



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

## MEMORIAS

**XXXI REUNION INTERNACIONAL  
SOBRE PRODUCCION DE CARNE Y  
LECHE EN CLIMAS CALIDOS**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MEXICO, 25 y 26 DE NOVIEMBRE DE  
2021



**Evento virtual en Mexicali, Baja California, 25 y 26 de  
Noviembre de 2021**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



## AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

**Dr. Daniel Octavio Valdez Delgadillo**

Rector

**Dr. Luis Enrique Palafox Maestre**

Secretario General

**Dra. Gisela Montero Alpírez**

Vicerrectora Campus Mexicali

**Dr. Juan Guillermo Vaca Rodríguez**

Coordinador General de Investigación y Posgrado

**Dr. Daniel González Mendoza**

Director del Instituto de Ciencias Agrícolas

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

**Dr. Leonel Avendaño Reyes**

Presidente

**Dr. Ulises Macías Cruz**

Secretario

**Dra. Vielka Castañeda Bustos**

Tesorera

## **COMITÉ EDITORIAL DE MEMORIA**

**Dr. Leonel Avendaño Reyes**

**Dr. Ulises Macías Cruz**

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

**Dr. Ulises Macías Cruz**

**Dr. Leonel Avendaño Reyes**

**Dra. Vielka Castañeda Bustos**

**Dra. María de Ángeles López Baca**

**Dr. Jesús Santillano Cázares**

**Dra. Marisol Galicia Juárez**

**Dr. Juan González Maldonado**

**Dr. Saúl Hernández Aquino**

**Dra. Adriana Morales Trejo**

**Dr. Ernesto Avelar Lozano**

**Dra. Reyna L. Camacho Morales**

**Dr. Miguel Cervantes Rámirez**

**Toda la información descrita en los artículos es responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja la opinión de los editores de esta memoria.**

## ÍNDICE TEMÁTICO

### ARTÍCULOS DE PONENCIAS MAGISTRALES

Efecto del clima sobre el bienestar y la respuesta productiva del ganado de carne bovino.....	1
Estrategias para mitigar el estrés calórico del ganado lechero en Holanda.....	4
Estrés calórico en ganado de leche: Opciones de mitigación en distintos sistemas productivos.....	8
Los beneficios obtenidos al enfriar a las vacas en el verano.....	10
Tolerancia a temperaturas elevadas del desierto Chihuahuense en bovinos de carne criollo Raramuri vs. Una raza comercial mejorada.....	16
The feedlot meat sector in the Comarca Lagunera: Climate change, ecological footprint and disruptive technology.....	23
Emisiones de metano entérico y cambio climático: Implicaciones para la producción de bovino en estrés calórico.....	143

### ARTÍCULOS DE PONENCIAS CORTAS

Modelando la curva de lactancia estándar en vacas Holstein con diferente paridad y escenario climático.....	31
Modelando el crecimiento temprano de corderos Pelibuey. II. Efecto del sexo y del tamaño de camada.....	34
Efecto de la estación sobre la competencia de ovocitos y producción in vitro de embriones de vacas Holstein.....	37
Estratificación de la ganadería bovina en la región centro de Guerrero.....	41
Evaluación de tres técnicas de diagnóstico en vacas de diagnóstico de preñez en vacas Holstein.....	44
Tasa de preñez con embriones producidos <i>in vitro</i> comparado con inseminación artificial en ganado Holstein en diferentes estaciones del año.....	46
Efecto de gonadotropinas sobre las respuestas reproductivas de ovejas Merino Isla Socorro bajo un protocolo de ovulación múltiple.....	49
Determinación del nivel de progesterona al momento de la inseminación artificial en borregas de pelo con estro inducido.....	52
Inclusión de aserrín de pino en dietas de corderos en finalización: Efecto sobre componentes hematológicos.....	55

