



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

**Relación Costo-efectividad de prácticas silvopastoriles, como insumo para la elaboración de la
Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada – NAMA – de ganadería bovina en México**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado
como requisito para optar por el Grado de**

MAGISTER SCIENTIAE

en Economía, Desarrollo y Cambio Climático

Natalia Gutiérrez Beltrán

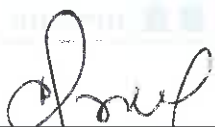
Turrialba, Costa Rica

2018

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO
Y CAMBIO CLIMÁTICO**

FIRMANTES:



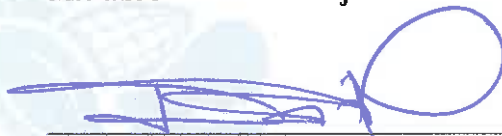
Claudia Sepúlveda, M.Sc.
Codirectora de tesis



Róger Madrigal, Ph.D.
Codirector de tesis



Luis Ortega, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Ísabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



Natalia Gutiérrez Beltrán
Candidata

DEDICATORIA

A mi papá, mi mamá, mi hermanita y mi hermanito que son mi motivación para vivir cada día, son las personas que me guían y que me acompañan tanto en los momentos más felices que he tenido, como en los más complejos.

A mi abuelita que es simplemente la mejor mujer de quien he tenido ejemplo de amor incondicional.

A mis amigos quienes me han acompañado en mi vida laboral y siempre creyeron en mis capacidades.

A mi gata que amo y que me esperó en casa.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme todas las bendiciones que he recibido.

A mi familia por apoyarme para poder alcanzar este logro.

A CATIE por otorgarme la beca Wallace por medio de la cual pude iniciar mis estudios de posgrado.

Al proyecto BiOPaSOS y a mis codirectores de tesis por brindare el apoyo financiero para poder desarrollar mi proyecto de tesis y finalizar mis estudios.

A la profesora Claudia Sepúlveda por darme la oportunidad de hacer parte del proyecto BioPaSOS y por sus orientaciones

Al profesor Roger Madrigal por su constante apoyo, explicaciones y correcciones.

Al doctor Luis Ortega por todos sus aportes y acompañamiento en la construcción de cada sección del documento.

Al doctor Ibrahim por confiar en mí y brindarme su apoyo como profesor y director de CATIE

A la decana Isabel Gutiérrez por ser una guía durante toda la experiencia vivida en CATIE

A Sergio, Eduardo y Fernando por todo el apoyo que me brindaron, por adoptarme en la oficina de bioestadística y por ser mis amigos.

A todas esas personas que en México fueron mi equipo de trabajo y especialmente mis amigos.

A mis amigos en CATIE, con quienes día a día nos acompañamos y motivamos para poder cumplir con esta gran meta.

A Ani, Nico, Juan, Maleja y Chris con quienes poco a poco fui construyendo una familia en CATIE y por seguir siendo parte de mi vida.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	9
5. REVISIÓN DE LITERATURA	10
ARTICULO 1	18
1. INTRODUCCIÓN	18
2. METODOLOGIA	19
2.1 Área de estudio	19
2.2 Identificación y priorización de las tecnologías silvopastoriles	20
2.3 Estimación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica del ganado bovino	21
2.4 Estimación de la fijación de carbono por el uso de tecnologías silvopastoriles	22
2.5 Estimación de costos directos de establecimiento y mantenimiento	24
2.6 Análisis costo efectividad de tecnologías silvopastoriles	24
2.7 Análisis de sensibilidad	25
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1. Caracterización de las unidades productivas	25
3.2. Identificación y priorización de las tecnologías silvopastoriles	26
3.2.1 Árboles dispersos (AD)	27
3.2.2 Cercas Vivas (CV)	30
3.2.3 Banco Forrajero Proteico (BFP)	31
3.2.4 Bancos Forrajeros Energéticos (BFE)	33
3.2.4.1 Ensilaje	35
3.2.4.2 Bloques nutricionales	36
3.3. Consolidado de costos directos de establecimiento y de mantenimiento año base 2018 ..	37
3.4. Costo total de la inversión línea temporal 2018 – 2030	38
3.5. Determinantes de implementación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles	39
3.6. Estimación de las emisiones de GEI	42
3.7. Fijación de captura de carbono	45
3.8. Costo efectividad de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles	45
3.9. Análisis de sensibilidad	47

