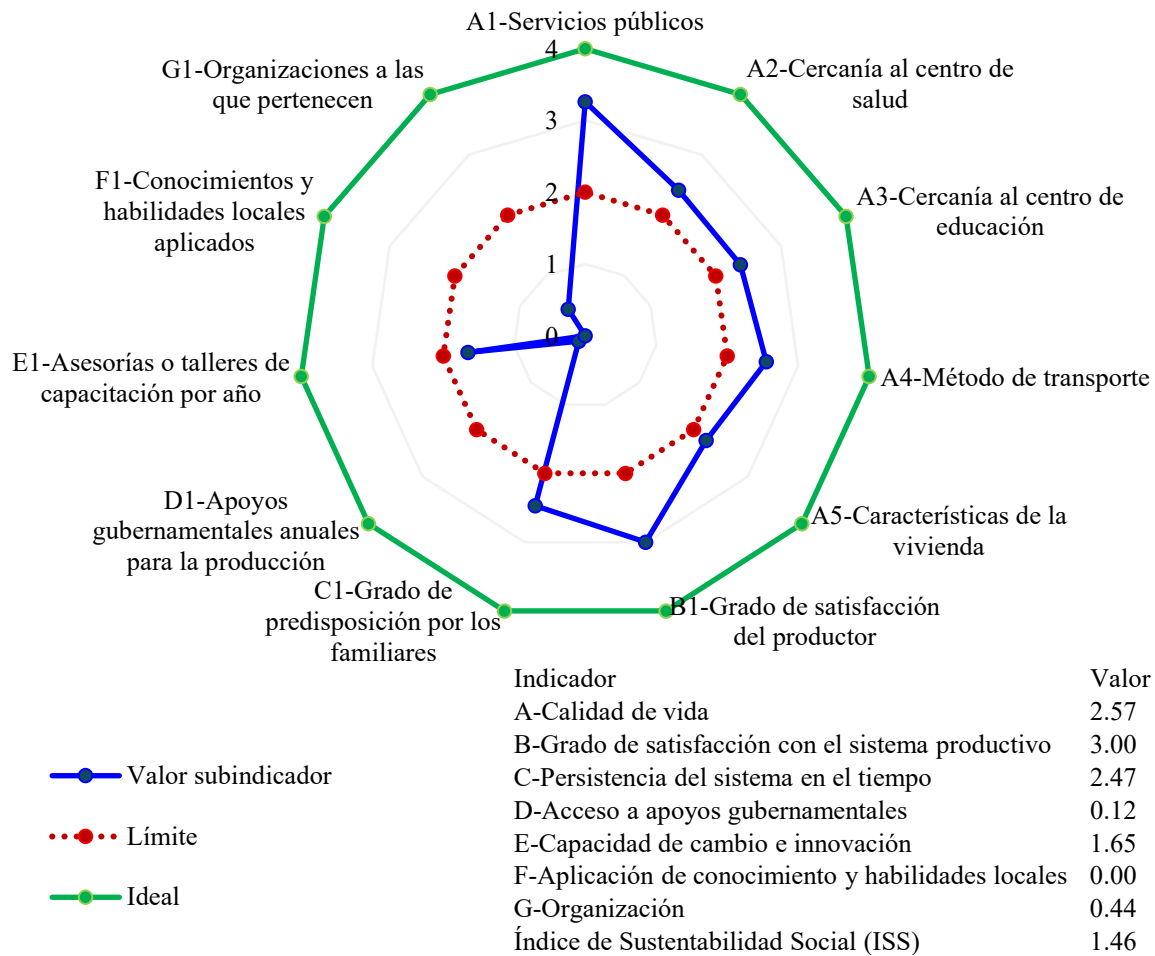


Figura 1. Indicador de Sustentabilidad Social del sistema bovino de carne de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México. Fuente: elaboración propia.

La calidad de vida (indicador A) se consideró sustentable, dado que la mayoría de los productores habita viviendas con techo de guano y paredes de cemento. Aunque la construcción de estas viviendas puede generar un impacto ambiental, su valoración se fundamentó en que el uso de materiales permanentes refleja mejores condiciones de bienestar, seguridad y patrimonio familiar. Asimismo, los productores cuentan con al menos un medio de transporte, lo que facilita el acceso a insumos, servicios, mercados y actividades productivas, favoreciendo el bienestar socioeconómico de la unidad de producción. Además, la cercanía geográfica de las unidades de producción a la zona urbana permite el acceso a servicios de educación y salud, lo que mejora las condiciones de vida de las familias.