Relación entre el estado reproductivo, carga parasitaria y hematocrito en ovejas de pelo bajo pastoreo continuo en el trópico húmedo.....	58
Factores de riesgo asociados a parasitosis en ovejas del municipio de Venado, San Luis Potosí.....	61
Estimación parcial de pérdidas económicas asociadas a Leucosis viral bovina en un hato lechero del Valle de Mexicali.....	64
Efecto de metionina de cromo y sustratos glucogénicos en el crecimiento de porcinos.....	67
Cáscara de naranja y orégano en polvo como aditivos en la dieta para prevenir diarrea en lechones pos-destete.....	70
Compuestos secundarios de moliendas de <i>Allium sativum</i> , <i>Origanum vulgare</i> y <i>Laurus nobillis</i> y su uso en abejas.....	73
La ganadería bovina en el municipio de Olinalá, Guerrero.....	75
<b>Estudio de caso: Una unidad de producción agropecuaria en transición hacia la sustentabilidad...</b>	<b>78</b>
Sistemas silvopastoriles como estrategia para la ganadería en respuesta al cambio climático.....	80
Estudio de asociación de genoma completo para producción de leche total en ganado Holstein.....	83
Efecto de diferentes fuentes de proteína vegetal sobre producción y composición de leche en vacas Holstein.....	86
Bagazo de caña de azúcar en dieta integral para ovinos en engorda intensiva: Comportamiento productivo y eficiencia económica.....	88
Evaluación del comportamiento productivo y costos de alimentación en pollos en finalización alimentados con diferentes niveles de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) en la dieta.....	91
Efecto del aceite esencial de <i>Melaleuca alternifolia</i> sobre la fermentación ruminal <i>in vitro</i> .....	94
Producción de biogás y metano <i>in vitro</i> de pastas de ajonjolí, soya y coco.....	97
Efecto de la adición de melaza en ensilados de papaya de desecho sobre la producción de metano <i>in vitro</i> .....	100
Viabilidad del ensilado con planta de ajonjolí ( <i>Sesamum indicum</i> ) en el trópico seco de Guerrero, México. ....	103
Utilización de contenido ruminal de bovinos en finalización obtenido del rastro para incorporación a dieta de finalización de ovinos.....	106
Respuestas productivas de ovinos de pelo suplementados con esquilmos de chícharo ( <i>Pisum sativum</i> )... ..	108
Efecto de la fuente de clorhidrato de zilpaterol sobre características de la canal en corderos.....	111

Modelando el crecimiento temprano de corderos Pelibuey. 1. Ecuaciones generales.....	114
Predicción de peso de canal caliente y grasa KPH en ovinos de engorda.....	117
El clima del verano afecta la termorregulación de la hembra ovina de raza Blackbelly en condiciones de Trópico.....	119
Respuestas metabólicas de ovejas Merino Isla Socorro y sus cruzas con Pelibuey durante la primavera en condiciones tropicales.....	122
Efecto del color de pelaje sobre medidas fisiológicas de vaquillas Holstein en una zona árida.....	125
Efecto de época y color de pelaje sobre variables fisiológicas y reproductivas de vaquillas Holstein en una zona árida.....	128
Influencia de variables zootécnicas y medio ambiente sobre producción y composición de leche en vacas Holstein.....	131
Efecto de genotipo sobre consumo y digestibilidad de nutrientes en novillos pastoreando bajo clima cálido y seco.....	133
Enfriamiento durante el periodo seco y su efecto en frecuencia respiratoria y temperatura rectal de vacas Holstein bajo estrés calórico.....	136

## ESTUDIO DE CASO: UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN TRANSICIÓN HACIA LA SUSTENTABILIDAD

I. Castellanos<sup>1\*</sup>, P. Cisneros<sup>2</sup>, L. Alaniz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Pinotepa

\* [11272466@uagro.mx](mailto:11272466@uagro.mx)

### Resumen

Cada vez son más los retos que impone el deterioro ambiental, y es complejo que se adopten estrategias en favor del ambiente, dado el enfoque imperante, que prioriza la productividad. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las principales estrategias que implementa La Granja “La Esperanza” como alternativa hacia una sustentabilidad socioambiental. La unidad de producción se localiza en la comunidad de Cerro de la Esperanza, municipio de Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca. Se realizó una estancia técnico-académica durante los meses mayo y junio de 2021, empleando observación directa y participante, así como entrevistas abiertas y semiestructuradas como técnicas de recolección de datos, enfocando el área de bovinos, pero analizando el manejo integral de los recursos en el sistema. Se observó de manera relevante el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de biogás y biofertilizantes; además la implementación de sistemas agro y silvopastoriles, por lo que esta unidad de producción es un ejemplo de transición de una granja convencional a una con enfoque holístico.