3.10. Recomendaciones para la vinculación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles en la formulación de la NAMA	48
4. CONCLUSIONES	56
ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Variables consideradas en entrevistas semiestructuradas	21
Cuadro 2: Factores de emisión y tasas de fijación usadas en las estimaciones.....	23
Cuadro 3: Establecimiento de parcelas en campo.....	24
Cuadro 4: Características productivas de las 30 unidades de producción	26
Cuadro 5: resultados de la identificación y priorización de las prácticas de manejo y tecnología silvopastoriles.....	26
Cuadro 6: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de árboles dispersos en potreros (caso: regeneración natural).....	29
Cuadro 7: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de árboles dispersos en potreros (caso: árboles plantados).....	29
Cuadro 8: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de 100 metros de cercas vivas.....	31
Cuadro 9: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de banco forrajero proteico (<i>Gliricidia sepium</i> / <i>Leucaena leucocephala</i>).....	32
Cuadro 10: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de banco forrajero energético.....	34
Cuadro 11: Costos directos para ensilaje en pastel (1 ha).....	36
Cuadro 12: Costos directos - Bloques nutricionales (50 kilos).....	37
Cuadro 13: Consolidado de costos directos de establecimiento de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles.....	38
Cuadro 14: Valor presente neto de las inversiones en el periodo 2018 – 2030	38
Cuadro 15: Factores de emisión de CH ₄ (kg/cabeza/año).....	42
Cuadro 16: Emisiones de CH ₄ para la dieta 1 y 2 y área requerida para abastecimiento de alimento ...	43
Cuadro 17: Emisiones de CH ₄ para la dieta 1 y 3 y área requerida para abastecimiento de alimento ...	44
Cuadro 18: fijación de carbono durante la línea temporal (2018 – 2030)	45
Cuadro 19: Efectividad en términos de carbono	46
Cuadro 20: Análisis de sensibilidad al cambiar costos de mano de obra	47
Cuadro 21: Análisis de sensibilidad a los cambios en la tasa de descuento	48

Índice de figuras

Ilustración 1: Mapa área de estudio	20
Ilustración 2: Porcentaje de productores que realizan la práctica o tecnología	27
Ilustración 3 Motivaciones para establecer prácticas y tecnologías.....	40
Ilustración 4: Apoyo que el productor indica haber recibido.....	41
Ilustración 5 Limitantes de implementación	41
Ilustración 6: esquema de flujo de las medidas de mitigación.....	53
Ilustración 7: esquema de una curva de abatimiento	53

RESUMEN

El estudio estima la relación costo-efectividad de tecnologías silvopastoriles que conducen a la mitigación de Gases de Efecto Invernadero. Además, se consolidan recomendaciones para promover la vinculación de dichas tecnologías a través de la Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada de ganadería en México, realizando entrevistas a 30 productores en el estado de Chiapas. Se estimó el potencial de mitigación y los costos de inversión de árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros. Se determinó que la tecnología silvopastoril más costo efectivo (menos inversión al año por tonelada de CO2 equivalente reducida) corresponde a los árboles dispersos (\$12.4 USD/ton CO2 eq), seguido de los bancos forrajeros proteicos (\$28.6 USD/ton CO2 eq), los bancos forrajeros energéticos (\$74.4 USD/ton CO2 eq) y las cercas vivas (\$137.2 USD/ton CO2 eq).

Palabras clave: Gases efecto invernadero, ganadería sostenible, sistemas silvopastoriles, carbono.