A pesar de lo anterior, el indicador no alcanzó un valor ideal o sustentable, principalmente por la insuficiencia de los servicios públicos, según lo reportado por los propios productores. Esta limitación también se observó en sistemas bovinos de otras regiones, como en Mendoza, Argentina, debido a una problemática similar (Otta et al., 2015). En zonas rurales, la situación es frecuente, lo que subraya la necesidad de estrategias de modernización y mayor apoyo gubernamental para garantizar el acceso adecuado a servicios básicos con un mayor desarrollo regional (Martínez-Chapa y Salazar-Castillo, 2022).

Los productores manifestaron un alto grado de satisfacción con su sistema productivo; el cien por ciento lo percibe como económicamente estable refiriéndose al hecho de que ellos mismos manejan sus recursos y decisiones productivas, lo que refuerza su percepción de estabilidad y autonomía. Esta percepción favorece la permanencia en la actividad, fortalece el compromiso con el sistema productivo y la continuidad del sistema productivo a largo plazo. Esta valoración positiva también puede estar relacionada con el fuerte arraigo generacional observado (indicador C-Permanencia del sistema en el tiempo), donde el 86 % de los productores indicó que, al menos, un miembro de su familia desea continuar con la actividad ganadera, considerándola su principal fuente de sustento económico. El resultado coincide con lo reportado por Kido-Cruz, Martínez-Castro, Valenzuela-Jiménez y Kido-Cruz (2023) en Oaxaca, México, quienes señalaron que la permanencia de la actividad ganadera está estrechamente vinculada con su transmisión intergeneracional. De esta manera la estabilidad percibida del sistema productivo no depende únicamente de factores económicos, sino también de aspectos sociales y culturales que favorecen su continuidad en el tiempo.

En ese sentido, en las unidades productivas evaluadas la aplicación de conocimientos y habilidades locales (indicador F) fue bajo (valor 0, figura 1), es decir, la transmisión de saberes heredados por sus antepasados es reducido. Tal desconocimiento limita el aprovechamiento

sostenible de los recursos naturales disponibles, dado que la importancia de los conocimientos tradicionales radica en su construcción colectiva a lo largo de generaciones, orientada a la adaptación social y ecológica en contextos locales. Por ejemplo, en las comunidades ganaderas de la selva Lacandona en Chiapas, México, se reconocen múltiples usos (forrajero, medicinal y alimenticio) de especies arbóreas que brindan beneficios al ganado (Jiménez-Ferrer, Velasco-Pérez, Uribe-Gómez y Soto-Pinto, 2008). En contraste, en las unidades ganaderas evaluadas se identificaron árboles con potencial forrajero y algunos con usos medicinales como *Brosimum alicastrum*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba* y *Leucaena leucocephala*, sin embargo, los productores desconocen sus beneficios y aplicaciones.

El indicador D-Acceso a apoyos gubernamentales presentó un valor menor a dos (figura 1), indicando una condición no sustentable, ya que solo dos productores reportaron haber recibido apoyo económico en los últimos diez años. La situación se atribuye principalmente a la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas y de comunicación (internet, cobertura telefónica y transporte), así como al escaso acompañamiento institucional. Además, en México hay un descuido al concentrar en mayor medida los recursos en los grandes productores lo cual deteriora la capacidad de los pequeños productores en el mercado, aspecto que los hace carecer de los elementos necesarios para ser competitivos y producir solamente para el autoconsumo, sin generar beneficios individuales que les permitan mejorar sus condiciones de vida (Macías-Acosta, Macías-Ponce y González-Acolt, 2020).

La problemática se ve agravada por una limitada participación en diversas organizaciones productivas, económicas o de desarrollo rural (indicador G), ya que los productores están afiliados únicamente a la asociación ganadera local, lo que restringe las oportunidades de acceso a redes de cooperación, créditos, mercados estables y precios justos. Asimismo, se encontró que existe una limitada disposición por parte de los productores para adoptar mejoras tecnológicas o formativas reflejado en el valor del indicador E-Capacidad de cambio e innovación, donde el 47 % asiste a asesorías para la producción dos veces por año,

ofrecidas generalmente por Pronatura Península de Yucatán A.C., del Estado de Campeche, México. La pertenencia a organizaciones que promuevan estos vínculos podría ser clave para fortalecer la eficiencia y sostenibilidad del sistema productivo, mediante formación continua y enfoques menos agresivos para el ambiente.

