

Journal of Agricultural Sciences Research

LA CRIANZA SUSTENTABLE DE RUMIANTES SUSTAINABLE RUMINANTS RAISING

Jesús Daniel Grande Cano

Área de Sistemas de Producción
Agropecuarios. División de Ciencias
Biológicas y de la Salud. Universidad
Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
Ciudad de México, México.
<https://orcid.org/0000-0001-9419-3883>

José Nahed Toral

Grupo Académico de Agroecología.
Departamento de Agricultura, Sociedad y
Ambiente. El Colegio de la Frontera Sur.
Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n
Chiapas, México.
<https://orcid.org/0000-0003-3506-1201>

José María Castel Genis

Profesor Retirado. Sevilla, España.
<https://orcid.org/0000-0002-4079-3119>

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: Actualmente, la mayoría de los sistemas de producción ganaderos convencionales han sido cuestionados por sus impactos negativos en el ambiente, el bienestar animal, la productividad y la salud pública. Con el objetivo de revertir dichos impactos, se ha propuesto la crianza de animales basados en el paradigma de sustentabilidad, para conocer el nivel de sustentabilidad de los agroecosistemas, o la tendencia hacia la reducción o el incremento de la sustentabilidad. Con ejemplos de México, en este trabajo se destacan algunos aspectos relevantes sobre la importancia y el aporte de los sistemas silvopastoriles (SSP) y la ganadería orgánica para avanzar hacia el desarrollo ganadero sustentable de rumiantes. Se destaca la importancia de los SSP para lograr una mayor sustentabilidad ganadera de acuerdo a los servicios ambientales que ofrecen, como la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático, en comparación con la ganadería extensiva e intensiva convencional. En el caso de la ganadería orgánica y la sustentabilidad, se resalta la estrecha relación entre la aproximación de la ganadería convencional con la sustentabilidad ambiental y económica. Se muestra la importancia para la sustentabilidad de los casos exitosos de transición de la ganadería silvopastoril al modelo de producción orgánica, y se recomienda que los ganaderos que practican los SSP y la ganadería orgánica reciban incentivos económicos de las instituciones gubernamentales por los aportes que hacen al ambiente y a la sociedad.

Palabras Clave: agroforestería pecuaria, sistemas silvopastoriles, ganadería orgánica, biodiversidad, eficiencia energética.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en muchos países los sistemas de producción animal no son sustentables, y

presentan niveles inaceptables de desequilibrio ambiental, pérdida de biodiversidad, daños innecesarios a los animales y riesgo para la salud pública (Gyles, 2010). Por lo anterior, la ganadería es una actividad fuertemente cuestionada, que tiene la oportunidad de alcanzar la sustentabilidad mediante estrategias funcionales, lo que significa aplicar manejo apropiado a los sistemas ganaderos.

En las zonas tropicales y subtropicales de la mayoría de los países latinoamericanos, la introducción o expansión de la ganadería ha provocado la ampliación de los pastizales a costa de bosques y selvas, pérdida de biodiversidad, baja productividad animal, degradación del suelo y polarización socioeconómica. Por estas consecuencias negativas, se ha dado prioridad a su investigación y un activo debate sobre tales temas. En dicho debate, la discusión se centra en qué estrategias de desarrollo seguir para transformar la ganadería convencional hacia una ganadería sustentable, con el fin de conciliar el mejoramiento de los sistemas productivos actuales y la conservación de los recursos naturales, obtener una mayor eficiencia biológica y económica y una mayor autosuficiencia en la producción de carne, leche, lana y subproductos de origen animal, además de favorecer la equidad y el bienestar de los productores, particularmente de los más pobres, de tal forma que tengan la posibilidad de lograr su reproducción biológica y social (Nahed-Toral *et al.*, 2010a).

Ante el panorama descrito, la crianza sustentable de rumiantes, ganadería sustentable o la sustentabilidad ganadera son conceptos muy actuales que requieren ponerse en operación para la solución de problemas prácticos. Así, existen propuestas metodológicas para evaluar la sustentabilidad de dicha actividad, el desarrollo de indicadores de sustentabilidad de la ganadería y numerosos trabajos sobre la evaluación específica de la sustentabilidad de granjas o sistemas de

producción ganaderos (Bernués *et al.*, 2011; Masera *et al.*, 2000; Salas *et al.*, 2015); Sarandón y Flores, 2009; Paraskevopoulou *et al.*, 2020). La sustentabilidad es multidimensional (ambiental, social y económica) y multinivel (parcela, sistema y unidad de producción, organización de productores, entre otros), que debe cubrir atributos como productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión (Masera *et al.*, 2000).