### Introducción

La problemática asociada al cambio climático es inminente en el mundo; por consiguiente, cada vez se habla con mayor frecuencia de sus causas y efectos desde y hacia el sector agropecuario (Alayon-Gamboa *et al.*, 2016). A la ganadería bovina se le atribuye un elevado porcentaje de participación en la generación de gases de efecto invernadero y se le considera entre las principales promotoras de la degradación del suelo y los recursos hídricos (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015). No obstante, la demanda de alimentos de origen animal se incrementa a razón del crecimiento poblacional en el mundo (FAO, 2020) y por lo tanto, la tendencia es hacia una mayor intensificación en los sistemas ganaderos, con alto uso de insumos externos que generan efectos negativos al ambiente, aunado a la creciente deforestación en bosques y selvas para el establecimiento de áreas de pastizales (Palma, 2014). En forma gradual se han desarrollado algunos modelos alternativos de ganadería bovina, tales como los propuestos por Allan Savory, basados en un enfoque holístico para el manejo de los recursos en la ganadería bovina, integrando al ganado como un elemento que contribuye a la regeneración del ambiente (Gosnell *et al.*, 2020) también existen modelos de granjas integrales que combinan el conocimiento empírico con los avances tecnológicos (Muñoz-Espinoza *et al.*, 2016) e incluso el uso de los sistemas silvopastoriles que intercalan el uso de pastizales con árboles y especies arbustivas con fines forrajeros y de recuperación de suelos degradados (López-Vigoa *et al.*, 2017). Sin embargo, aun cuando existe información sobre los beneficios de los sistemas integrales autosuficientes y cada una de las tecnologías que los integran, en México y en particular el estado de Oaxaca, son pocos estudios que documenten la experiencia en la adopción de estos sistemas, que permitan difundir sus ventajas de manera objetiva y con referencia local. En éste sentido, el objetivo de éste estudio fue caracterizar las principales estrategias que implementa La Granja “La Esperanza” como alternativa para lograr la sustentabilidad.

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Granja integral “La Esperanza”, ubicada en la comunidad de Cerro de la Esperanza, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca (LN 16°12'25.8" y LO 97°58'55.4"), a 18 msnm. El clima de esta zona es cálido-subhúmedo con lluvias en verano ( $Aw_1$ ), con una temperatura promedio de 27 °C y precipitación media anual de 1,237 mm (INEGI, 2014). Se empleó un enfoque exploratorio y descriptivo utilizando la observación participante para analizar los elementos productivos presentes. La granja es una unidad productiva que opera como centro de rehabilitación de Alcohólicos Anónimos. Cuenta con un módulo de producción de bovinos, cuyo principal fin zootécnico es la producción de materia prima para la producción de biogás. Para ello se cuenta con un biodigestor, que utiliza como sustrato las heces frescas de bovinos recolectadas directamente del área de pastoreo. Las heces recolectadas se diluyen en agua, se filtran y luego son depositadas en el reactor. El gas producido se emplea directamente en la cocina de la granja, y los afluentes se utilizan para la fertilización de las huertas. También se produce lombricomposta en un módulo donde se cuenta con lombriz roja californiana. Para ello se recolectan las heces de bovinos, se someten a un pre-composteo por cinco días, durante los cuales se traspalean y se riegan para luego depositarlos en la lombricomposta, de la cual se obtienen tanto abonos sólidos como líquidos en forma de lixiviados, mismos que se utilizan para fertilizar las huertas de limón y papaya. Estas huertas conforman a su vez un sistema silvopastoril donde pastorea el ganado en forma rotacional, que las mantiene libres de malezas sin el uso de pesticidas; el período de permanencia del ganado en cada sección de la huerta no rebasa los ocho días.