Indicadores de sustentabilidad ambiental

Esta se clasificó como sustentable de acuerdo con los indicadores evaluados (figura 2). Los indicadores I-Calidad de agua, H-Calidad de suelo y L-Prácticas agroecológicas implementadas, resultaron con valores sustentables, mientras que los indicadores más alejados de la sustentabilidad fueron J- Zonas de conservación arbórea y K- Presencia de fauna silvestre indicando deficiencias en la conservación de la biodiversidad.

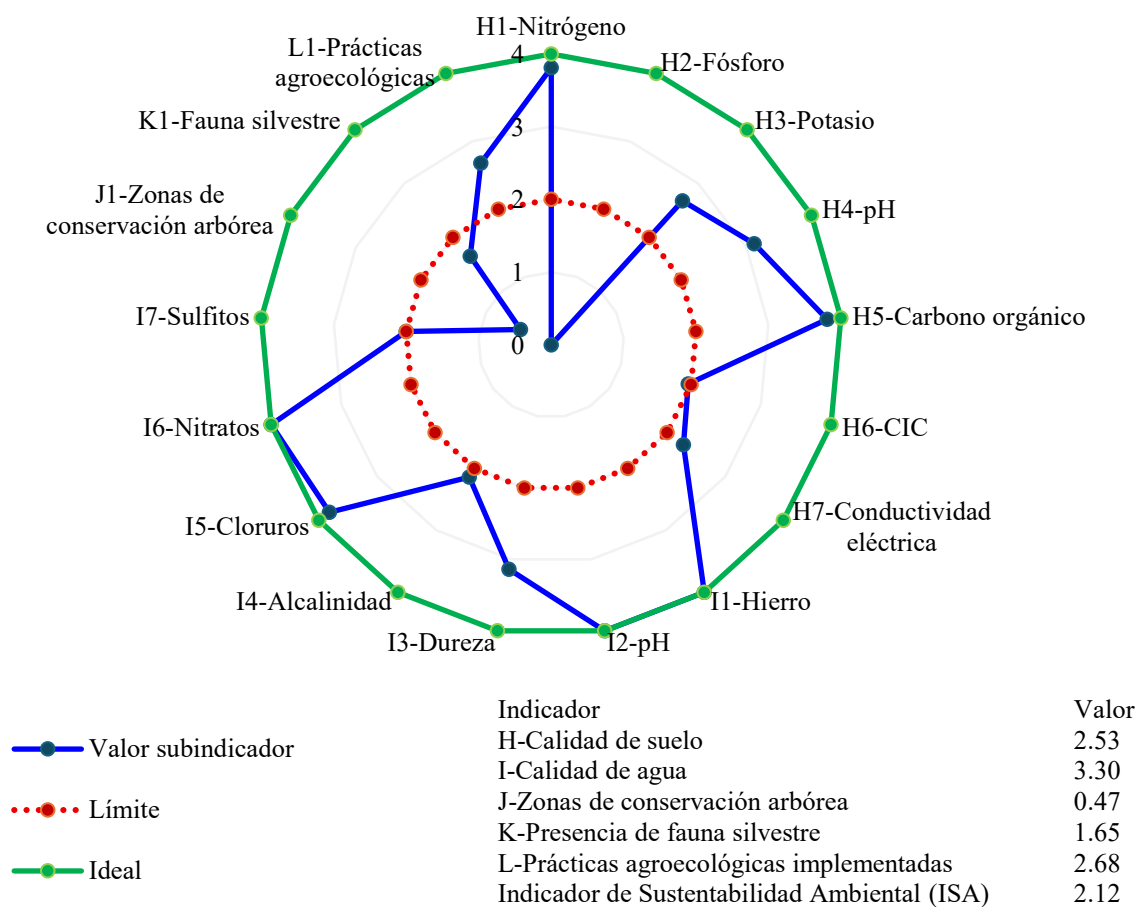


Figura 2. Indicador de Sustentabilidad Ambiental del sistema bovino de carne de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México. Fuente: elaboración propia.

El indicador I-Calidad del agua obtuvo el valor más alto entre los indicadores sustentables (figura 2); el 79 % de las unidades de producción dispone de agua potable para el ganado y de buena calidad. No obstante, en el 14 % de las muestras se registró alcalinidad y en el 7 % dureza por encima del límite permisible establecido en la norma mexicana, probablemente debido a la alta concentración de minerales, como calcio y magnesio, presentes en los suelos calcáreos característicos de la Península de Yucatán, México (García-Castro y Graniel-Castro, 2010).