Para avanzar en el desarrollo de la ganadería sustentable [la sustentabilidad ganadera] se han planteado diversas estrategias, entre las que se pueden resaltar, entre otras, los SSP, la ganadería orgánica o ecológica, el pastoreo racional, el pastoreo rotacional intensivo, el manejo holístico y la ganadería diversificada (Cruz y Arellano, 2021; Nahed-Toral *et al.*, 2019).

En el presente documento se destacan diversos aspectos sobre la importancia y el aporte de los SSP y la ganadería orgánica para la crianza sustentable de rumiantes o ganadería sustentable.

LOS SSP Y LA SUSTENTABILIDAD GANADERA

Los SSP y la ganadería orgánica tienen una elevada importancia socioeconómica en diversas partes de México, particularmente en el sur y sureste, donde la diversidad agrícola, edafoclimática, biológica y cultural confluyen y a la vez desafían constantemente la producción de alimentos bajo el dilema producción-manejo-conservación de los recursos base que sustentan la economía de dichas zonas y la reproducción biológica y social de las familias ganaderas. Lo anterior demanda una investigación centrada en el desarrollo con enfoques y métodos innovadores formulados en los contextos específicos de su aplicación (Nahed-Toral *et al.*, 2019).

Los SSP son una forma de agroforestería pecuaria que consiste en incorporar árboles

en diferentes arreglos agronómicos en las áreas de pastoreo. Esta práctica agroecológica es una de las principales estrategia para restaurar potreros degradados, revertir el proceso de ganaderización, diversificar la producción de las unidades de producción, restaurar la diversidad biológica y generar servicios agroecosistémicos (Nahed-Toral *et al.*, 2010b). El empobrecimiento biológico, la fragmentación del hábitat, el cambio climático, el aumento del uso de agrotóxicos y el rápido movimiento mundial de personas y otros organismos vivos han disminuido la función del ecosistema.

Los SSP contribuyen a maximizar las interacciones positivas entre los cultivos para la alimentación humana, la ganadería, la silvicultura y el medio físico, maximizan la productividad de la tierra, permiten manipular eficientemente los principios biológicos de la producción animal y vegetal y sus interacciones, aumentan la producción, promueven un balance entre el uso y la conservación de los recursos naturales y favorecen el desarrollo sustentable de los recursos (Nahed-Toral *et al.*, 2010b).

Los SSP también contribuyen a una mayor sustentabilidad ambiental mediante la conservación de la biodiversidad de plantas, como se demostró en el estudio de los SSP con manejo tradicional de la Cuenca transfronteriza del Grijalva, en los que encontró una elevada diversidad arbórea, con más de 24 familias botánicas y 53 especies (Cuadro 1). Los sistemas económicos actuales ejercen presión sobre el medio ambiente, lo que provoca la destrucción de la vida silvestre y lleva a las especies a vivir más cerca unas de otras y de los humanos. Por ello, en las últimas décadas hubo un aumento significativo en el número de brotes de enfermedades infecciosas, incluidas las zoonosis, que provocan pérdida de vidas y amenazan el desarrollo económico y la integridad de los

ecosistemas. La situación actual provocada por la pandemia de COVID-19 se debe a los efectos de la perturbación de los ecosistemas, que a su vez afecta la salud humana (Erşan *et al.*, 2021).

La pandemia de COVID-19 no se ha propagado directamente a través del ganado, por lo que no se han provocado perturbaciones directas en la producción de alimentos a nivel de granja; sin embargo, la crisis sanitaria amenaza la capacidad de las granjas para mantener el suministro de alimentos debido a los cierres de los mercados y la carencia de mano de obra, lo que puede reducir la sustentabilidad de los sistemas ganaderos.

Sistema silvopastoril	Familias	Especies
Cercos vivos	18	32
Árboles dispersos en potreros	24	53

Cuadro 1. Número de familias botánicas y especies de árboles en los sistemas silvopastoriles tradicionales de la región media (Chiapas-Tabasco, sureste de México) en la Cuenca transfronteriza del Grijalva (Nahed-Toral *et al.*, 2013).

