

# ESTRATEGIAS SILVOPASTORILES PARA MITIGAR EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN SISTEMAS GANADEROS DEL SUR DE MÉXICO

## FOREST GRAZING STRATEGIES USED TO MITIGATE THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN LIVESTOCK SYSTEMS OF SOUTHERN MÉXICO

**Alayon-Gamboa, J.A.<sup>1\*</sup>; Jiménez-Ferrer, G.<sup>2</sup>; Nahed-Toral, J.<sup>2</sup>; Villanueva-López, G.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Campeche, Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, Lerma, Campeche, México. C.P. 24500. <sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chiapas, Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. C.P. 29260. <sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Tabasco, Carretera Villahermosa-Reforma km 15.5, ranchería Guineo Sec. II. Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86280.

**\*Autor responsable:** jalayon@ecosur.mx

### RESUMEN

En los Estados de Campeche, Chiapas y Tabasco, en el Sur de México, han ocurrido importantes cambios socioeconómicos en los últimos 80 años. Se ha incrementado la población y las actividades económicas vinculadas a la agricultura y ganadería. Esta última ha impactado negativamente las áreas forestales en los últimos 35 años, y ha contribuido al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Además ha incrementado la vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarias y de la población humana dedicada a esta actividad. Para mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la sustentabilidad de los sistemas pecuarios se han desarrollado estrategias agroecológicas tales como, arreglos silvopastoriles vinculadas a productores de escasos recursos económicos como opción para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, bajo la premisa de que las especies arbóreas y arbustivas mejoran la calidad del forraje y nutrición animal y pueden disminuir las emisiones de los gases con efecto invernadero e inducir la sustentabilidad de los sistemas.

**Palabras clave:** Bovinos, emisiones de gases, efecto invernadero, cambio uso del suelo.

### ABSTRACT

In the states of Campeche, Chiapas and Tabasco, in Southern México, important socioeconomic changes have taken place in the last 80 years. The population and economic activities linked to agriculture and livestock production have increased. The latter has impacted the forest areas negatively in the last 35 years, and has contributed to the increase of greenhouse gas emissions such as carbon dioxide, methane and nitrous oxide. In addition, it has increased the vulnerability of the agricultural and livestock production systems, and of the human population devoted to this activity. To mitigate the effects of climate change and improve the sustainability of the livestock systems, agroecological strategies have been developed, such as forest grazing arrangements linked to producers of scarce economic resources as an option to mitigate and adapt to the effects of climate change, under the premise that tree and shrub species improves the quality of fodder and animal diet and can decrease the emissions of greenhouse gas emissions and induce the sustainability of the systems.

**Key words:** Livestock, sustainability, greenhouse gases, greenhouse effect, land use change.

**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 9, septiembre. 2016. pp: 10-15.

**Recibido:** enero, 2016. **Aceptado:** agosto, 2016.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícola y pecuaria en los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche, México, enfrentan serios problemas de sustentabilidad, atribuidos a factores poblacionales y a cambios en el uso del suelo. En las últimas ocho décadas se incrementó la superficie de tierras de labor y pastoreo, a costa de una marcada reducción de la superficie de bosques y selvas, como consecuencia de mayor demanda de alimentos de origen vegetal y animal. Paralelamente, aumentó la población económicamente activa que se dedicó a es-

tas actividades, transformando más tierras de labor y aumentando las superficies de potreros y áreas ganaderas (Figura 1). A pesar del incremento de la población bovina en los tres estados del Sur de México, en el último cuarto de siglo, la producción no ha aumentado, debido a la baja eficiencia al implementarse sistemas de manejo extensivos de pastizales. En estas condiciones de competencia y presión por el uso del suelo, es posible identificar procesos relevantes que conducen a la baja sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios y que promueven un proceso de diferenciación de las unidades de producción agropecuarias, en función de

