

Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México

Guillermo Jiménez Ferrer,¹ Lorena Soto Pinto, Esaú Pérez Luna, Juan Carlos Kú Vera, Armin Ayala Burgos, Gilberto Villanueva López, Armando Alayon Gamboa

Resumen. *El sureste de México (SM) no está exento de los efectos del cambio climático (CC), de aquí deriva la importancia de buscar alternativas de mitigación y promover estrategias participativas de adopción y adaptación. El presente trabajo tiene como objetivo revisar los avances en mitigación y adaptación al CC en el sector ganadero en el SM, y resaltar las contribuciones de los sistemas agroforestales-silvopastoriles (SS) y las buenas prácticas ganaderas (BPG). En las últimas décadas, en el SM el principal sector emisor de gases de efecto invernadero (GEI) ha sido el cambio de uso de suelo y la silvicultura (USCUISS), con más de 50% de emisiones ocasionadas por la deforestación y transformación en áreas de agricultura para granos básicos, cultivos comerciales y pastizales para ganadería bovina. El segundo sector, en el rango de emisiones, ha sido el agrícola (incluyendo al ganadero), emitiendo entre 18-20%. De este sector, la ganadería bovina ha contribuido con más de 80% de las emisiones de GEI, las cuales son ocasionadas por la fermentación entérica. En este contexto, los SS y las BPG son una estratégica opción para mitigar y adaptarse al CC. En una revisión de investigaciones previas y proyectos de desarrollo en el sureste de México, se ha encontrado que los sistemas agroforestales, las BPG y el uso de prácticas*

¹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), DASA-Proy. Ganadería y Cambio Climático, email: gjimenez@ecosur.mx

silvopastoriles tienen alto potencial para capturar carbono y mitigar los GEI, dependiendo de la complejidad de determinado sistema. Respecto al metano entérico, se observa que las estrategias de mitigación más viables son aquellas que consideran la manipulación de la dieta animal con recursos arbóreos forrajeros locales y sistemas silvopastoriles, ya que son más accesibles al productor ganadero y son de bajo costo. Respecto a estudios de mitigación de óxido nitroso, en el SM, no hay estudios realizados. Se requiere fomentar la construcción de alianzas sociales y estrategias técnico-sociales que fortalezcan las capacidades locales de la población y permitan la masificación de SS y adaptarse al CC, en el contexto de la agenda global, y por una ganadería sustentable.

Palabras clave: *Agroforestería, gases de efecto invernadero, rumiantes, empoderamiento, política pública.*

Summary. *Southeastern Mexico (SM) is not exempt from the effects of climate change (CC), for this the importance of seeking alternatives of mitigation and promote the adoption of participative adaptation strategies. This paper has the objective to review progress on mitigation and adaptation to climate change in the livestock sector in the SM and highlight the contributions of agro-silvopastoral systems (SS) and good farming practices (BPG). In recent decades, in the SM the main emitter of greenhouse gases (GHG) has been the change in land use and forestry (USCUSS), with over 50% of emissions from deforestation and transformation of agriculture areas of basic grains, cash crops and pastures for cattle. The second sector in the range of emissions was agriculture (including livestock), emitting between 18-20%. In this sector, the livestock production has contributed more than 80% of GHG emissions, which are caused by enteric fermentation. In this context, the SS and BPG are a strategic option to mitigate and adapt the CC. In a review of previous research and development projects in southeastern of Mexico has been found that agroforestry systems, BPG and use of silvopastoral practices have high potential to sequester carbon and mitigate greenhouse gas emissions, depending on the complexity of certain system. Regarding the enteric methane, it shows that strategies more viable mitigation are those who*

consider the handling of animal diet with local forage tree resources and / or silvopastoral systems because they are more accessible to the livestock producer and are inexpensive. Don't exist studies of nitrous oxide in the SM. It requires promoting the construction of social alliances and technical and social strategies that strengthen local capacities of the population and allow the massification of SS and adapt to CC in the context of the global agenda for sustainable farming.