LOS SSP Y LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los SSP contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono, principalmente con la siembra de árboles y el incremento de la materia orgánica del suelo; reducir las emisiones de CO₂ evitando la quema y la deforestación, ya que ejercen una menor presión sobre los bosques y selvas; menguar las emisiones de óxido nitroso mediante la disminución del uso de fertilizantes nitrogenados, y aumentar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico al suelo mediante las especies leguminosas, así como favorecer la fauna silvestre y la macro y microfauna del suelo; disminuir las emisiones de gas metano

al ofrecer a los animales forrajes diversos y de mejor calidad nutritiva, mayor digestibilidad y mejor patrón de fermentación ruminal; y aminorar el impacto de la lluvia en el suelo, con lo cual se incrementa la capacidad de infiltración y retención de agua y se disminuye la escorrentía superficial (Nahed-Toral *et al.*, 2019).

Entre los servicios agroecosistémicos que ofrecen los SSP, destaca la captura o secuestro de carbono, que permite la venta de bonos de carbono en el mercado voluntario que permite a los ganaderos obtener ingresos por dicho concepto. Por ejemplo, en el año 2006 en Chiapas la Cooperativa Ambio tuvo ventas por carbón secuestrado en el mercado voluntario de 42053 Ton (AMBIO, 2007).

Existen evidencias claras de los beneficios de los árboles en los sistemas ganaderos agroforestales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; así, en las evaluaciones sobre el potencial de captura de carbono en paisajes ganaderos de la región de la Selva Lacandona, el valor más alto se obtuvo en pasturas con presencia de árboles (88.89 Mg C ha⁻¹), seguido por pasturas con cercos vivos (87.5 Mg C ha⁻¹), mientras que el valor más bajo correspondió a las pasturas en monocultivo (60.62 Mg C ha⁻¹). La materia orgánica del suelo fue el mayor reservorio y no fue diferente bajo ninguno de los sistemas, y tampoco hubo diferencia por profundidad del suelo (Jiménez *et al.*, 2008). En otros sistemas agrícolas de Taungya, milpa tradicional, acahuals mejorados y barbecho natural en Chiapas, Roncal-García (2007) encontró valores de 109.4, 127.9, 150.1 y 177.6 Mg C ha⁻¹ respectivamente. Lo anterior concuerda con las estimaciones de almacenamiento de carbono en paisajes ganaderos en Centroamérica y Colombia reportadas por Ibrahim *et al.* (2007), quienes evaluaron pasturas degradadas, pasturas naturales y mejoradas con árboles, bancos forrajeros

y bosques secundarios, y encontraron 72.5, 97.3, 115.13, 130.6 y 162.17 Mg C ha⁻¹ respectivamente.

De manera general, los follajes de las especies arbóreas forrajeras presentan mejor composición nutricional y mayor digestibilidad que los pastos, por lo que actualmente en diversas regiones de México y del estado de Chiapas se está fomentando el desarrollo de SSP intensivos con la utilización de tales recursos, lo que contribuye a una mayor sustentabilidad. Así, la digestibilidad *in vivo* del pasto *Pennisetum clandestinum* (36.9 %) como dieta única de ovinos fue menor que al suministrar una dieta con 40 % de *P. clandestinum* y 60 % de follaje de la arbórea *Buddleia skutchii* (42.3%; Sanginés *et al.*, 2007). Por otra parte, la digestibilidad *in situ* de los pastos *Pennisetum purpureum* (70.1 %) y *Cynodon nlemfuensis* (53 %) fue menor que la del follaje de las arbóreas *Gliricidia sepium* (74.1 %), *Brosimum alicastrum* (84.8%), *Erythrina mexicana* (75.8 %), *Guazuma ulmifolia* (77.9 %) y *Cajanus cajan* (73.3; Jiménez, 2000). De esta forma, además de obtener mayor productividad animal en beneficio de los productores, los SSP contribuyen a reducir las emisiones de metano, mitigar el cambio climático, e incrementar la sustentabilidad ambiental.

En este contexto, las innovaciones socioambientales orientadas al desarrollo sustentable de los SSP constituyen herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático, ofrecen múltiples beneficios productivos y generan, en comparación con los sistemas convencionales, servicios agroecosistémicos en favor de la sociedad, tanto a nivel local/productor, como regional/paisaje y global (Nahed-Toral *et al.*, 2019).