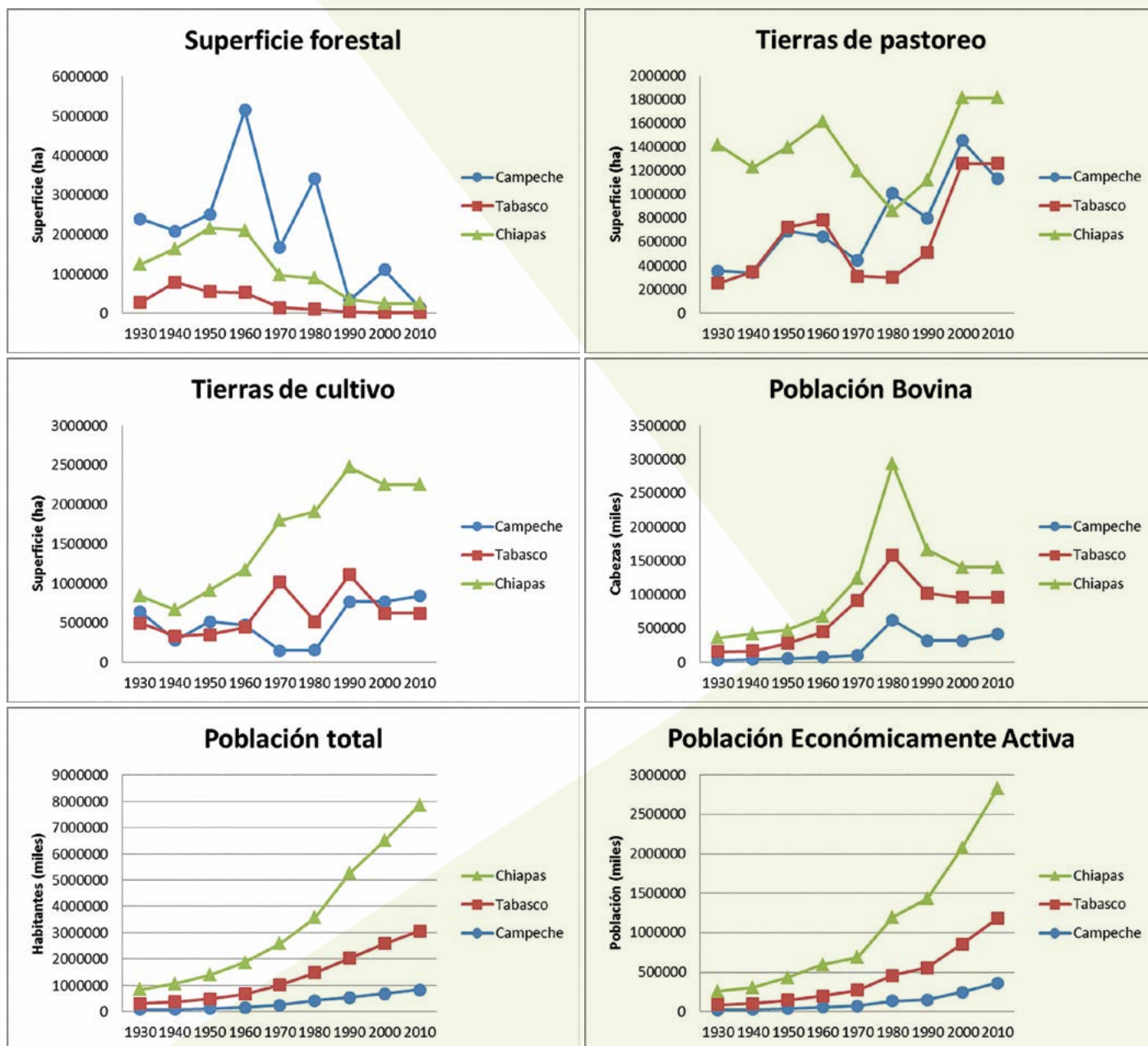


Figura 1. Cambios históricos de las superficies de trabajo, población socioeconómica e inventario bovino en los estados de Campeche, Chiapas y Tabasco, México.

las características socioeconómicas, disponibilidad de recursos naturales y heterogeneidad ecológica que condiciona el desarrollo de las mismas.