Keywords: *Agroforestry, greenhouse gases, ruminants, empowerment, public policy.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, se reconoce a escala mundial la importancia que está teniendo la ganadería en el fenómeno del cambio climático (CC), principalmente por su contribución en las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), potentes gases que dan origen al efecto invernadero (FAO, 2006; O'Mara, 2011). Asimismo, los sistemas de producción agropecuarios están siendo afectados por el CC con graves consecuencias en las condiciones económicas y calidad de vida de la población campesina, especialmente los más pobres (BSAS, 2008; Harmeling, 2011). Ejemplo de esto es que las áreas costeras de Tabasco y Chiapas (México), han sido afectadas por desastres en los últimos años, incluyendo huracanes, inundaciones y sequías, además hay estudios que indican que la intensidad y frecuencia de estos eventos podrá incrementarse en el sureste de México y Centroamérica (CEPAL, 2010). Así, los efectos de los últimos huracanes en el sureste de México (Cancún-Tapachula), incluyendo el huracán Patricia (2015) en el Pacífico, podrían ser considerados resultado del cambio climático.

Se sabe que el CC está impactando no solamente en la sociedades urbana y rural, sino que existen evidencias, en varias áreas del mundo, sobre sus efectos en ecosistemas, en la biodiversidad y en áreas agrope-

cuarias (BSAS, 2008). Problemas de deforestación, cambios de uso del suelo y sistemas de producción no sostenibles son sólo parte de este complejo fenómeno (Angelesen y Kaimowitz, 2001; Soto *et al.*, 2013). También se estima que el CC disminuirá la productividad agrícola en las regiones tropicales, reducirá la cantidad y la 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, 2014). 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 que de Tabasco y Campeche, poniendo en peligro grandes áreas productivas de las que dependen miles de productores. En este contexto, la población requiere conocimiento y tomar conciencia de este fenómeno, además de comprender la necesidad de contribuir con acciones de mitigación y buscar estrategias para adaptarse al CC.

Cambio climático, seguridad alimentaria y ganadería

En América Latina (AL) se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos en la temperatura. Además, los cambios en el uso del suelo han intensificado la explotación de los recursos naturales y promovido los procesos de degradación de áreas agropecuarias (Schroth *et al.*, 2009). En este contexto, el alto nivel de vulnerabilidad de la mayoría de los países de la región, frente a eventos climáticos extremos, puede comprometer su proceso de desarrollo, y afectar principalmente a la población que vive bajo el umbral de la pobreza (Magrin *et al.*, 2007). 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, en la actualidad, a esta región en una de las más propensas de México a sufrir los efectos adversos del CC. Proyecciones para las próximas dos o tres décadas en la región de México y

Centroamérica resaltan la vulnerabilidad de los sistemas productivos, particularmente de los cultivos tradicionales (PCCCH, 2011) Se espera que la producción de maíz pueda disminuir de manera significativa por el aumento en la temperatura y la disminución de las precipitaciones. La mayor amenaza para la agricultura de la región del sur de México y Centroamérica será la disminución de la humedad de los suelos, pudiendo convertirse en sequía agrícola y agravándose por la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos. Durante 2015, aunque todavía no hay datos robustos, se estima que la producción de granos básicos en el estado de Chiapas se redujo en 40% debido a la escasez de lluvias.

A escala global, la producción animal está pasando por cambios estructurales debido al crecimiento de la población humana, al incremento de los ingresos en las sociedades urbana y rural, y a una creciente demanda en el consumo de productos de origen animal. En general, la producción animal mundial está creciendo con más dinamismo que otros subsectores agrícolas, y se prevé que para el año 2020 la ganadería producirá más de la mitad del valor de la producción agrícola mundial (Delgado *et al.*, 1999). Este proceso ha sido nombrado como la “Revolución Ganadera”, y puede tener serias consecuencias tales como: a) un rápido y dinámico incremento en el consumo de productos de origen animal en los países en desarrollo, b) una re-localización de las actividades productivas ganaderas, c) un cambio en los sistemas de producción diversificados a sistemas verticales, ligados a procesos de mercado global, e) presión sobre los recursos locales y de propiedad comunal, especialmente en las áreas de pastoreo, y d) efectos negativos sobre los recursos naturales (agua, suelo, vegetación y biodiversidad) y la salud de la población. Este proceso global no es ajeno a la dinámica de la población rural en el sureste de México, en donde la ganadería contribuye de manera significativa en la economía regional y cultural, especialmente en las zonas campesinas e indígenas.