LA GANADERÍA ORGÁNICA Y LA SUSTENTABILIDAD GANADERA

La ganadería orgánica o ecológica, es aquella que se desarrolla en sistemas de producción animal basados en el pastoreo, que permite cerrar de forma natural e integrada el ciclo suelo-planta-animal, conservar el entorno ambiental y la biodiversidad, favorecer el bienestar animal, evitar el empleo de sustancias de síntesis química (agroquímicos) y ofrecer a los consumidores alimentos de origen animal de gran calidad organoléptica, nutritiva e higiénico-sanitaria (IFOAM, 2014). La ganadería orgánica se basa en los principios de la salud, la agroecología, la agroforestería, la equidad, la precaución, la responsabilidad, la sustentabilidad, y actualmente está adquiriendo mucha importancia por la alta demanda de productos sanos por parte de los consumidores (Sánchez *et al.*, 2012).

De manera general, en las evaluaciones de sustentabilidad de la producción ganadera orgánica, se ha demostrado que dicho modelo de producción es más sustentable en comparación con los sistemas de producción convencionales (Castellini *et al.*, 2006; Nahed *et al.*, 2018). De acuerdo con lo anterior, se reconoce la estrecha relación entre la mayor aproximación de la ganadería convencional al estándar orgánico y la sustentabilidad, como se ha demostrado en diversos estudios. Así, en la evaluación del cumplimiento con los estándares orgánicos de las granjas caprinas con manejo extensivo en la Mixteca Baja de Puebla; México, se encontró que las granjas con la mayor aproximación a la producción orgánica tuvieron un mayor acercamiento a la sustentabilidad ($R^2 = 0.73$) (Gráfica 1); en esta investigación, la aproximación de las granjas a la producción orgánica se estableció mediante el Índice de Conversión Orgánica Ganadera (ICOGAN), el cual es un índice multicriterio integrado por 10 indicadores y 35 variables referentes a tecnologías agroecológicas,

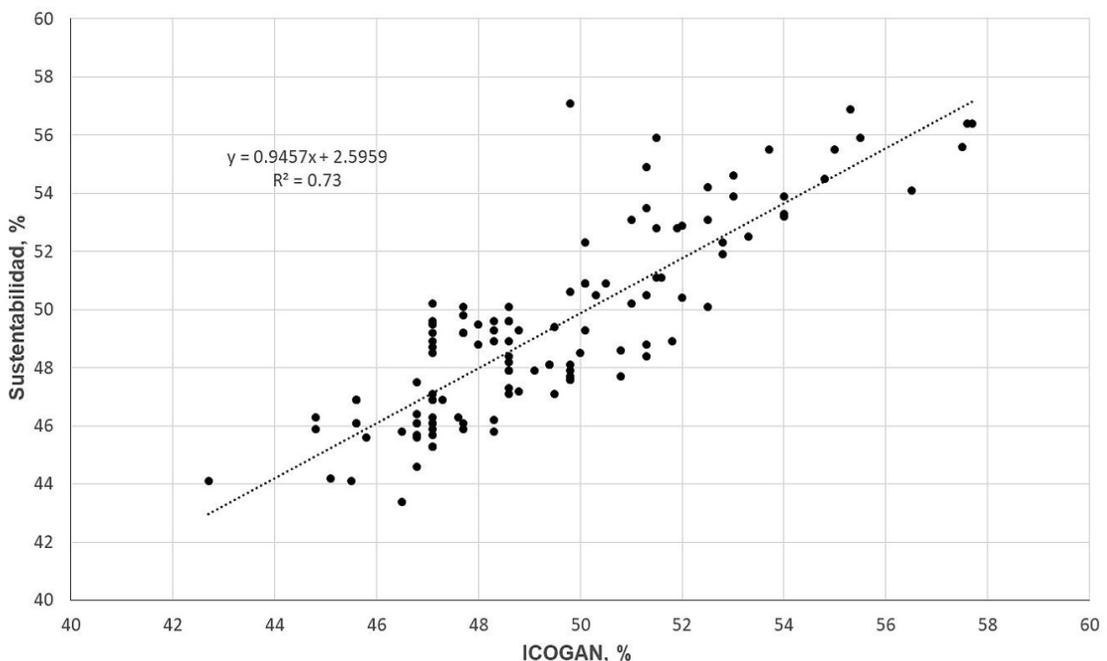
agroforestales y sustancias permitidas y restringidas.