En relación con lo anterior, para el indicador H-Calidad del suelo, aunque el 70 % de las muestras presentó valores adecuados de pH, CIC, conductividad eléctrica y potasio, así como niveles de nitrógeno y carbono orgánico considerados dentro de rangos sustentables, se detectaron deficiencias de fósforo. Esta condición podría estar asociada con su baja disponibilidad natural y con los procesos de fijación característicos de los suelos calizos (Saynes-Santillán, Turrent-Fernández y Etchevers, 2019), lo que limita la disponibilidad del nutriente para las plantas. No obstante, se requieren evaluaciones específicas de productividad vegetal para determinar el efecto de esta limitante sobre el desempeño productivo del sistema.

Con el propósito de mejorar sus sistemas productivos, los productores implementan prácticas agroecológicas (indicador L), las cuales alcanzaron un valor sustentable. El resultado refleja que la mayoría de los productores aplica al menos una práctica sustentable dentro de sus unidades de producción, destacando la rotación de potreros y el uso de cercas vivas, las cuales pueden favorecer la regeneración del pasto y la conservación de la biodiversidad (Murgueitio, Chará, Barahona, Cuartas y Naranjo, 2014). No obstante, el indicador J-Zonas de conservación arbórea registró el valor más bajo, debido a que, el 68 % de las unidades productivas cuenta con áreas de menos del 30 % de la superficie total destinadas a la conservación.

Esta información, indica que, si bien hay prácticas con potencial de favorecer la biodiversidad, su implementación no ha sido suficiente para incrementar la superficie dedicada

a la conservación arbórea, limitando su contribución potencial al mantenimiento de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos dentro de los sistemas ganaderos. Por ello, es fundamental promover el conocimiento sobre los beneficios que aportan estas zonas, como la regulación térmica, el mantenimiento de la humedad del suelo, la mejora en la calidad del forraje y el incremento en la productividad y reproducción del ganado (Murgueitio et al., 2014). Además, una mayor cobertura arbórea podría ayudar al aumento del valor del indicador K-Presencia de fauna silvestre, ya que árboles y arbustos son esenciales para proporcionar alimento, refugio y hábitat tanto permanente como temporal para diversas especies (Zamora-Pedraza et al., 2022).

Indicadores de sustentabilidad económica

El 60 % de los indicadores se ubicaron con valores por debajo del límite mínimo de sustentabilidad (valor ≥ 2) (figura 3), por lo que esta dimensión se clasificó como no sustentable. Los indicadores N-Eficiencia económica y O-Bienestar animal alcanzaron valores dentro del rango para considerarse sustentables. El valor obtenido para el indicador N-Eficiencia económica, expone la relevancia de la ganadería bovina como principal fuente de ingresos, ya que el 85 % de los productores reportó que esta actividad cubre entre el 50 y 69 % de los gastos familiares, y genera entre el 31 y 40 % de retorno sobre la inversión durante el periodo de engorda de los animales. La proporción indica una situación financiera favorable, siempre que las pérdidas de capital neto no superen dicho margen (Callejas-Juárez, Aranda-Gutiérrez, Rebollar-Rebollar y De la Fuente-Martínez, 2014).

El indicador O-Bienestar animal superó el valor límite de sustentabilidad, dado que el 65 % de los sistemas cuenta con instalaciones adecuadas, aplica esquemas de vacunación semestrales o anuales y realiza desparasitaciones contra ecto y endoparásitos cada cuatro a seis

Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

meses. Estas prácticas están financiadas principalmente por la venta de ganado o ingresos complementarios. Las acciones además de mantener la salud del hato favorecen la comercialización de los animales y, en consecuencia, mejoran la economía de los productores.