Hoy día, el conflicto entre la ganadería, la producción de alimentos básicos y la conservación de los recursos naturales preocupa a diversas

instancias nacionales e internacionales, quienes dedican esfuerzos y recursos para revertir las actuales tendencias negativas de la ganadería extensiva. Existe un consenso científico que indica que el cambio climático afectará las actividades pecuarias (Thornton y Herrero, 2008). Los cambios esperados tendrán efectos en las áreas de pastoreo, afectando la productividad de los pastos, la salud de los animales y, en general, obligará a modificar el manejo de los sistemas pecuarios, afectando a una gran población humana dedicada a esta actividad.

Hay muchas formas en las cuales el cambio climático puede afectar a la ganadería. En general, es necesario considerar cuatro factores importantes, uno de ellos es el agua, la cual es determinante, principalmente en épocas críticas. Se prevé que el agua tendrá una variación en su disponibilidad en muchas regiones mundiales, pudiendo afectar a 2 billones de pequeños productores ganaderos en el mundo. Otro factor son los forrajes, de los cuales existen evidencias de que el cambio climático puede afectar la disponibilidad, composición y valor nutritivo de los pastizales (Pollack, 2008). Este aspecto puede modificar la dieta de los animales y poner en riesgo las estrategias de los ganaderos para mantener sus rebaños y su economía; por ejemplo, en ciertas áreas del centro de Chiapas, México, el maíz ha sido sustituido por otros cultivos, como el sorgo forrajero, el cual es apto para zonas con sequía y zonas áridas. El tercer factor es el de la biodiversidad en los sistemas ganaderos, un aspecto amenazado y poco estudiado, ya que una acelerada desertificación puede ocasionar una pérdida de la diversidad vegetal y animal (Ehrenfeld, 2005). Finalmente, la salud humana y animal son de los factores más sensibles. Ya existe información sobre el aumento de enfermedades y plagas, tanto en la población animal como humana; sin ir más lejos, enfermedades como la malaria, la "Lengua azul" y las causadas por garrapatas están teniendo presencia en zonas donde antes no había incidencia de ellas (Paz *et al.*, 2005).

En el sureste de México, la actividad pecuaria ya ha sido afectada intensamente por efectos de sequías e inundaciones. Aunque no hay suficientes estudios, se estima que grandes áreas de pastoreo en los es-

tados de Tabasco, Campeche y Chiapas han sido degradadas debido a una combinación de efectos climatológicos 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 (Jiménez, 2010), lo cual contribuye directamente al CC mediante las emisiones de metano por fermentación entérica. En este contexto, el IPCC (2006) reportó que las emisiones mundiales, en el año 2000, correspondieron en 55% al dióxido de carbono (CO₂) proveniente del sector industrial y energético; 19% al CO₂ proveniente del sector, cambio en el uso de la tierra y silvicultura; 16% al CH₄, y 9% al N₂O provenientes del sector agrícola.

La actividad agrícola en el sureste de México, en especial la ganadería bovina, representa una importante actividad social y productiva en familias rurales y campesinas; esto explica que la actividad agropecuaria en el sureste de México contribuya con un alto porcentaje del total de las emisiones de GEI en esta región. Por ejemplo, en el estado de Chiapas, los principales GEI emitidos por la actividad agropecuaria son el CH₄ entérico, producido por rumiantes, y el N₂O emitido desde el suelo. Si bien, ambos gases son emitidos en forma directa o indirecta, principalmente por la actividad ganadera, la adición de fertilizantes nitrogenados al suelo también es una fuente importante de emisión de N₂O (Jiménez *et al.*, 2010).

Dinámica de GEI en el sureste de México: caso Chiapas

En el sureste de México, el cambio de uso de suelo (CUS), de bosques a potreros, ha sumado grandes superficies de tierras dedicadas a la ganadería bovina. Covalada *et al.* (2012) reportaron en Chiapas un CUS de tierras forestales a áreas de pastoreo de 43 283 ha/año durante los años 2003-2008, de las cuales entre 50 y 70% se encuentran degradadas o en un proceso de degradación. Respecto a la población bovina en Chiapas, es la tercera más grande en el país, superada por los estados de Veracruz

y Tabasco. Chiapas reportó en el 2013 que existían alrededor de cerca de 2700 000 cabezas de bovinos (SIAP, 2015).