## Resultados y discusión

La producción de la granja permite sustentar parcialmente el centro de rehabilitación. Los principales beneficios se obtienen del área de producción de bovinos, ya que esta aporta a la granja el combustible necesario en forma de biogás, que permite la preparación de los alimentos a bajo costo (Durazno, 2018). También se pudo documentar la producción de abonos orgánicos para la fertilización de las huertas, las cuales son importante fuente de ingresos en la granja. Los beneficios que se deriven de los sistemas silvopastoriles coinciden con lo reportado en el 2017 por López y colaboradores, ya que por un lado permiten la alimentación del ganado, y a su vez contribuyen en gran medida a mantener las huertas libres de malezas; además, esta técnica ha favorecido mantener una mayor cobertura vegetal en el suelo, al intercalarlo con un sistema rotacional mejora el rebrote de los pastos en un tiempo muy rápido, logrando así asegurar la disponibilidad de alimento para el ganado, y reduciendo el deterioro del suelo (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015). Es importante mencionar el que uso de pesticidas químicos para el control de malezas se ha reducido en un 80%. Con estas estrategias, se ha logrado que el 50% de los alimentos que se consumen ahí se produzcan en la granja; casi la totalidad de la mano de obra es aportada por las personas que habitan en la granja, a manera de mano de obra familiar, lo cual representa una ventaja (Folleco, 2010). La producción de abonos orgánicos mediante lombricomposta ha logrado la recuperación de suelos que no eran útiles para la siembra de hortalizas; se ha logrado una capacidad de producción de 300 kg de humus de lombriz cada 2 meses, lo cual se atribuye a que la técnica permite la reincorporación de materia orgánica al suelo en un periodo muy corto de tiempo (Zanor *et al.*, 2017). Otra ventaja es que en la granja se ha logrado capacitar a personas del sector social en temas relacionados con técnicas sustentables, además se promueve el cambio de mentalidad en las mismas, adoptando principios de manejo holístico, que contribuyen a mejorar el ambiente, en la búsqueda de un desarrollo integral. Uno de los aspectos más peculiares de la unidad de producción, es el uso de los bovinos con fines no productivos, a partir del enfoque holístico, que toma en cuenta el bienestar animal, donde no se busca la productividad expresada en carne o leche, sino más bien los bovinos son vistos como un elemento regenerador que favorece la conservación del ambiente además de que aporta de manera importante a la granja mediante el aprovechamiento de sus desechos.

En conclusión, el enfoque holístico adoptado en Granja La Esperanza ha logrado integrar aspectos que en apariencia son elementos aislados, como la economía, los aspectos sociales y el medio ambiente. Granja La Esperanza es un ejemplo de que sí es posible aproximarse a sistemas sustentables mediante la administración de los recursos naturales económicos y sociales; sin embargo, hace falta la difusión de casos como este para promover el desarrollo y la adopción de modelos de esta naturaleza.

## Literatura citada

- Alayon-Gamboa, J. A., G. Jiménez-Ferrer, J. Nahed-Toral y G. Villanueva-López. (2016). Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del Sur de México. *Agroproductividad* 9 (9):10-15.
- Cisneros-Saguilán, P., F. Gallardo-López, S. López-Ortiz, R. O. Ruiz, J. G. Herrera-Haro y E. Hernández-Castro. (2015). Current Epistemological Perceptions of Sustainability and Its Application in the Study and Practice of Cattle Production: A Review. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 39 (8):885-906.
- Durazno, D. (2018). Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. Universidad Salesiana, Cuenca Ecuador 86 pp.
- FAO. (2020). México mantendrá crecimiento de la producción de alimento en la próxima década. Disponible en: <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1313937/2021>.
- Gosnell, H., S. Charnley y P. Stanley. (2020). Climate change mitigation as a co-benefit of regenerative ranching: insights from Australia and the United States. *Interface Focus* 10 (5):1-14.
- INEGI. (2014). Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2013. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Aguascalientes, Aguascalientes. p. 1254.
- López-Vigoa, O., T. Sánchez-Santana, J. M. Iglesias-Gómez, L. Lamela-López, M. Soca-Pérez, J. Arece-García y M. d. I. C. Milera-Rodríguez. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes* 40 (2):83-95.
- Muñoz-Espinoza, M., J. Artieda-Rojas, S. Espinoza-Vaca, S. Curay-Quispe, M. Pérez-Salinas, O. Núñez-Torres, R. Mera-Andrade, H. Zurita-Vásquez, G. Velástegui-Espín y P. Pomboza-Tamaquiza. (2016). Granjas sostenibles: integración de sistemas agropecuarios. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19 (2):93-99.
- Palma, J. M. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18 (Suplemento 1):53-62.
- Zanor, G, A, Lopez-Perez, M, Martinez-Yañez, R, Ramirez-Santoyo, L, F, Gutierrez- Vargas, S Leon-Galvan, M, F. (2017). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos afluentes de biodigestor. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, Vol. XIX (4), 10 pp.