ABSTRACT

The study estimates the cost-effectiveness of silvopastoral technologies for greenhouse gas mitigation. In addition, recommendations are presented to promote the linkage of these technologies through the Nationally Appropriate Mitigation Action of livestock in Mexico. Interviews were applied to 30 producers in the state of Chiapas, to estimate the mitigation potential and investment costs of dispersed trees, live fences and forage banks. The most cost effective silvopastoral technology--the smallest investment per year per ton of CO2 reduced--determined was dispersed trees (\$ 12.4 / ton CO2 eq), followed by protein feed banks (\$ 28.6 USD / ton CO2 eq), energy feed banks (\$ 74.4 USD / ton CO2 eq) and live fences (\$ 137.2 USD / ton CO2 eq).

Key words: Greenhouse gases, sustainable livestock, silvopastoral systems, carbon

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático actualmente es uno de los fenómenos más relevantes en la agenda internacional dada su incidencia en aspectos ambientales, sociales y económicos de orden mundial. Los efectos adversos¹ generados por este fenómeno en los ecosistemas, afectan directamente los servicios ambientales que estos proveen, lo que a su vez implica de manera significativa cambios en la disponibilidad de recursos, en los sistemas productivos y finalmente en el desarrollo social y económico de la sociedad.

Tales efectos generan que este fenómeno sea tomado en cuenta dentro de la planificación y toma de decisiones por parte de los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Así mismo, combatir la emisión de gases de efecto invernadero como causa principal del cambio climático es uno de los compromisos asumidos por los gobiernos de dichos países.

La estabilización de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la reducción de estas en los próximos años, hace parte de las estrategias que los países empiezan a trazar en sus planes de gobierno, y donde el sector privado es uno de los actores más relevantes para alcanzar metas de reducción y mitigación de GEI sin impactar de forma negativa el desarrollo de sus actividades productivas. La mitigación en el contexto de cambio climático hace referencia a una intervención humana para reducir las emisiones de GEI y/o potenciar los sumideros (CMNUCC 2015).

En el marco de las negociaciones internacionales de la CMNUCC celebradas anualmente, se han diseñado diferentes instrumentos que buscan implementar acciones de mitigación de GEI y de captura de carbono. Varios de estos instrumentos han sido implementados de manera voluntaria en diferentes naciones, consolidando importantes resultados y avances en la lucha contra el cambio climático.

El concepto Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs por sus siglas en inglés²), surge en la Conferencia de las Partes (COP 13) celebrada en Bali 2007, como un instrumento que comprende políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acción que reduce las emisiones de gases efecto invernadero en los países en desarrollo. Las NAMAs deben diseñarse como estrategia de una iniciativa del gobierno nacional; pueden ser políticas dirigidas a un cambio transformacional dentro de un sector económico, o también acciones en todos los sectores para un enfoque nacional más amplio. Adicionalmente, deben estar apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiación y creación de capacidad y están orientadas a lograr una reducción de las emisiones relativas y de sus niveles tendenciales o “*business as usual*” (UNFCCC 2014). Posteriormente en la COP 16 en Cancún 2010 se establece que se creará un registro de NAMAs para armonizar donantes y receptores y se avanza en la puesta en marcha del Fondo Verde del Clima.

¹ Por "efectos adversos del cambio climático" se entiende los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos. 1992. unfccc.int. Disponible en http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf

² Nationally Appropriate Mitigation Action

La creación de un registro de NAMA´s es considerado uno de los resultados más relevantes del Acuerdo de la COP 16, celebrada en Cancún 2010, dado el logro alcanzado por la comunidad internacional, constituyendo en la NAMA la base para obtener un mayor esfuerzo colectivo en la tarea de reducir las emisiones GEI.

Actualmente numerosos países formulan y establecen estrategias de desarrollo bajo en carbono que contemplan la implementación de NAMAs sectoriales. La ganadería es uno de los sectores que ha cobrado particular importancia para contribuir a los esfuerzos mundiales sobre el cambio climático mientras promueve nuevos tipos de desarrollo económico.