De acuerdo al PCCCH (2011), en el año 2005 Chiapas emitió 27776.15 Gg de CO₂eq. El principal sector emisor fue el cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS) con 57%, que fueron emitidas principalmente por la deforestación y degradación forestal para la transformación en áreas de agricultura para granos básicos, cultivos comerciales y pastizales para ganadería bovina. El segundo sector en el rango de emisiones fue el agrícola (incluyendo al ganadero), emitiendo 19%. Es importante destacar que de este sector, la ganadería bovina contribuyó con más de 80% de las emisiones de GEI, la cuales fueron debido a las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica del ganado. Las emisiones de óxido nitroso significaron una baja proporción en el sector agrícola, y provinieron esencialmente de los desechos del estiércol y la fertilización (Cuadro 1). Cabe destacar que la participación del sector ganadero de Chiapas concuerda con las tendencias mundiales de emisiones provenientes del sector ganadero citadas por la FAO (2006).

Cuadro 1. Distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero por sector en Chiapas (2010).

Sector	%
USCUSyS	57
Agricultura	19
Energía	15
Residuos	8
Procesos Industriales	1

Fuente: PCCCH, 2011

Avances en la mitigación en sistemas ganaderos

Dentro de la búsqueda de estrategias para la mitigación al CC, hay un amplio abanico de oportunidades tecnológicas basadas en la agroforestería, la agroecología, y opciones de buenas prácticas ganaderas (BPG), reconocidas mundialmente como alternativas viables y al alcance de las poblaciones locales; por ejemplo, en el contexto de reconversión de la ganadería extensiva, 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. El potencial de árboles para el diseño de sistemas silvopastoriles (SS) ha sido también mundialmente reconocido, por su importancia productiva y de servicios ambientales (Murgueitio, 2014; Palmer, 2014).

En el sureste de México existen especies arbóreas nativas que cumplen funciones múltiples como: producción de madera, leña, forraje, alimento, medicinas, además proporcionan servicios como sombra, mejoran el suelo, sirven de corredores biológicos que pueden ser utilizados en sistemas agroforestales, mejoran las prácticas de producción ganadera y mitigan los efectos del CC. En Chiapas, actualmente, se tiene conocimiento de más de 50 especies arbóreas con potencial forrajero y de uso múltiple que pueden mejorar los sistemas convencionales (Jiménez *et al.*, 2008a; Marinidou *et al.*, 2013). En este mismo sentido, los SS y diversas BPG pueden representar una opción que permite hacer un uso sostenido de la tierra con beneficios directos sobre el productor y el medio ambiente. Así, el silvopastoreo, las BPG y la gestión del paisaje pueden disminuir las emisiones de GEI mediante la reducción de la deforestación o la degradación de los bosques, evitando fugas y la mejora de las reservas de carbono. Así mismo, los SS existentes en las diferentes regiones agroecológicas del sureste de México pueden proveer de servicios eco-sistémicos múltiples para promover la sustentabilidad y reducir las emisiones de GEI, a través de la menor presión por la tierra y mejor uso del forraje por los bovinos. De igual manera, pueden ser parte de las estrategias para la

mitigación y promover la adaptación al cambio climático en el sureste de México, mejorando la resiliencia de los sistemas productivos.

En investigaciones previas en el sureste de México, se ha encontrado que los sistemas agroforestales, las BPG 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 tienen alto potencial para mitigar los GEI, dependiendo de la complejidad de determinado sistema, además de tener múltiples beneficios ambientales en la restauración de ecosistemas y la conectividad entre ellos para la conservación de la biodiversidad, y otros beneficios sociales y culturales, aportando a la seguridad alimentaria (Jiménez *et al.*, 2008; PCCCH, 2011; Marinidou *et al.*, 2013; Nahed *et al.*, 2013; Ferguson *et al.*, 2013). Por ejemplo, con respecto a la mitigación del CC, estudios de línea base sobre el potencial de captura de carbono en paisajes ganaderos con trópico húmedo (Selva Lacandona, Chiapas México), indican que el valor más alto se obtuvo en SS con SAP con 88.89 Mg C ha¹, seguido por SCV con 87.5 Mg C ha¹. El valor más bajo correspondió a pasturas en monocultivo con 60.62 Mg C ha¹. La materia orgánica del suelo fue el mayor reservorio, y no fue diferente bajo ninguno de los sistemas y no hubo diferencia por profundidad de suelo (Jiménez *et al.*, 2008). Por otro lado, Villanueva-López y colaboradores (2015) encontraron en Tabasco (México) que la presencia de árboles (*G. sepium*), como cercos vivos en áreas de pastoreo, permitió un almacenamiento anual de carbono atmosférico en el suelo de 20.44 Mg C ha⁻¹ año⁻¹, mientras en áreas de pasturas en monocultivo fue de 19.22 Mg C ha⁻¹ año⁻¹. Estos mismos autores, en otro estudio, resaltan la importancia de cercos vivos con *G. sepium* en las tasas de respiración del suelo de áreas en pastoreo, permitiendo temperaturas más bajas y humedad ambiental más estable, que impactaron en los flujos de CO₂ de suelo (Villanueva-López *et al.*, 2014). Comparando estos resultados con estimaciones de almacenamiento de carbono en paisajes ganaderos en Centroamérica (Muhammad *et al.*, 2007), se evaluaron pasturas degradadas, pasturas naturales y mejoradas con árboles, bancos forrajeros y bosques secundarios, encontrando 72.5, 97.3, 115.13, 130.6 y 162.17