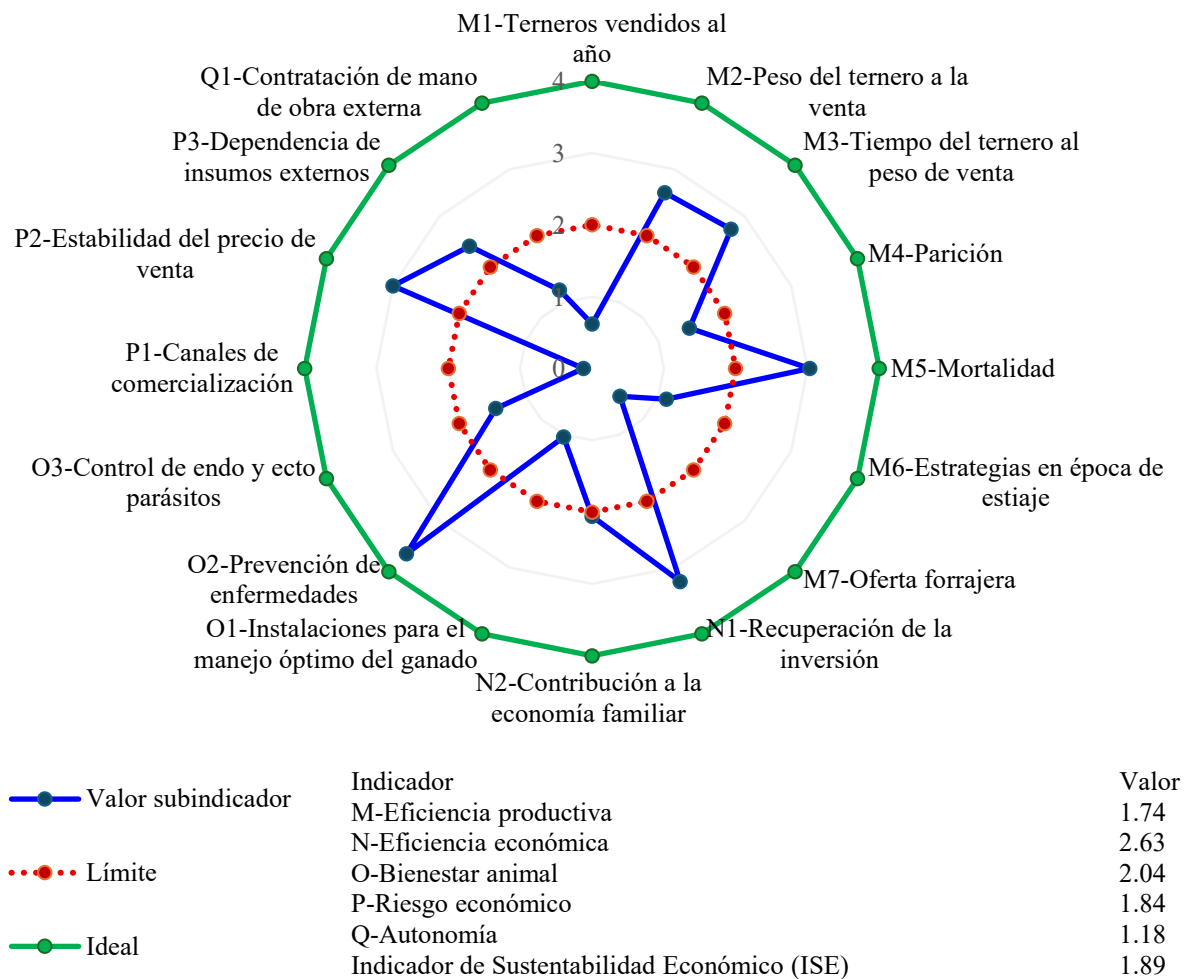


Figura 3. Indicador de Sustentabilidad Económico del sistema bovino de carne de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los indicadores más alejados a la sustentabilidad fueron Q-Autonomía y M-Eficiencia productiva, ambos con valores por debajo del límite de sustentabilidad. En este contexto, la contratación de mano de obra más de tres veces al año incrementa significativamente los costos operativos y reduce la autonomía de las unidades de producción. La baja eficiencia productiva se relaciona estrechamente con los bajos valores registrados en

los subindicadores de terneros vendidos, parición y estrategias empleadas durante la época de estiaje. El 70 % de los productores comercializa menos de veinte animales al año, con pesos promedio de 335 kg. Asimismo, se reportaron porcentajes de parición entre 51 y 60 %, de mortalidad entre 6 y 10 %, y una limitada diversificación en las estrategias durante el estiaje, predominando el uso exclusivo de sales minerales o silo. Estos factores reflejan un bajo rendimiento del sistema productivo.

El indicador P-Riesgo económico presentó un valor por debajo del valor límite, principalmente influenciado por el bajo desempeño del subindicador relacionado con los canales de comercialización. Teniendo que, el 80 % de los productores depende exclusivamente de un único canal, un intermediario local conocido como “coyote”, quien compra los animales directamente en las unidades de producción y generalmente fija las condiciones de compra y el precio. Esta dependencia reduce la viabilidad económica del sistema, al limitar el acceso a mercados regionales o supermercados que podrían ofrecer mejores precios. Además, la falta de organización y lejanía de las comunidades respecto a zonas urbanas acentúa esta problemática, dificultando el acceso a canales de comercialización más rentables y diversificados.