En este sentido, una de las tecnologías que el sector de ganadería ha contemplado son los Sistemas Silvopastoriles (SSP), los cuales inicialmente fueron concebidos con el objetivo de mantener una producción sostenible desde el punto de vista social, ambiental y económico; sin embargo, con el tiempo y la implementación de estos, los SSP son actualmente vistos como una de las estrategias que ayudan a reducir las emisiones por mejoras a las condiciones y la dieta animal; con los SSP también se mejoran los sumideros de la biosfera con la conservación del recurso forestal disponible (FAO 2008).

En el estado de Chiapas, al sur de México, es una de las regiones que actualmente tiene importantes avances en la implementación de sistemas silvopastoriles gracias al apoyo del Gobierno y de cooperación internacionales como la Iniciativa Climática Internacional Alemana (IKI por sus siglas en alemán), por medio de la cual se implementa actualmente en tres estados de México (Jalisco, Campeche y Chiapas) el proyecto BioPaSOS el cual es implementado por Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en coordinación con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con el objetivo de fortalecer las capacidades de los productores ganaderos en promoviendo la conservación de la biodiversidad a través de tecnologías silvopastoriles.

Reconociendo este precedente, y en el marco proyecto BioPaSOS, se formuló el presente proyecto de tesis, el cual tiene como objetivo: *Estimar la relación costo-efectividad de prácticas silvopastoriles que conduzcan a la reducción de emisiones GEI y a la fijación de carbono, como insumo para la elaboración de la Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriadas – NAMA – para el sector de ganadería en México.* Se pretende que los resultados los cuales se presentan a continuación sean un insumo útil para que tomadores de decisiones conciban los SSP como opciones de mitigación de GEI con potenciales cobeneficios para el sector.

2. ANTECEDENTES

En la actualidad diferentes hallazgos científicos han evidenciado que el incremento gradual de la temperatura global, en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), se consolidan las evidencias científicas observadas en el sistema climático basadas en mediciones directas y por medio de teledetección satelital. Las observaciones de la temperatura y otras variables en escala mundial comenzaron a efectuarse en la era instrumental, a mediados del Siglo XIX, y desde 1950 existen conjuntos de observaciones más completos y diversos (IPCC 2013).

Por medio de estos conjuntos de observaciones se ha identificado que la temperatura de la superficie terrestre y oceánica muestra un calentamiento de 0,85 °C en promedio, pues durante el período 1880-2012; casi la totalidad del planeta ha experimentado un aumento de la temperatura. En cuanto a las emisiones de GEI, las concentraciones atmosféricas del dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana (IPCC 2013).

Durante las últimas tres décadas y cada vez con mayor frecuencia, se ha discutido la relación que existe entre las emisiones de GEI generadas por actividades humanas y el cambio climático. Las emisiones de GEI causadas por actividades antrópicas son consideradas la causa principal respecto de los cambios observados en el sistema climático.

El espacio más importante que en un nivel mundial aborda el fenómeno de cambio climático es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la cual fue adoptada en 1992 posterior a la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro (Brasil). En este espacio se define cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”*.

El objetivo de la CMNUCC se centra en lograr la *“estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”* (ONU 1992). La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994, y actualmente 197 países lo han ratificado adquiriendo así compromisos para lograr el objetivo definido por este tratado internacional.

En 1997 con el Protocolo de Kioto como el primer instrumento mediado por la convención, se “pone en práctica” la función del tratado. Este protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero, por medio del cumplimiento de metas de reducción de las emisiones. Se reconoce a este grupo de países como los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI presentes en la atmósfera. En este sentido, el Protocolo tiene un principio central: el de la “responsabilidad común pero diferenciada” (ONU 1998).

Si bien este protocolo representó un logro importante de orden mundial para desacelerar el aumento en la concentración de emisiones GEI en la atmósfera, su naturaleza no vinculante fue causante de la baja

efectividad en el cumplimiento de las metas por parte de los países con compromisos de reducción de emisiones GEI.