Mg C ha¹, respectivamente. Comparando con otros sistemas agrícolas en Chiapas, México, Roncal (2007) encontró valores de almacenamiento de C en sistema Taungya, milpa tradicional, acahuals mejorados y barbecho natural de 109.4, 127.9, 150.1 y 177.6 Mg C ha⁻¹, respectivamente.

Con respecto al metano entérico, hay suficientes evidencias, de tipo mundial, que demuestran el importante papel que tienen los rumiantes como emisores de GEI (O'Mara, 2011). Se considera que los sistemas ganaderos aportan mundialmente 15% de las emisiones globales de este potente gas, por lo que se deben buscar estrategias de mitigación para su reducción. En los estados que comprenden la frontera sur de México, recientemente se ha empezado a investigar para encontrar alternativas que contribuyan a la mitigación de CH₄ entérico. En el estado de Yucatán, México, los estudios de CH₄ entérico se han centrado en usar la técnica de cámaras de respiración de circuito abierto en el Laboratorio de CC y Ganadería (LACCLIGA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (SIIDETEY, 2014). En Yucatán, Ayala *et al.* (2014) demostraron, en un ensayo con ovinos Pelibuey alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), que la incorporación de la harina de los frutos molidos de la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en la ración, resulta en una reducción significativa en las emisiones de metano entérico. De igual forma, Piñeiro-Vázquez y colaboradores (en prensa), en otro estudio con bovinos alojados en cámaras de respiración de circuito-abierto, encontraron que disminuía alrededor de 25% en las emisiones de metano entérico, usando taninos condensados provenientes del follaje del "Guashin" (*Leucaena leucocephala*). En el estado de Chiapas, Jiménez *et al.* (en preparación) analizaron la pertinencia técnica y social de diversas estrategias de mitigación de GEI con productores ganaderos del sureste de México, sugiriendo que las mejores estrategias de mitigación para el metano entérico son aquellas que consideran la manipulación de la dieta animal con recursos locales, buenas prácticas y sistemas silvopastoriles, ya que son más accesibles al productor ganadero y son de bajo costo. Los usos de técnicas más complejas para la mitigación de metano entérico, mediante inhibidores, antibióticos o biotecnología

genética, son una posibilidad ya confirmada en otros países y en el centro de México, sin embargo, está fuera del alcance de la mayoría de los productores con ganado en el sureste de México (Cuadro 2).

Respecto a estudios de mitigación de metano entérico y óxido nítrico en sistemas ganaderos en pastoreo en el sureste de México, no hay estudios realizados, sin embargo, hay amplia información en otras regiones de América Latina que permite sugerir la necesidad de buscar estrategias en el manejo y fuentes alternativas de fertilización en las áreas ganaderas, así como evaluar las emisiones de metano entérico bajo condiciones de pastoreo usando la técnica de Sf₆, y generar factores de emisión locales (Jiménez *et al.*, 2014; Alfaro *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Perspectivas de mitigación de emisiones de metano entérico en ganadería en el sureste de México

	Compuestos/ Estrategias	Complejidad de Implementación	Viabilidad en Sistemas ganaderos del sureste
Inhibidores directos	Cloroformo, Amicloral, Ácidos	XXX	X
Aditivos	Ácidos grasos orgánicos, Fumarato, Malato, Ionóforos	XXX	XX con restricciones económicas y de manejo
Manipulación de la dieta	Forrajes de buena digestibilidad, Defaunadores naturales, Agroforestería (silvopastoreo con árboles forrajeros), leguminosas, ensilados, blocks de melaza, fuentes energéticas (Melaza, banano verde, caña)	X	XXX Alta viabilidad para sistemas de leche y carne y/o doble propósito. Fácil adopción en productores de bajos ingresos
Otros; Antibióticos Biotecnología Ing. genética	Vacunas	XX	XX Restricciones económicas Requiere investigación

XXX = Alta XX = Intermedia X = Baja

Estrategias de adopción-adaptación en Ganadería, ¿qué hacer?