## SISTEMA SILVOPASTORIL COMO ESTRATEGIA PARA LA GANADERÍA EN RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

**Francisco Javier Solorio-Sánchez<sup>1\*</sup>, Francisco Ku-Vera<sup>1</sup> y Jesús Santillano-Cázarez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. C.P. 97100, Mérida, Yucatán, México; <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera a Delta S/N C.P. 21705, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México.

\* [ssolorio@correo.uady.mx](mailto:ssolorio@correo.uady.mx)

### Resumen

Los sistemas agropecuarios intensivos han tenido enormes consecuencias negativas sobre los ecosistemas, contribuyendo particularmente a la sequía y la desertificación. La producción pecuaria en las regiones tropicales enfrenta serias limitaciones, incluyendo un manejo inadecuado, la baja calidad y disponibilidad irregular de los recursos forrajeros y, en última instancia, las consecuencias del cambio climático. En general, los pastos tropicales contribuyen en gran medida a las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente al metano, que está asociado con su alto contenido de fibra. Para contrarrestar el cambio climático se requiere vincular la adaptación con la mitigación. Los sistemas silvopastoriles se presentan como un conjunto de estrategias para mejorar la productividad, reducir los costos de los insumos y aumentar la sostenibilidad ambiental, ya que también mejora el secuestro de carbono y construye la resiliencia del sistema para hacer frente a los impactos del cambio climático.

### Introducción

La tendencia climática en los últimos años ha sido rápida en las regiones agrícolas alrededor del mundo (Lobell & Gourdj, 2012). Los impactos directos provocarán cambios en el medio ambiente, menor y desigual distribución de precipitaciones (sequía o inundación) afectará a la productividad de la agricultura. Además, el calor frecuente aumentará la frecuencia de periodos de sequías en la mayoría de las principales regiones de cultivo de cereales del mundo (Lobell & Gourdj, 2012). Los sistemas de producción agrícola están actualmente bajo presión para hacer cambios importantes para aumentar la producción de alimentos y reducir el impacto en los recursos naturales y medio ambiente. Durante periodos de sequía, los sistemas tradicionales de producción ganadera (extensivos e intensivos) tienen serias limitaciones de forrajes, en términos de disponibilidad y calidad, afectando el consumo animal y la digestibilidad del forraje y, en consecuencia, la producción de leche y carne. En sistemas en los trópicos (sin árboles ni arbustos), las altas temperaturas afectan el rendimiento animal y conducen a una disminución de la producción de leche y carne y una mayor incidencia de enfermedad (Herrero et al., 2009; Nardone et al., 2010). Además, en esas situaciones, los rumiantes dependen de dietas de forrajes de baja calidad con alto contenido de celulosa y hemicelulosa y favorecen una alta proporción de acetato/propionato en el rumen; consecuentemente, esas dietas tienden a producir más metano por unidad de alimento consumido (Canul-Solis et al., 2014).