En el mismo sentido, también se ha establecido la estrecha relación entre la aproximación de los sistemas de producción orgánica en función del valor del ICOGAN y la eficiencia energética, lo que contribuye a una mayor sustentabilidad. Al respecto, Valdivieso *et al.* (2019) evaluaron la aproximación de unidades convencionales de producción ganadera de bovinos de doble propósito al modelo orgánico en la región tropical húmeda de Chiapas, México y encontraron una correlación intermedia ($R^2 = 0.41$) entre el ICOGAN y la eficiencia energética (Gráfica 2). En esta misma investigación también se demostró la relación entre la aproximación al modelo de producción orgánico y la mayor sustentabilidad económica, lo cual se demostró por la correlación obtenida entre el ICOGAN y el margen neto por vaca ($R^2 = 0.43$) (Gráfica 3).

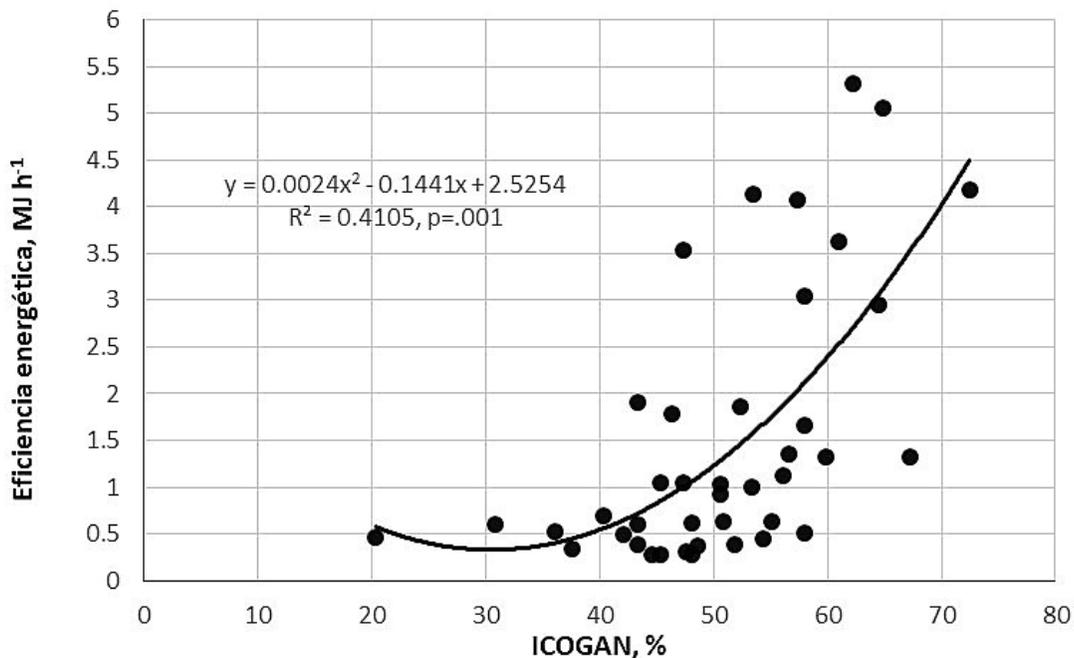
Por otra parte, en México ya existen casos

sobre la transformación de la ganadería con manejo silvopastoril al modelo de producción orgánico. Un ejemplo exitoso de agroforestería pecuaria con manejo silvopastoril que ha transitado hacia la ganadería orgánica es el caso de los productores de la Sociedad de Producción Rural (SPR), La Pomarroza, del Ejido Emiliano Zapata en el Municipio de Tecpatán Chiapas, quienes lograron desde 2010 la certificación orgánica de su producción lechera ante la empresa certificadora CERTIMEX. Los productores fueron asesorados por académicos de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y técnicos de SECAM. Dicha SPR está integrada por 22 productores ejidatarios, y fue el primer grupo de ejidatarios en el estado y del país que certificaron su producción lechera como orgánica (Nahed-Toral *et al.*, 2010b).