En áreas tropicales se han identificado múltiples barreras culturales, sociales y tecnológicas que impiden la adopción de sistemas agroforestales; entre ellos, los sistemas silvopastoriles (Alyson *et al.*, 2003; Mercer, 2004). Asimismo, también existen experiencias, a diferente escala, que muestran el papel estratégico que han tenido la agroforestería, la reforestación, la venta de servicios ambientales y las BP, donde han interactuado y colaborado productores, investigadores y agentes del desarrollo. Ejemplos como los proyectos silvopastoriles multinacionales implementados por CATIE-CIPAV, en Centro y Sudamérica (Muhammad, 2007; Palmer, 2014); el Proyecto *Scolel'te* ("Árbol que crece", en tzeltal), en el sureste de México (Soto Pinto *et al.*, 2013), y la Red de Ganadería Sustentable y Cambio Climático, en el estado de Chiapas, muestran la posibilidad de la "masificación" a diferente escala, y su aporte con respecto a diversas alternativas para combatir la pobreza, conservar los recursos forestales, diversificar la agricultura y adaptarse a los efectos del cambio climático (Cuadro 3).

La adaptación al CC requiere que técnicos, funcionarios, campesinos y productores realicen cambios o ajustes en la forma de producir, y logren una mejor habilidad para manejar el riesgo, ya sea por sequía o inundaciones debidas al CC. Aspectos como cambios en el uso del suelo, infraestructura y nuevas estrategias de manejo de sistemas, diseño de nuevos escenarios, nuevos sistemas de producción, incorporación del conocimiento local y estrategias participativas, adicional a los avances científicos, permitirán la adaptación al CC. El desarrollo de una ganadería "amigable", en la que el término amigable sea empleado para integrar el aprovechamiento racional, la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales, requiere de estrategias que incorporen los avances de las ciencias y el conocimiento local de los productores. La ganadería bovina en el sureste de México, comúnmente, es realizada bajo prácticas extensivas, sin embargo, incorpora la experiencia de los

productores, con una fuerte carencia en servicios técnicos y financieros. Existen muchas opciones para adaptarse al cambio climático; por ejemplo, cambios tecnológicos son necesarios para mantener o incrementar la productividad animal en un contexto de conservación y buen manejo de los recursos naturales. En este sentido, como ya hemos indicado, la agroecológica, la cultura orgánica, las BPG y el enfoque agroforestal-silvopastoril 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. En el contexto de estas opciones, también existe una fuerte necesidad de implementar nuevos métodos y herramientas que sean adecuadas para cada tipo de productor, y que incorporen la experiencia y el conocimiento local de los ganaderos. Al respecto, los campesinos y productores agropecuarios de muchas partes de México tienen una inmensa riqueza de “conocimientos tradicionales” sobre cómo enfrentar la variación y los riesgos del clima, lo cual es necesario para poder generar procesos de vinculación y transferencia de experiencias exitosas.

Cuadro 3. Experiencias donde la Agroforestería se ha masificado y contribuye a disminuir la pobreza, conservar recursos y adaptarse al cambio climático

	Proyecto Scolel 'te (Árbol que crece) México	Red de ganadería sustentable y cambio climático de Chiapas, México	Proyecto Ganadería y Manejo de medio Ambiente. Costa Rica, Nicaragua y Colombia
Escala (Localidad)	<u>Regional</u> . Chiapas (Regiones: Selva, Norte y Valles Centrales) y Oaxaca	<u>Local</u> . Estado de Chiapas (Villa Flores, Villa Corzo, Pijijiapan, Marqués de Comillas, Ocosingo)	Multi-Nacional. Costa Rica, Nicaragua, Colombia
Implementadores	AMBIO, ECOSUR (Mex.), Edinburgh University (UK)	CATIE-ECOSUR-PRONATURA-TNC-AMBIO-UNACH	CATIE (Gamma)-CIPAV-FAO (Lead)