### Relación entre Ganadería, Cambio Climático y Silvopastoralismo

La producción ganadera impacta considerablemente en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Gerber et al., 2013). El aumento de los inventarios de animales domésticos, debido a la creciente demanda de productos animales ha dado lugar a mayores emisiones de gases de efecto invernadero en los últimos años. El impacto ambiental de los sistemas de producción de rumiantes ha sido motivo de preocupación recientemente debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (Havlík et al., 2014) y óxido nitroso (Lessa et al., 2014). El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), son los principales GEI emitidos por los sistemas de producción de rumiantes y la contribución global a las emisiones antropogénicas de GEI representan entre el 7 y el 18% (Gerber et al., 2013). En rumiantes, el CH<sub>4</sub> representa una pérdida de energía entre el 5 y el 18% de la energía neta consumida (Moss et al., 2000). Las pérdidas de energía varían según el tipo de alimento consumido. Las raciones fibrosas y de baja calidad dan lugar a mayores pérdidas energéticas en el ganado (Kurihara et al., 1999). En las regiones tropicales, los sistemas de producción de rumiantes se caracterizan por el pastoreo de gramíneas nativas e introducidas, las cuales presentan variaciones en disponibilidad y calidad (composición química, digestibilidad) a lo largo de todo el año. La fermentación anaeróbica de carbohidratos estructurales dentro del rumen produce ácidos grasos volátiles (como acético, propiónico y butírico), CO<sub>2</sub>, calor y metano (Briceño-Poot et al., 2012).

El mundo enfrenta el desafío de alimentar a nueve mil millones de personas para 2050. En consecuencia, la producción de alimentos deberá incrementarse en aproximadamente un 70% (FAO, 2015). Esta tarea de satisfacer la creciente demanda de productos vegetales y animales de forma sustentable hacia 2050 se complica aún más por los efectos asociados del cambio climático, limitaciones de disponibilidad de energía y degradación de la vegetación y el suelo. Según la FAO (2015), este

desafío puede superarse mediante el uso de prácticas sostenibles de manejo del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, cultivando en asociación una mayor diversidad de especies y cultivares adaptados; implementando rotaciones y plantaciones secuenciales; empleando semillas de buena calidad, con genotipos adaptados y con alto potencial productivo; control agroecológico de plagas, malezas y enfermedades, incluida la reducción de la huella hídrica. La adopción de sistemas agrosilvopastoriles puede mejorar la calidad de la dieta del ganado y aumentar la producción y el bienestar de los animales, promover los servicios ambientales y la biodiversidad (Broom et al., 2013; Murgueitio et al., 2011). Para los sistemas de producción animal, los desafíos de enfrentar la creciente demanda de carne y leche se logrará mejor siguiendo cinco principios ecológicos (Dumont et al., 2014). 1) Mejora de la salud animal mediante prácticas de manejo adecuadas; 2) reducir los insumos necesarios para la producción; 3) aumentar la eficiencia metabólica y alimentaria para reducir los desechos animales; 4) mantener y promover, a través de prácticas agroecológicas, la diversidad biológica; y 5) la adaptación de las prácticas de manejo orientadas a preservar la diversidad biológica.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) consisten en la producción de ganado en tierras que combinan árboles polivalentes y arbustos forrajeros de alta densidad con pastos para mejorar el rendimiento y la calidad del forraje, así como agregar árboles para forraje, madera o leña. Estos sistemas pueden también proporcionar importantes servicios ecosistémicos y reducen la presión de la deforestación. Los SSP pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. En el SSP, las reservas de carbono sobre el suelo suelen ser más altas que el área equivalente de suelo sin árboles. Además, plantar árboles en asociación con pastos mejora el ciclo de nutrientes y la eficiencia en el uso de nutrientes. La adición de leguminosas a las tierras de pastoreo puede, por tanto, promover la fijación de nitrógeno atmosférico y aumento de la calidad de la alimentación animal al tiempo que se reducen las emisiones de metano. También, la asociación de leguminosas mejora la reconstrucción del suelo y la textura de la superficie; además de reducir la escorrentía.