Es importante señalar que la reducción de la superficie forestal y de selvas disminuye la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático mediante menor captura y almacenamiento de carbono (C). Además, por el incremento del inventario bovino ocurrido en el último cuarto de siglo en la región, se prevé un aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Actualmente se reconoce la importancia que está teniendo la ganadería en el fenómeno del cambio climático (CC), principalmente por su contribución en las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que son potentes gases que dan origen al efecto invernadero (O'Mara, 2011). Asimismo, los sistemas de producción agropecuarios están siendo afectados por el cambio climático con graves consecuencias en las condiciones económicas y calidad de vida de la población campesina, especialmente los más pobres. Las áreas costeras de Campeche, Tabasco y Chiapas, en los últimos años han sido afectadas por desastres incluyendo huracanes, inundaciones y sequías que han ocasionado importantes pérdidas económicas, con mortalidad de animales y pérdida de patrimonio de los productores (CEPAL, 2010). De continuarse con las tendencias mundiales, el CC disminuirá la productividad agrícola en las regiones tropicales, reducirá la cantidad y calidad del agua en la mayoría de las regiones áridas y semiáridas, y aumentará la incidencia de enfermedades en humanos como el paludismo y el dengue (IPCC, 2007).

En México, el aumento del nivel del mar podría provocar el desplazamiento de decenas de millones de personas que viven en zonas bajas, como las áreas bajas de Tabasco y Campeche, y poner en peligro grandes áreas productivas de las cuales dependen miles de productores (Schroth y Laderach, 2009). En este contexto, la población requiere conocimiento y encontrar mecanismos de mitigación y estrategias para adaptarse.

En el sureste de México, la existencia de ecosistemas frágiles, sistemas de producción insostenibles, altos niveles de pobreza y estrategias de desarrollo no acordes con las condiciones locales, entre otros factores, han convertido a esta región en una de las más propensas a sufrir los efectos adversos del cambio climático. Proyecciones para las próximas tres décadas en la región, resaltan vulnerabilidad de los sistemas productivos, particularmente de los cultivos tradicionales (PCCCH, 2011). Se estima que es probable que la producción de maíz (*Zea mays* L.) pueda disminuir de manera significativa por el aumento de temperatura y la disminución de precipitaciones. Resalta además el conflicto de la ganadería con la producción de alimentos básicos y la conservación de los recursos naturales, aún abundantes en algunos estados como Campeche, donde existe superficie forestal importante que cumple con funciones ecosistémicas. La ganadería en los estados del sur de México, así como en otras áreas tropicales del mundo, se verán seriamente afectadas por el cambio climático (Thornton y Herrero, 2008). Los cambios climáticos esperados tendrán efectos en cuatro factores importantes, donde el agua es uno de ellos, y se prevé

que tendrá una variación en cuanto a su disponibilidad. Otro factor es el forraje, que se verá afectado en su disponibilidad, composición y valor nutritivo. Este aspecto puede modificar la dieta de los animales y poner en serios apuros las estrategias de los ganaderos para mantener sus rebaños y su economía. La biodiversidad en los sistemas ganaderos es otro elemento amenazado y poco estudiado, ya que una acelerada desertificación puede ocasionar pérdida de diversidad vegetal y animal (Ehrenfeld, 2005). Finalmente, la salud humana y animal son de factores sensibles, ya que existe información sobre el aumento de enfermedades y plagas, tanto en la población animal como humana (Paz *et al.*, 2005), tales como, la malaria y las causadas por garrapatas con presencia en zonas donde antes no había reportes.