Con estas lecciones aprendidas y cada vez con más evidencia científica que confirma la relación de las emisiones de GEI con el cambio climático, la convención centra sus esfuerzos para establecer compromisos de reducción de emisiones con mayor envergadura. La Conferencia de las Partes³ (COP) desde 1995 a la actualidad, representan el espacio donde los países miembros de la CMNUCC a partir de los resultados científicos consolidados por el IPCC, discuten y toman decisiones necesarias para cumplir el objetivo de estabilización de las concentraciones de GEI en la atmosfera.

Bajo este escenario, y dado el compromiso de México para combatir el cambio climático y la reducción de las emisiones de GEI, en línea con los objetivos propuestos por la CMNUCC, el Gobierno mexicano ha manifestado su voluntad de llegar a un acuerdo jurídicamente vinculante para todas las Partes que permita alcanzar la meta de no rebasar los 2°C de temperatura global.

Como resultados de las COP, se han generado grandes avances, como el Plan de Acción de Bali en 2007 donde por primera vez se discutió el concepto de NAMA, refiriéndose a estas como *“medidas de mitigación adecuadas a cada país por las Partes que son países en desarrollo en el contexto del desarrollo sostenible, apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiación y actividades de fomento de la capacidad, de manera mensurable, notificable y verificable⁴”* (CMNUCC 2008). La NAMA constituye así un vehículo en boga para los países que quieren desarrollar de forma voluntaria acciones para reducir las emisiones de GEI en el contexto del desarrollo sostenible nacional (FAO 2015). Para alcanzar tal fin las NAMAs pueden considerar acciones locales específicas, hasta ser políticas de orden nacional, generalmente estos dos modos se basan en las necesidades y características específicas de cada país (UNFCCC 2015).

Si bien no existe una única directriz sobre el contenido de las NAMAs, desde la CMNUCC se han presentado lineamientos importantes que los países deberían considerar para el desarrollo de las mismas como: i) ser líneas de acción con las prioridades nacionales de desarrollo sostenible, ii) lograr reducir las emisiones y/o mejorar las absorciones de GEI, iii) tener un diseño que permita hacer un Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de las acciones; iv) estar financiadas con apoyo de fuentes nacionales o internacionales.

La Alianza NAMA (NAMA-Partnership) es una de las iniciativas mundiales que ha generado insumos importantes los cuales dan línea al diseño y formulación de las NAMAs. Otra iniciativa es la Alianza Internacional para la Mitigación y MRV (Partnership-on-transparency), el objetivo de esta es apoyar un intercambio práctico de actividades relacionadas con la mitigación y el MRV entre países. También están los Planes de Acción y Escenarios de Mitigación (MAPS por sus siglas en inglés), estos constituyen una colaboración entre países en desarrollo a fin de establecer una base de pruebas para la transición a largo plazo a economías sólidas, eficientes en carbono y con resiliencia al clima. Por su parte la Plataforma

³ Órgano supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que examina regularmente la aplicación de la Convención y de todo instrumento jurídico conexas que adopte la Conferencia de las Partes y conforme a su mandato, toma las decisiones necesarias para promover la aplicación eficaz de la Convención.

⁴ Decisión 1/CP.13 párrafo 1 (b) (ii)

Regional para América Latina y el Caribe (LEDS-LAC) es una comunidad de práctica que reúne a líderes del desarrollo de bajas emisiones de América Latina e instituciones internacionales.

Durante la COP 15 de Copenhague, 114 Partes se comprometieron a adoptar acciones de mitigación como parte de responsabilidad compartida para la reducción de GEI. Con el fin de empezar a llevar un control financiero y de gestión de dichas acciones, en el 2010 como resultado de la COP 16 se estableció el registro de NAMAs. Este registro es la plataforma que facilita conocer las acciones registradas ante la CMNUCC, su estado de avance y fuentes de financiación.

Respecto del sector ganadero, actualmente en el Registro se encuentran reportadas NAMAs de países como Costa Rica, Honduras, Nicaragua, Colombia, Uganda, Gambia, Mongolia y Zambia, pero no México (UNFCCC 2016).