Actividades	Reforestación, Agroforestería, Conservación y Restauración.	Agroforestería pecuaria, Agroecología, Reforestación.	Agroforestería Pecuaria, Reforestación.
Áreas bajo manejo	➤ 7606.75 ha	➤ 2500 ha	➤ 10 000.00 ha
Participantes	1207 productores indígenas de varias regiones de Chiapas y Oaxaca.	335 productores ganaderos medianos (< 50 ha) y pequeños. (< 20 ha).	➤ 2000 productores
Acciones	Pago por Servicios Ambientales, Planes vivos para Sistemas Agroforestales (Taungya, Silvopastoreo, Café, Mejoramiento Acahuals).	Implementación de sistemas silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas.	Pago por Servicios Ambientales en Sistemas Silvopastoriles (Bancos forrajeros, cercos vivos, árboles en potreros).

Fuente: www.planvivo.org; <http://gamma.catie.ac.cr/redchiapas/>; FAO, 2010; Palmer, 2014; CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Turrialba, costa Rica); CIPAV (Centro para la investigación en sistema sostenible de producción agropecuaria, Cali, Colombia); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur); TNC (Nature Conservation); AMBIO (Ong local); CONABIO (Mex.); PRONATURA (Mex.).

CONCLUSIONES

Cabe destacar que en la última década, dos aspectos han sobresalido en la investigación en ganadería y medio ambiente: a) el desarrollo de métodos cada vez más sofisticados para evaluar las interacciones entre

los componentes en sistemas ganaderos y sus impactos ambientales y b) el potencial técnico para la reducción de la huella ambiental (p.e. GEI) de diversas estrategias tecnológicas (Herrero *et al.*, 2015). Sin embargo, la viabilidad cultural y socioeconómica de muchas de estas alternativas no se han explorado. Además, se necesita de un empoderamiento de las organizaciones locales y regionales de productores, y de una política pública más agresiva y comprometida socialmente para generar y ofrecer condiciones de adaptación, y con ello contribuir a un desarrollo rural en este contexto global.

Entonces ¿cuáles son las estrategias necesarias para “masificar” o “escalar” los avances encontrados?, ¿cuál es el enfoque de investigación y desarrollo que debe seguirse para contribuir a resolver los “viejos” problemas de la ganadería en México?, ¿cuáles deben ser los incentivos sociales que permitan la adopción y motivación de nuevas prácticas en lo técnico y social?, y ¿cómo vincular los avances encontrados en estudios de mitigación con las estrategias de adopción y adaptación al CC? Estos retos y las respuestas a estas inquietudes se tendrán que ir construyendo en un proceso participativo e incluyente de todos los involucrados.

AGRADECIMIENTOS

Este documento ha sido posible por el financiamiento del Proyecto: CONACYT-SEP CB-2014 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”*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M. *et al.*, 2014, "Emisiones de óxido nitroso en una pradera permanente fertilizada con distintas fuentes de nitrógeno en el suelo volcánico del sur de Chile", en *1ª Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de América Latina (GALA)*, Serie Actas INIA-Chile, 54: 65-66.
- Alyson, B. *et al.*, 2003, "Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions", en *Agroforestry Systems*, Septiembre, 59: 2, 149-155.
- Angelsen, A. y D. Kaimowitz, 2001, "The Role of Agricultural Technologies in Tropical Deforestation", en Angelesen, A. y D. Kaimowitz, (Eds.), *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*, CIFOR, Cabi Pub, UK.
- Ayala, A. *et al.*, 2014, "Efecto del fruto molido de *Enterolobium cyclocarpum* sobre la población de protozoarios y producción de metano en el rumen de ovinos de pelo", en *1ª Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de América Latina (GALA)*, Serie Actas INIA-Chile, 54: 105-106.
- BSAS, 2008, *Livestock and Global Climate Change*, Cambridge Press, UK.
- CEPAL, 2010., *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, Santiago de Chile, Chile.
- Covaleda, S. *et al.*, 2012, "Anexo A. Diagnóstico del estado actual de REDD+ en Chiapas, Programa Mexicano del Carbono, en [http:// pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/CI_Factibilidad_REDD+/Informe_Fase_B/Informe_Final.pdf](http://pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/CI_Factibilidad_REDD+/Informe_Fase_B/Informe_Final.pdf), consultado 10/03/15.
- Delgado, C. *et al.*, 1999, "Livestock to 2020: the next food revolution", en *Agriculture and the Environment Discussion Paper 28*, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Erhenfeld, D., 2005, "The Environmental Limits to Globalization", en *Conservation Biology*, 19: 318-326.