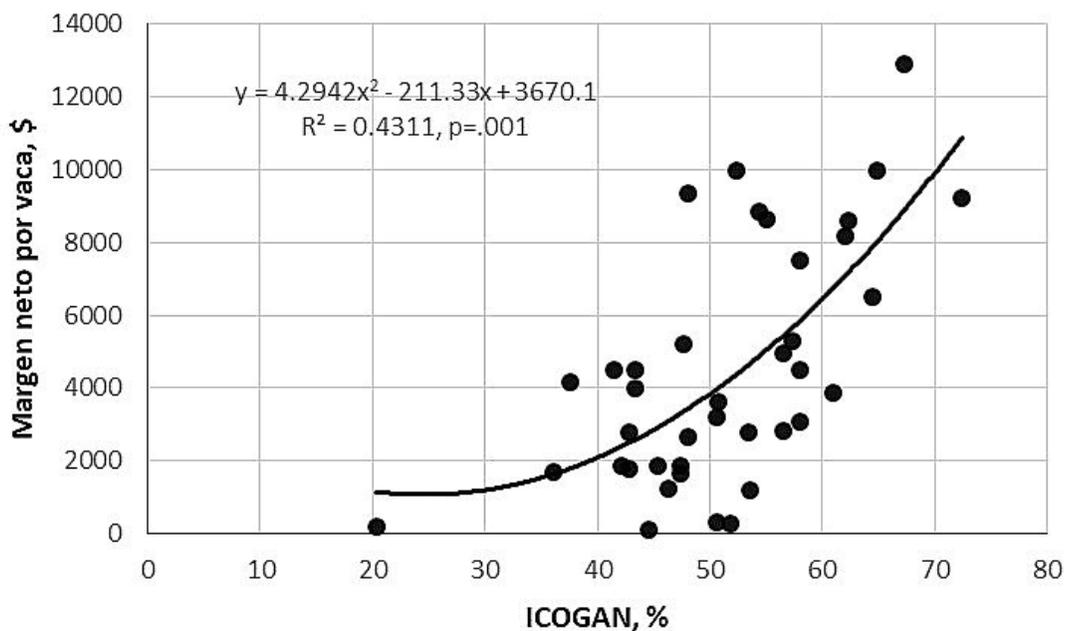
Además de la importancia de conocer y promover las prácticas y sistemas de producción ganaderos como los ya



Gráfica 1. Relación entre el Índice de Conversión de la ganadería orgánica (ICOGAN) y la sustentabilidad en 119 granjas caprinas de seis municipios de la Mixteca Baja de Puebla, México (Nahed-Toral *et al.*, 2021).



Gráfica 2. Relación entre el Índice de Conversión de la Ganadería Orgánica (ICOGAN) y la eficiencia energética de unidades convencionales de producción ganadera de bovinos de doble propósito en la región tropical húmeda de Chiapas, México (Valdivieso *et al.*, 2019).



Gráfica 3. Relación entre el Índice de Conversión de la Ganadería Orgánica (ICOGAN) y el margen neto por vaca de unidades convencionales de producción ganadera de bovinos de doble propósito en la región tropical húmeda de Chiapas, México (Valdivieso *et al.*, 2019).

señalados, que permiten un mayor y mejor aprovechamiento de los recursos, también es necesario valorar y demostrar la sustentabilidad de dichos sistemas. Por ello, es urgente profundizar en la evaluación de la sustentabilidad de la ganadería bovina (Mäser *et al.*, 2000), particularmente la que se practica con manejo silvopastoril tradicional, la cual es una de las principales modalidades en las regiones tropicales, como en el espacio geográfico del corredor biológico mesoamericano en Chiapas, México.

También es muy importante identificar las limitaciones, potencialidades y oportunidades de las cadenas productivas de los productos agroalimentarios ganaderos y su relación con la sustentabilidad. Actualmente es poca la información sobre dichos aspectos, por lo que es necesario generar información consistente que permita orientar los mecanismos de gestión en los diferentes eslabones de la cadena productiva y aplicar las medidas correctivas para obtener mayor competitividad en beneficio de los productores. Para ello, es importante adoptar el enfoque de cadena de valor para gestionar las cadenas productivas que convencionalmente se encuentran operando. Es decir, favorecer las relaciones estratégicas entre las diferentes organizaciones participantes, con el propósito de satisfacer objetivos específicos de mercado en el mediano y largo plazo, y lograr beneficios mutuos en todos los eslabones de la cadena productiva (Lundy *et al.*, 2004).