En el sureste de México, la actividad pecuaria sufre recurrentemente, y cada vez con mayor intensidad, los efectos de sequías e inundaciones. Se estima que grandes áreas de pastoreo en los estados de Tabasco, Campeche y Chiapas han sido degradadas, debido a una combinación de efectos climáticos y de sistemas obsoletos en la producción. Sin embargo, el patrón de crecimiento del hato ganadero en muchos estados del sureste de México ha ido en aumento. Esto explica que la actividad agropecuaria en el sureste de México contribuya con un alto porcentaje del total de las emisiones de gases de efecto invernadero en esta región. Por ejemplo en Chiapas, los principales gases de efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria son metano (CH<sub>4</sub>) entérico y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) emitido desde el suelo debido a manejo inapropiado del estiércol, así como al uso de

fertilizantes nitrogenados (Jiménez *et al.*, 2010), de tal forma que la ganadería y agricultura emitieron en 2005, 5,277.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq, de los cuales la ganadería bovina aportó 4,222 Gg de CO<sub>2</sub>eq.

### Mitigación al cambio climático en sistemas ganaderos

La búsqueda de estrategias para mitigar el efecto del cambio climático ha comenzado a cobrar relevancia a nivel mundial. Existe un amplio abanico de oportunidades tecnológicas basadas en la agroforestería, agroecología, y opciones de buenas prácticas ganaderas (BPG) (Murgueitio *et al.*, 2013; Palmer, 2014) que se traducen en ganadería con manejo orgánico o en proceso de transición a ésta. En el contexto de la ganadería extensiva que predomina en el sur de México, el aprovechamiento de la diversidad arbórea y arbustiva local es una oportunidad de fácil acceso a los productores, debido a los múltiples usos y servicios ambientales que ofrece este recurso. Existen especies arbóreas nativas que cumplen funciones múltiples, tales como la producción de madera, leña, forraje, alimento, medicina tradicional y dan servicios como sombra, fertilización del suelo, y sirven de corredores biológicos al ser cultivadas en sistemas agroforestales para mitigar los efectos del cambio climático. Investigaciones realizadas por Alayón, (comunicación personal) en Campeche señalan que los pequeños productores pueden utilizar para la alimentación animal hasta 39 especies herbáceas, arbustivas y arbóreas (Cuadro 1) que crecen en la selva baja caducifolia, y su uso ocurre principalmente en la vegetación secundaria conocida como acahuales. En Chiapas se han identificado más de 50 especies con potencial forrajero y de

**Cuadro 1.** Especies vegetales utilizadas para la alimentación de bovinos en el norte de Campeche, México.

Nombre Común	Nombre científico	Forma de Vida
Sak its'a	<i>Neomillspaughia emargiata</i> (Gross.) Blake	Arbustivo
Tsalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	Arbórea
Ts' ulub took	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Arbustivo
Hierba blanca	<i>Boerhavia erecta</i> L.	Herbácea
Uts' um pek'	<i>Tabernaemontana amygdaleifolia</i> Jacq.	Arbórea
Ya' ax ak'	<i>Jacquemontia pentantha</i> (Jacq.) G. Don.	Trepadora
ja'abín	<i>Piscidia piscipula</i> Sarg.	Arbórea
Ts'its ilché	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe var. Rekoí.	Arbórea
Tajonal	<i>Cochlospermum vitifolium</i> Willd. ex Spreng.	Arbustivo
Chukum	<i>Havardia albicans</i> Britton y Rose.	Arbórea
K' anasin	<i>Prosopis juliflora</i> (Torrey) Cockerell.	Arbórea
Pixoy	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Arbórea
Tsalam hojas	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.)	Arbórea
Chichi beel	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke.	Herbácea
Waxim	<i>Luecaena leucocephala</i> (Lam.) de Witt.	Arbórea
Ya'ax xiv	<i>Waltheria indica</i> L.	Herbácea
Guano	<i>Sabal mauritiiformis</i> (H. Karst.) Griseb. & H. Wendland.	Arbórea
K'anche oob'	<i>Spondias</i> sp.	Arbusto
Ch'imay	<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. & Cham.) Benth.	Arbórea
Palo Tinto	<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Arbórea
Malva	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke.	Arbustivo
Sak katsim	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	Arbórea
Siits muuk	<i>Dalbergia glabra</i> (Miller) Standley.	Arbustivo
Chakah (Chaka')	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Arbórea
Altamisa	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Herbácea
Siit	<i>Lasiacis divaricata</i> var. <i>divaricata</i> (L.) Hitchc.	Herbácea
Ya' axnik	<i>Vitex gaumeri</i> Greenman.	Arbórea
Sak ak'	<i>Ceratophytum tetragonolobum</i> (Jacq.) Sprague & Sandwith.	Bejuco
Tsoots' k'abil	<i>Ipomea nil</i> (L.) Roth.	Arbórea
Kitinché (Kitim-che)	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	Arbórea
Sutup	<i>Helicteres baruensis</i> Jacq.	Arbórea
K'uch'el	<i>Machaonia lindeniana</i> Baillon.	Arbórea
Pich	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Arbórea
Conak'	<i>Spondias</i> sp	Arbórea
Ciruela tuxpeña	<i>Spondias</i> sp	Arbórea
Nich'i' yuk	<i>Croton malvaviscifolium</i> Millsp.	Arbustivo
bejuco platanillo	<i>Heteropteris laurifolia</i> (L.) Adr. Juss.	Bejuco
abal ak'	<i>Spondias purpurea</i> L.	Arbórea