Índice de Sustentabilidad General

Para este índice se obtuvo un valor de 1.83 (figura 4), clasificando el sistema de producción bovina de carne de Laguna Grande de Escárcega, Campeche, como no sustentable según los criterios de Sarandón y Flores (2009). Los resultados coinciden con los reportados por Otta et al. (2015) en un sistema extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina, donde la dimensión ambiental fue sustentable y las dimensiones económica y social alcanzaron el umbral mínimo de sustentabilidad, a diferencia de lo encontrado en el presente estudio. Sin embargo, los autores concluyeron que, desde una perspectiva integral, el sistema no era sustentable. La comparación de los resultados de este estudio con otros trabajos previos resulta limitada, dado que en la

región de estudio no se han realizado evaluaciones del sistema bovino de carne mediante metodologías multicriterio que integren simultáneamente las dimensiones social, ambiental y económica.

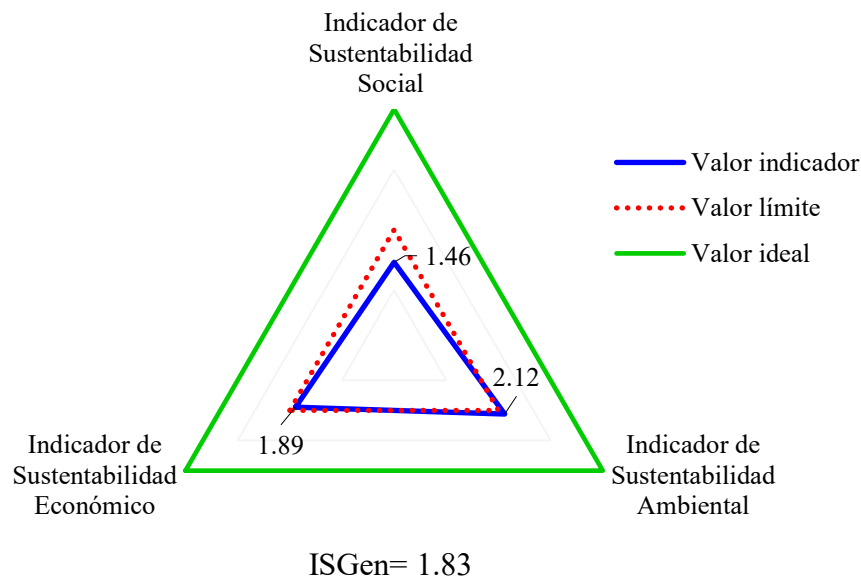


Figura 4. Índice de Sustentabilidad General (ISGen) del sistema bovino de carne de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México. Fuente: elaboración propia.

Es posible identificar coincidencias relevantes a pesar de las diferencias metodológicas. Por ejemplo, en una evaluación de la sustentabilidad socioambiental de unidades de producción con bovinos criollos en Nunkiní en Campeche, México, utilizando un modelo matemático basado en principios del desarrollo sustentable, se concluyó que las unidades productivas eran ambiental y socialmente sustentables, aunque también se señaló la necesidad de fortalecer la participación colectiva para mejorar la productividad (Severino et al., 2023). En Yucatán, México, Silva-Cassani et al. (2022) encontraron que los sistemas silvopastoriles nativos mostraron una mayor sustentabilidad ambiental y económica, así como, en comparación con los sistemas silvopastoriles intensivos y los monocultivos de pastos. Los resultados evidencian

la necesidad de intervenciones integrales que fortalezcan simultáneamente los aspectos sociales y económicos del sistema, sin comprometer los logros ambientales.