Finalmente, se ha reconocido la posibilidad de que los productores agropecuarios reciban pagos por los servicios ambientales (agroecosistémicos) que ofrecen (Ibrahim *et al.*, 2006; Murgueitio, 2009), por lo que sería deseable que los ganaderos mexicanos que practican los SSP y la ganadería orgánica reciban incentivos económicos por parte de instituciones gubernamentales -como la Comisión Nacional Forestal (Conafor),

por los aportes que hacen a la sociedad y al ambiente.

CONCLUSIONES

El presente trabajo sugiere que los SSP y la ganadería orgánica son muy importantes para conservar y favorecer la biodiversidad, aportar servicios agroecosistémicos, favorecer la eficiencia energética, el margen neto por vaca y la crianza sustentable de rumiantes.

REFERENCIAS

AMBIO. **Informe técnico Anual**. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 2007. 55 p.

BERNUÉS, A.; BOUTONNET, J. P.; CASASUS, I.; CHENTOUF, M.; GABIÑA, D.; JOY, M.; LÓPEZ-FRANCOS, A.; MORAND-FEHR, P.; PACHECO, F. (Eds.). 2011. Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. **Options Méditerranéennes**, Série A (Séminaires Méditerranéens), No. 100. Zaragoza: CIHEAM / FAO / CITA-DGA. 379 p.

CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; DAL BOSCO, A.; BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 114, p. 343-350, 2006.

CRUZ ROSALES, M.; ARELLANO GÁMEZ, L. 2021. ¿Se puede lograr una ganadería sustentable? Disponible en: ¿Se puede lograr una ganadería sustentable? (incol.edu.mx) Acceso el: 28 de septiembre de 2021.

ERŞAN, I.; GÖKDAL, A.; SAKARYA, E. Socio-economic impacts of COVID-19 in a one health context. **J Adv VetBio Sci Tech** v. 6, n. 2, p. 171-178, 2021.

GYLES, C. Industrial farm animal production. **Can Vet J** v. 51, p. 125-128, 2010.

IBRAHIM, M.; VILLANUEVA, C.; CASASOLA, F.; ROJAS, J. Silvopastoral systems as a tool for improving productivity and restoration of ecological integrity of livestock landscapes. **Pastos y Forrajes** v. 29, p. 383-419, 2006.

IBRAHIM, M.; CHACÓN, M.; CUARTAS, C.; NARANJO, C.; PONCE, G.; VEGA, P.; CASASOLA, F.; ROJAS, J. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. **Agroforestería en las Américas** v.45, p. 27-35, 2007.

IFOAM. **The IFOAM Norms for Organic Production and Processing**. Bonn, Germany: International Federation of Organic Agriculture Movements, 2014. 128 p.

JIMÉNEZ, F. G. Árboles y arbustos forrajeros de la región Maya-Tzotzil del Norte de **Chiapas, México**. 2000. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, 2000.

JIMÉNEZ, F. G.; AGUILAR, A. V.; SOTO-PINTO, L. Livestock and carbon sequestration in the Lacandon rainforest, Chiapas Mexico. In: Rowlinson, P.; Steele, M.; Nefzaoui, A. (ed.). **Livestock and Global Climate Change**. British Society of Animal Science. UK: Cambridge University Press, 2008. p. 195-197.

LUNDY, M.; GOTTRET, M. V.; CIFUENTES, W.; OSTERTAG, C. F.; BEST, R. **Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de Cadenas productivas con Productores de Pequeña Escala**. Manual de Campo. Cali, Colombia: CIAT, 2004. 90 p.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: El Marco de Evaluación MESMIS**. México, D.F., México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable y Mundi-Prensa, 2000. 101 p.

MURGUEITIO, E. Incentives for silvopastoral systems in Latin America. **Avances en Investigación Agropecuaria** v. 13, p. 3-19, 2009.

NAHED-TORAL, J.; GOMEZ-CASTRO, H.; PINTO-RUIZ, R.; GUEVARA-HERNANDEZ, F.; MEDINA-JONAPA, F.; IBRAHIM, M.; GRANDE-CANO, D. Research and Development of Silvopastoral Systems in a Village in the Buffer Zone of the El Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. **Research Journal of Biological Sciences** v. 5, n. 7, p. 499-507, 2010a.