uso múltiple que pueden mejorar los sistemas convencionales (Jiménez *et al.*, 2008). La incorporación de estas especies en sistemas silvopastoriles (SS) pueden representar una opción para el uso sostenido de la tierra con beneficios directos sobre el productor y el medio ambiente. Además, pueden contribuir en disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero mediante la reducción de la deforestación o degradación de los bosques, evitando fugas y mejorando las reservas de carbono, y proveer de servicios ecosistémicos múltiples a la sociedad, con lo que se promovería el desarrollo sustentable de la ganadería bovina en el sureste de México (Marinidou, 2013), incluyendo mitigación y adaptación al cambio climático de los sistemas productivos.

En investigaciones previas realizadas en los estados del sureste de México, se identificó que los sistemas agroforestales y el uso de prácticas silvopastoriles mediante cercos vivos (SCV) y árboles en potreros (SAP), permiten un aporte importante de carbono (C) en la biomasa viva y en el suelo. Adicionalmente, tienen alto potencial para mitigar los gases de efecto invernadero, y dependiendo de la complejidad del sistema silvopastoril, aportan múltiples beneficios ambientales en la restauración de ecosistemas y contribuyen a la seguridad alimentaria (Jiménez *et al.*, 2008; Nahed *et al.*, 2013). Respecto a la mitigación de emisiones de carbono, estudios de línea base indican que el valor más alto se obtiene en sistemas con árboles dispersos en potreros (88.89 Mg C ha<sup>-1</sup>), seguido por sistemas de cercos vivos (87.5 Mg C ha<sup>-1</sup>) y por último en pasturas en monocultivo (60.62 Mg C ha<sup>-1</sup>) (Jiménez *et al.*, 2008). En condiciones de trópico