Limitaciones

Aunque el estudio proporciona información valiosa sobre la sustentabilidad del sistema bovino, presenta algunas limitaciones que deben considerarse. La muestra se concentró en productores vinculados a Pronatura Península de Yucatán y en la comunidad de Laguna Grande, Escárcega, Campeche, por lo que la extrapolación de los resultados a otras regiones debe realizarse con cautela, debido a las diferencias ecológicas, sociales y productivas. En futuras investigaciones, sería conveniente ampliar el tamaño y la diversidad de la muestra para incluir productores de distintas regiones y escalas, con el fin de obtener una visión más representativa y robusta del sistema bovino. Además, aunque se realizaron análisis físicoquímicos de suelo y agua, la incorporación de otros indicadores relacionados con la biodiversidad, la diversidad vegetal, la fauna silvestre, las prácticas de manejo convencionales, el bienestar animal y la alimentación del ganado permitiría una evaluación más integral de la sustentabilidad del sistema bovino.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de sustentabilidad del sistema bovino de carne en la comunidad de Laguna Grande en Escárcega, Campeche, México, no es sustentable, con un desempeño diferenciado entre los indicadores evaluados. Los indicadores ambientales mostraron valores relativamente favorables, lo que sugiere una condición aceptable de los recursos naturales evaluados. En contraste, los indicadores sociales y económicos presentaron deficiencias importantes, especialmente en lo relativo al acceso a servicios básicos, apoyos gubernamentales, organización, asesoría técnica, diversificación de ingresos, aspectos productivos y comercialización de productos, situándolas por debajo del límite de sustentabilidad.

Estos hallazgos evidencian la necesidad de fortalecer la asistencia técnica y los programas de extensionismo rural mediante una mayor articulación entre los productores, las instituciones de investigación y los organismos de desarrollo rural. La vinculación permitiría facilitar el acceso a capacitación, financiamiento y mercados, así como promover la diversificación productiva a través de alternativas compatibles con las condiciones de la región, como los sistemas silvopastoriles. Asimismo, el fortalecimiento de conocimientos locales, junto con una mayor organización e interacción entre productores, podrían contribuir a mejorar el desempeño social y económico de las unidades de producción. Estas acciones favorecerían el avance hacia sistemas ganaderos más sustentables, manteniendo las condiciones ambientales favorables identificadas en el presente estudio.

Referencias bibliográficas

- Bolívar, H. (2011). Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 8(1), 1-18. Recuperado de <https://redalyc.org/pdf/2746/274619739001.pdf>
- Callejas-Juárez, N., Aranda-Gutiérrez, H., Rebollar-Rebollar, S. y De la Fuente-Martínez, M. L. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 133-139. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v25n1/a13v25n1.pdf>
- Del prado, A. y Manzano, P. (2020). *La ganadería y su contribución al cambio climático*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/344810209>
- Eslami, Y., Lezoche, M., Panetto, H. y Dassisti, M. (2023). An indicator-based sustainability assessment framework in manufacturing organisations. *Journal of Industrial Information Integration*, 36(1), 1-16, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100516>
- Fonseca-Carreño, N. E. y Narváez-Benavides, C. A. (2021). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción campesina en Sumapaz, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 29-46, doi: <http://doi.org/10.36436/24223484.318>
- García-Castro, G. y Graniel-Castro, E. (2010). Geología. En R. Durán, M. Méndez. (Ed.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma, 496. Recuperado de <https://www.cicy.mx/sitios/biodiversidad-y-desarrollo-humano-en-yucatan/>
- García-Martínez, A., López-Gama, R., Morales-Almaraz, E., Martínez-García, C. G., Albarrán-Portillo, B. y Rayas-Amor, A. A. (2017). Análisis productivo y económico de unidades de producción de ganado bovino para carne en Tlatlaya, estado de México. *Agroproductividad*, 10(10), 22-28, doi: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.352751>
- Gavito, M., Wal, H., Aldasoro, E. M., Bullén, A., Cach-Pérez, M., Casas-Fernández, A., Fuentes, A., González-Esquivel, C., Jaramillo-López, P., Martínez, P., Masera-Cerruti, O., Pascual, F., Pérez-Salicrup, D.R., Robles, R., Ruiz-Mercado, I. y Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 150-160, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- Haro-Altamirano, J. P., Osorio-Rivera, M. A., Vivar-Arrieta, M. A., Jácome-Tamayo, S. P. y Narváez-Brito, J. M. (2021). Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de la agricultura familiar, Cantón

Sustentabilidad del sistema bovino de carne en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