Los SSP desempeñan un papel importante en los sistemas ganaderos tropicales y aumentan la resiliencia, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la capacidad de adaptación (Cuartas Cardona et al., 2014). Los beneficios ambientales incluyen el control de la erosión del suelo, la mejora del manejo del agua, mejora en la fertilidad del suelo (a través de la fijación de N), mejora el secuestro de carbono, por encima y por debajo del suelo, incluida la conservación de la biodiversidad y mitigación de GEI. En SSP, las temperaturas pueden ser de 4 a 8 ° C más bajas por debajo de la copa de los árboles, en comparación con las temperaturas medidas fuera de la copa de los árboles; lo cual contribuye a mejorar la salud y la productividad de los animales, agregando resiliencia para la adaptación a la variabilidad del clima. Debido a las interacciones positivas, los árboles y arbustos en asociación con las gramíneas contribuyen a mejorar la productividad y la calidad del forraje. El ganado puede beneficiarse de un acceso a alimentos y dietas adecuadas en un mejor entorno, ya que los animales reciben menos estrés por calor, contribuyendo así a mejorar la productividad. Además, la diversidad de las especies leñosas leguminosas de usos múltiples pueden ayudar a los sistemas ganaderos que se basan en monocultivos de gramíneas para restaurar, mejorando el valor del forraje, la productividad y condición corporal de los animales y reducir la escasez de alimento en condiciones secas prolongadas; así como la degradación de la tierra a través de la reforestación y la mejora del ciclo de nutrientes.

En conclusión, los SSP con árboles leguminosos de rápido crecimiento y fijadores de nitrógeno pueden, en un tiempo corto o mediano, recuperar ecosistemas degradados. Los SSP contribuyen a la producción ganadera y a una mayor reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los SSP provén entornos positivos y características productivas que los convierte en una de las mejores estrategias para la producción ganadera. Los SSP aumentan la capacidad de adaptación y disminuyen la vulnerabilidad al cambio climático.

#### Literatura citada

- Briceño-Poot, E., Ruiz-González, A., Chay-Canul, A., Ayala-Burgos, A., Aguilar-Pérez, C., Solorio-Sánchez, F., & Ku-Vera, J. (2012). Voluntary intake, apparent digestibility and prediction of methane production by rumen stoichiometry in sheep fed pods of tropical legumes. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1–4), 117–122.
- Broom, D., Galindo, F., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1771), 20132025.
- Canul-Solis, J., Piñero-Vázquez, A., Briceño-Poot, E., Chay-Canul, A., Alayón-Gamboa, J., Ayala-Burgos, A., Aguilar-Pérez, C., Solorio-Sánchez, F., Castelan-Ortega, O., & Ku-Vera, J. (2014). Effect of supplementation with saponins from *Yucca schidigera* on ruminal methane production by Pelibuey sheep fed *Pennisetum purpureum* grass. *Animal Production Science*, 54(10), 1834–1837.
- Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramírez, J. F., Tarazona Morales, A. M., Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Ku Vera, J., Solorio Sánchez, F. J., Flores Estrada, M. X., Solorio Sánchez, B., & Barahona Rosales, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(2), 76–94.

- Dumont, B., González-García, E., Thomas, M., Fortun-Lamothe, L., Ducrot, C., Dourmad, J.-Y., & Tichit, M. (2014). Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. *Animal*, 8(8), 1382–1393.
- FAO. (2015). *ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA AGRICULTURA UN MANUAL PARA ABORDAR LOS REQUISITOS DE LOS DATOS PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO*.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Havlík, P., Valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M. C., Mosnier, A., Thornton, P. K., Böttcher, H., & Conant, R. T. (2014). Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(10), 3709–3714.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P., & Reid, R. S. (2009). Livestock, livelihoods and the environment: Understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2), 111–120.
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R., & McCrabb, G. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, 81(3), 227–234.
- Lessa, A. C. R., Madari, B. E., Paredes, D. S., Boddey, R. M., Urquiaga, S., Jantalia, C. P., & Alves, B. J. (2014). Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 104–111.
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160(4), 1686–1697.
- Moss, A. R., Jouany, J.-P., & Newbold, J. (2000). *Methane production by ruminants: Its contribution to global warming*. 49(3), 231–253.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654–1663.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1–3), 57–69.