- FAO, 2006, *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, Food and Agriculture Organization, Roma, Italia.
- Ferguson, B., 2013, "Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico", en *Agricultural Systems*, (120): 38-48.
- Herrero, M. *et al.*, 2015, "Livestock and the Environment: What Have We Learned in the Past Decade?", en *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 40: 177-202.
- Harmeling, S., 2011, *Global climate risk index 2012. Who suffers most from extreme weather events?*, Briefing paper, Berlin, Germanwatch.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2006, "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero", IPCC-NGGIP, en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2014, Summary for policymakers, en Field, B. *et al.*, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University, UK.
- Jiménez, G. *et al.*, 2008, "Livestock and carbon sequestration in the Lacandon rainforest, Chiapas, Mexico", en Rowlinson, P. *et al.* (Eds.), *Proceedings of the Internacional Conference Livestock and Global Climate Change*, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia.
- Jiménez, G. *et al.*, "Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México", en *Zootecnia Tropical*, 26(3).
- Jiménez, G. *et al.*, 2010, "Sector Agricultura del Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Chiapas", *Informe técnico, Anexo B. PCCCH*.
- Kass, D., 1995, "Sistemas silvopastoriles en las Américas: Una enseñanza del pasado", en *Agroforestería de las Américas*, 2(7): 4-5.

- O'Mara, F., 2011, "The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future", en *Animal Feed Science and Technology*, 166-167: 7-15.
- Marinidou, E. et al., 2013, "Concepts and a methodology for evaluating environmental services from trees of small farms in Chiapas, México", en *Journal of Environmental Management*, 114, 115-124.
- Magrin, G. et al., 2007, "Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", en Parry, M. et al. (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Mercer, D., 2004, "Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review", en *Agroforestry Systems*, 61:1, 311-328.
- Muhammad, I. et al., 2007, "Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua", en *Agroforestería de las Américas*, 45: 27-35.
- Murgueitio, R. et al., 2014, "Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático", en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17: 501-507.
- Nahed, T. et al., 2013, "Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico", en *Journal of Cleaner Production*, 43: 136-145.
- Palmer, L., 2014, "A new climate for grazing livestock", en *Nature Climate Change*, 4: 321-323.
- Pollock, J., 2008, "Impacts on livestock agriculture of competition for resources", en Rowlinson P. et al. (Eds.), *Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change*, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia.
- Paz, J. et al., 2005, "Impact of regional climate change on human health", en *Nature*, 438: 310-317.

- PCCCCH, 2011, *Plan de acción ante el cambio climático en Chiapas*, Gob. de Chiapas, CI/ECOSUR/CP/INE/Semarnat, Gobierno del Estado de Chiapas.
- Roncal, S., 2007, *Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de Chiapas, México*, tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur México.
- Schroth, G. y P. Laderach, 2009, "Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico", en *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(7): 605-625.
- SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pesquera), 2015, "Bovinos de carne y leche, población ganadera 2005-2014", en <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/bovino.pdf>, consultado el 3/09/15.
- SIIDETHEY, 2014, "Cambio Climático y ganadería", en *Órgano oficial de Ciencia y la Tecnología en Yucatán, Gaceta*, 6: 47, 5-19.
- Soto, L. et al., 2013, "Agroforestry Systems and Local Institutional Development for Preventing Deforestation in Chiapas, Mexico", en *Deforestation in Around the World*, Tech Open.
- Thornton, P. y M. Herrero, 2008, "Climate change, vulnerability and livestock keepers. Challenges for poverty alleviation", en Rowlinson P. et al. (Eds.), *Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change*, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia.
- Villanueva, G. et al., 2014, "Influencia del sistema silvopastoril 'Cercas Vivas' de *Gliricidia sepium* en la respiración del suelo en Tacotalpa, Tabasco, México", en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17: 261-266.
- Villanueva, G. et al., 2015, "Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico", en *Agroforestry Systems*, 23: 123-132.