húmedo, el uso de cercos vivos con *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., promueven almacenamiento en el suelo de carbono de 20.44 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en comparación con 19.22 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> obtenidas en pasturas en monocultivo de ganadería extensiva. Además, de reducir la temperatura y mantener estable la humedad en el suelo, dichos cercos vivos mejoran el flujo de CO<sub>2</sub> (Villanueva-López *et al.*, 2015). Con respecto al metano (CH<sub>4</sub>) entérico, se reconoce el importante efecto negativo que tienen los rumiantes en su emisión a la atmósfera. Este gas de efecto invernadero (GEI) tiene potencial de calentamiento global 25 veces más que el CO<sub>2</sub> y representa una pérdida de hasta el 12% de la energía total consumida por los rumiantes (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2015). Se estima que los sistemas de producción de rumiantes contribuyen entre 18% y 33% del total de metano liberado a la atmósfera (Eckard *et al.*, 2010). Esto ha obligado a la búsqueda de estrategias para su mitigación. Las estrategias mejor acopladas a las condiciones sociales, económicas, de recursos naturales y productivas de los ganaderos en el sureste de México son aquellas que consideran la manipulación de la dieta animal con recursos locales, buenas prácticas, sistemas silvopastoriles y ganadería orgánica; ya que son más accesibles al productor por su bajo costo (Jiménez, comunicación personal). Las técnicas más complejas para la mitigación de metano entérico, tales como uso de inhibidores, antibióticos, biotecnología genética, entre otros, por el momento se encuentran fuera del alcance de la mayoría de los productores con ganado en el sureste de México. En este sentido los esfuerzos se han enfocado en el uso de follajes en la dieta de los animales (Kú-Vera *et al.*, 2013; Kú-Vera *et al.*, 2014). En los estados que comprenden la frontera sur de México, se ha iniciado investigación para mitigar emisiones de metano entérico. En el estado de Yucatán, México, Ayala *et al.* (2014) demostraron la factibilidad de reducir la producción de metano entérico de ovinos Pelibuey alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schumacher) al adicionar a la dieta harina de frutos de parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.). De igual forma, Piñeiro-Vázquez *et al.* (2015) reportan reducción de 58% en la producción de metano usando taninos condensados y un aumento en la ganancia de peso de 26%. Debido a un ahorro en la eficiencia en el uso de energía y disminución de bacterias ruminales responsables de la producción de metano (metanógenas).

No existen reportes de estudios de mitigación de óxido nitroso en sistemas ganaderos en pastoreo en el sureste de México, sin embargo, actualmente se encuentra en marcha un proyecto que atiende dichos aspectos en la ganadería extensiva y con manejo silvopastoril en los estados de Campeche, Chiapas y Tabasco (Jiménez *et al.* Comunicación personal). Esta experiencia se vinculará con las que se desarrollan en otras regiones de América Latina, las cuales sugieren la búsqueda de estrategias de manejo del pastoreo y de fuentes alternativas de fertilización en zonas ganaderas (Alfaro *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

El desarrollo de una ganadería sustentable, basada en la integración y aprovechamiento racional, seguridad alimentaria y conservación de los recursos naturales, requiere de estrategias que incorporen avances de las ciencias y conocimiento

local de productores. Algunas opciones para adaptarse al cambio climático son, cambios tecnológicos para mantener o aumentar la productividad animal en un contexto de conservación y buen manejo de los recursos naturales. En este sentido, la agroecológica, buenas prácticas ganaderas, enfoque silvopastoril y ganadería orgánica, son estrategias que ya han sido validadas en múltiples escenarios agroecológicos y sociales, y han mostrado sus bondades en la conservación y en la oferta de servicios ambientales. Cuando se utilizan sistemas silvopastoriles y estrategias de alimentación que incorporan follajes o frutos de especies arbóreas locales, se logra mejorar la captura de carbono y disminución de producción de metano entérico, contribuyendo a la disminución de emisión de este gas de efecto invernadero.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el soporte recibido con el proyecto SEP-CONACYT CB-2014-01 No-242541; Cuantificación de emisiones de Metano entérico y Óxido Nitroso en ganadería bovina en pastoreo y diseño de estrategias para la mitigación en el sureste de México.