NAHED-TORAL, J.; JIMÉNEZ FERRER, G.; GRANDE CANO, D. Aspectos sobre agroforestería pecuaria en Chiapas. In: **Memorias del I Congreso Internacional de Manejo de Pastizales Chiapas 2010 y II Simposio Internacional de Forrajes Tropicales**. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas, 2010b. p. 194-203.

NAHED-TORAL, J.; VALDIVIESO-PÉREZ, A.; AGUILAR-JIMÉNEZ, R.; CÁMARA-CORDOVA, J.; GRANDE-CANO, D. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. **Journal of Cleaner Production** v. 57, p. 266-279, 2013.

NAHED, J.; GONZALEZ PINEDA, S.; GRANDE, D.; AGUILAR, J. R.; SÁNCHEZ, B.; RUIZ ROJAS, J. L.; GUEVARA-HERNANDEZ, F.; LEON MARTINEZ, N.; TRUJILLO VAZQUEZ, R. J.; PARRA VAZQUEZ, M. R. 2018. Evaluating sustainability of conventional and organic dairy cattle production units in the Zoque Region of Chiapas, Mexico. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, 2018. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21683565.2018.1534302?journalCode=wjsa21> Acceso el: 20 de septiembre de 2021.

NAHED-TORAL, J.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F.; PALMA-GARCÍA, J. M.; LÓPEZ-TECPOYOTL, Z. G.; SÁNCHEZ-MUÑOZ, J. B.; RUIZ-ROJAS, J. L.; AGUILAR-JIMÉNEZ, J. R.; PARRA-VÁZQUEZ, M. R. Innovación para el desarrollo sustentable de la ganadería mediante sistemas silvopastoriles y producción orgánica en la frontera sur. *In: GARCÍA OCHOA, R.; LEÓN-CORTÉS, J. L. (coord.). Norte Sur. Diálogos de frontera*. Tijuana, Baja California, México: El Colegio de la Frontera Norte, 2019. p. 103-133.

NAHED-TORAL, J.; LÓPEZ TECPOYOTL, Z. G.; AGUILAR JIMÉNEZ, J. R.; GRANDE CANO, D.; DELGADILLO PUGA, C. Compliance of Goat Farming under Extensive Grazing with the Organic Standards and Its Contribution to Sustainability in Puebla, Mexico. **Sustainability** 13, 6293, 2021.

PARASKEVOPOULOU, C.; THEODORIDIS, A.; JOHNSON, M.; RAGKOS, A.; ARGUILE, L.; SMITH, L.; VLACHOS, D.; ARSENOS, G. Sustainability assessment of goat and sheep farms: a comparison between european countries. **Sustainability** 12, 3099, 2020. doi:10.3390/su12083099

RONCAL-GARCÍA, S. **Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en Chiapas, México**. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 2007.

SALAS-REYES, I. G.; ARRIAGA-JORDÁN, C. M.; REBOLLAR-REBOLLAR, S.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.; ALBARRÁN-PORTILLO, B. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. **Trop Anim Health Prod** v. 47, p. 1187-1194, 2015.

SÁNCHEZ, B.; NAHED, J.; ORANTES, M. A.; MANZUR, A.; CRUZ, J. L.; RUIZ, J. L.; RODAS, J. A. **Manual para la Producción de Carne Orgánica de Bovinos**. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: Fundación Produce, 2012. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351087223_Manual_para_la_Produccion_de_Carne_Organica_de_Bovinos_Manual_for_the_Production_of_Organic_Beef_Meat Acceso el: 12 de septiembre de 2021.

SANGINÉS, G. L.; NAHED, J.; JUÁREZ, M. E.; PÉREZ-GIL, F. *In vivo* and *in situ* digestibilities and nitrogen balance of *Buddleia skutchii* as a sole component and mixed with *Pennisetum clandestinum* in sheep diets. **Small Rum. Res.** V. 69, p. 129-135, 2007.

SARANDÓN, S. J.; FLORES, C. C. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. **Agroecología** v. 4, p. 19-28, 2009.

VALDIVIESO PÉREZ, I. A.; NAHED TORAL, J.; PIÑEIRO VÁZQUEZ, A. T.; GUEVARA HERNÁNDEZ, F.; JIMÉNEZ FERRER, G.; GRANDE CANO, D. Potential for organic conversion and energy efficiency of conventional livestock production in a humid tropical region of Mexico. **Journal of Cleaner Production** v. 241, 118354, 2019.