- Penipe, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(131), 1-21, doi: <https://doi.org/10.56369/tsaes.4331>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2020). *México en cifras*. Recuperado de <http://www.inegi.gob.mx/geo/default.asp?e=04>
- Jiménez-Ferrer, G., Velasco-Pérez, R., Uribe-Gómez, M. y Soto-Pinto, L. (2008). Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Zootecnia tropical*, 26(3), 333-337. Recuperado de <https://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n3/art38.pdf>
- Kido-Cruz, A., Martínez-Castro, C. J., Valenzuela-Jiménez, N. y Kido-Cruz, M. T. (2023). Evaluation of the bioeconomic principles of sustainability in three beef production systems in Loma Bonita, Oaxaca. *Revista de Geografía Agrícola*, 72, 1-19, doi: <http://doi.org/10.5154/r.rga.2022.72.1>
- López-Torres, J. L. y Tamarit-Urías, J. C. (2005). Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo*, 11(2), 117-123. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/629/62911207.pdf>
- Macías-Acosta, R., Macías-Ponce, J. C. y González-Acolt, R. (2020). Distribución de recursos en programas para el Desarrollo Rural en México. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(89), 330-3250, doi: <https://doi.org/10.37960/revista.v25i89.31535>
- Martínez-Chapa, O. y Salazar-Castillo, J. E. (2022). Desafíos presentes en el México rural: problemas y posibilidades. *Espacio Abierto*, 31(3), 87-105. Recuperado de <https://ve.scielo.org/pdf/ea/v31n3/2477-9601-ea-31-03-87.pdf>
- Masera, O., Astier, M. y López, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C. y Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501-507. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728001.pdf>
- Niloofar, P., Lazarova-Molnar, S., Thumba, D. A. y Shahin, K.I. (2023). A conceptual framework for holistic assessment of decision support systems for sustainable livestock farming. *Ecological Indicators*, 155, 111029, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111029>
- Otta, S., Quiroz, J., Juaneda, E., Salva, J., Viani, M. y Filippini, M. F. (2015). Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 48(1), 179-195. Recuperado de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8460/cp13-otta.pdf
- Salomón, A., Onyango, V., Mayo, D., Al Waer, H. y Dawodu, A. (2023). Conceptualizing the characteristics of the indicators of a neighbourhood sustainability assessment framework in a developing country context. *Environmental Impact Assessment Review*, 102(1), 1-15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107197>
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19-28. Recuperado de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131>
- Saynes-Santillán, V., Turrent-Fernández, A. y Etchevers J. D. (2019). Agricultura Sustentable: el papel de la fertilización inteligente con nitrógeno y fósforo en México. *Elementos para políticas públicas*, 3(3), 275-290, doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3378>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader, 2022). *Producción agropecuaria y pesquera en Campeche*. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/produccion-agropecuaria-y-pesquera-en-campeche?tab=>
- Secretaría de Salud (SSA1, 2021). *NOM-127-SSA1-2021 (Norma Oficial Mexicana). 2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua*. Recuperado de <https://www.dof.gob.mx/notadetalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2002). *NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). 2000. Que estable las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera*. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierrepecuario>
- Severino, V. H., López R. L. Y., Pérezgrovas G. R. A., Albores M. S., Sierra V. A. C. y Piñeiro V. A. T. (2023). Evaluación socioambiental en unidades de producción con bovinos criollos Nunkiní en Campeche, México. *Acta universitaria*, 33, 1-14, doi: <https://doi.org/10.15174/au.2023.3721>
- Silva-Cassani, N., Mancera, K. F., Canul, J., Ramírez-Avilés, L., Solorio, J., Güereca, P. y Galindo, F. (2022). Evaluation of the sustainable performance of native and intensive silvopastoral systems in the Mexican

Sustentabilidad del sistema bovino de carne
en Laguna Grande, Escárcega, Campeche, México

Candelario-Rosales, Fraire-Cordero, Rosales-Martínez, Flota-Bañuelos, Sánchez-Hernández, Morales-Terán

- tropics using the MESMIS framework. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3), 1-22, doi: <http://doi.org/10.56369/tsaes.3556>
- Tonolli, A. J. y Ferrer, C. R. (2018). Comparación de marcos de evaluación de agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 487-504, doi: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2519>
- Torres, J. P., Durand-Chávez, L. M., Quispe-Casa, H. M., Linares-Rivera, J. L., Segura, G. T., Calderón, R., Vásquez, E. V., Pérez, J., Quintana, L. M., Ampuero-Trigoso, G., Robles, E. E. y Saucedo-Uriart, J. A. (2023). Sustainability of livestock farms: The case of the district of Moyobamba, Peru. *Heliyon*, 9, 1-10, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13153>
- Zamora-Pedraza, G., Avendaño-Reyes, S., Coates, R., Gómez-Díaz, J. A., Lascurain, M., García-Guzmán, G. y López-Acosta, J. C. (2022). Live fences as refuges of wild and useful plant diversity: their drivers and structure in five elevation contrast sites of Veracruz, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 15(1), 1-20, doi: <https://doi.org/10.1177/19400829221078489>