## LITERATURA CITADA

- Alfaro M., Vistoso E., Salazar F., Hube S., Ramírez L., Rosas A. 2014. Emisiones de óxido nitroso en una pradera permanente fertilizada con distintas fuentes de nitrógeno en el suelo volcánico del sur de Chile. 1ª Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de América Latina (GALA). INIA-Chile, Serie Actas 54, 65-66.
- Ayala A., Albores-Moreno S., Alayon-Gamboa J.A., Aguilar C., Ramirez L., Magaña J., Ku-Vera, J. 2014. Efecto del fruto molido de *Enterolobium cyclocarpum* sobre la población de protozoarios y producción de metano en el rumen de ovinos de pelo. 1ª Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de América latina (GALA). INIA-Chile, Serie Actas 54, 105-106.
- CEPAL, 2010. Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Santiago de Chile, Chile.
- Eckard R.J., Grainger C., De Klein C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. *Livest Sci* 130: 47-56.
- Erhenfeld D. 2005. The Environmental Limits to Globalization. *Conservation Biology* 19. 318-326.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) 2007. Cambio Climático 2007: Informe de síntesis. Ginebra, Suiza, IPCC. 104 p
- Jiménez-Ferrer G., Aguilar-Argüello V., Soto-Pinto L. 2008. Livestock and carbon sequestration in the Lacandon rainforest, Chiapas, Mexico. En: Rowlinson P., M. Steele, y A. Nefzaoui (eds.). *Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change*. Cambridge University Press. Hammamet, Tunisia. pp. 195-197
- Jiménez-Ferrer G., Velasco-Pérez R., Gómez M.U. 2008. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Zootecnia Tropical*. 26(3), pp.
- Jiménez Ferrer G., Marinidou E., Flores A., Jong B., Ochoa S., Olguin M. 2010. Sector Agricultura del Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Chiapas. Informe técnico, Anexo B. PCCCH, 79 p
- Ku-Vera J. C., Ayala B. A., Solorio S. F. J., Briceño-Poot E. G., Ruiz G. A., Piñero V. A., Barros R. M., Soto A. M., Espinosa H. J. C., Albores M. S., Chay-Canul A. J., Aguilar P. C. F. and Ramírez A. L. 2013. Tropical tree foliage and shrubs as feed additives in ruminants rations. En: Salem (ed). *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. New York. USA: Nova Science Publishers.
- Ku-Vera J.C., Piñero-Vázquez A.T., Canul-Solis J.R., Ayala-Burgos A.J., Aguilar-Pérez C., Alayón-Gamboa J.A. 2014. Ganadería y cambio climático: Mitigación de gases de efecto invernadero. *Cuadernos de Nutrición* 37(3):97-104.
- O'Mara F. 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology* 166- 167: 7-15.
- Marinidou E., Finegan B., Jiménez-Ferrer G., Delgado D., Casanoves F. 2013. Concepts and a methodology for evaluating environmental services from trees of small farms in Chiapas, México. *Journal of Environmental Management*. 114: 115-124
- Murgueitio R., Chará O.J., Barahona R.R., Cuartas C.C., Naranjo R.J. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17: 501-507.
- Nahed-Toral J., Sanchez-Muñoz B., Mena Y., Ruiz-Rojas J., Aguilar-Jimenez R., Castel J.M., de Asis Ruiz F., Orantes-Zebadua M., Manzur-Cruz A., Cruz-Lopez J., Delgadillo-Puga C. 2013. Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production* 43:136 -145.
- Palmer L. 2014. A new climate for grazing livestock. *Nature Climate Change*. 4:321-323.
- Paz J., Campbell-Lendrum T., Foley J. 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature*. 438: 310-317.
- PCCCH. 2011. Plan Acción ante el Cambio Climático en Chiapas. Gob. De Chiapas, ECOSUR, CI, CP, INE, SEMARNAT. 137 p
- Schroth G., Laderach P. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 14 (7): 605-625.
- Thornton P., and Herrero M. 2008. Climate change, vulnerability and livestock keepers. Challenges for poverty alleviation. In: Rowlinson P., Steele M., and Nefzaoui A. (eds.). *Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change*. Cambridge University Press. Hammamet, Tunisia. pp. 21-24.
- Villanueva-López G., Martínez-Zurimendi P., Casanova-Lugo F., Ramírez-Avilés L., Montañez-Escalante. 2015. Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico. *Agroforestry Systems*, 23: 123-132.