En el 2012 como parte del resultado de la COP 18 se acordó que los países en desarrollo iniciarían el diseño de NAMAs en el contexto del desarrollo sostenible. Desde ese momento, diferentes países iniciaron acciones para abordar el diseño en el nivel sectorial de este mecanismo.

La COP 19 en el año 2013 logró introducir en las negociaciones *las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (INDC)*. Esta constituye la más reciente de las herramientas creadas en el ámbito de la CMNUCC para impulsar las acciones de mitigación y facilitar en conjunto con otros mecanismos e instituciones el logro de un acuerdo sobre un régimen climático duradero y eficaz (Finanzas&Carbono 2017).

Las INDC representan una vía para asegurar el cumplimiento de los países en la reducción de emisiones de GEI que cada país está dispuesto a comprometer y realizar en el marco del nuevo régimen climático global institucionalizado y a partir de la entrada en vigencia del Acuerdo de París⁵ (4 de noviembre de 2016), en función de sus capacidades, posibilidades y circunstancias nacionales.

Actualmente 154 Partes han ratificado el Acuerdo de París ante la CMNUCC, entre estos países se encuentra México, el cual firmó dicho Acuerdo el 22 de abril del 2016, ratificó el 21 de septiembre del 2016 y entró en vigor el 4 de noviembre del 2016 (UNFCCC 2017). Una vez ratificado este compromiso, los países presentan la INDC como lineamiento para desarrollar e implementar su estrategia de mitigación de GEI.

México, al presentar su INDC, se comprometió a reducir de manera no condicionada el 25% de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de Contaminantes Climáticos de Vida Corta (bajo BAU) al año 2030. Este compromiso implica una reducción del 22% de GEI y una reducción del 51% de Carbono Negro.

El compromiso de reducción de 25% expresado anteriormente, se podrá incrementar hasta en un 40% de manera condicionada, sujeta a la adopción de un acuerdo global que incluya temas importantes tales

⁵ En el párrafo 2 artículo 4 suscribe que “*cada Parte preparará, comunicará la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional – INDC que se propone alcanzar. Las Partes deberán adoptar medidas nacionales de mitigación con el fin de lograr los objetivos de dichas contribuciones*”.

como un precio al carbono internacional, ajustes a aranceles por contenido de carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y a transferencia de tecnología.

Con el fin de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático y de dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por México, en el 2005 el Gobierno de este país creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) con el objeto de coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF). En el 2007 se presentó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), en la que se identifican oportunidades de mitigación y de adaptación. A partir de la estrategia y de forma periódica, México empieza a formular el Plan de Acción Contra el Cambio Climático (PACC).

Aunado a este proceso, en el 2012 México se convierte en el primer país en desarrollo en contar con una legislación integral en cambio climático promulgada bajo la *Ley General de Cambio Climático*. A partir de esta Ley se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) el cual tiene dentro de sus objetivos “...Realizar análisis de prospectiva sectorial, y colaborar en la elaboración de estrategias, planes, programas, instrumentos y acciones relacionadas con el desarrollo sustentable, el medio ambiente y el cambio climático, incluyendo la estimación de los costos futuros asociados al cambio climático, y los beneficios derivados de las acciones para enfrentarlo...” (Congreso-General 2012).

El actual PACC (2014 – 2018) comprende “Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones”. Este objetivo busca contribuir al desacoplamiento de las emisiones y acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los diferentes sectores productivos.

Dentro de los objetivos del PACC se pretende detonar acciones costo efectivas, con cobeneficios ambientales y de impacto significativo en mitigación de GEI. En el marco de los siguientes sectores se establecen estrategias y líneas de acción, una de ellas específicamente promueve el desarrollo de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA).

En colaboración también con diversos sectores, durante el periodo 2011-2012, México diseñó y propuso NAMAs en vivienda, transporte, electrodomésticos, eficiencia energética, cemento, industria química, minería, industria petrolera y electricidad (INECC y SEMARNAT 2012). Hasta el momento no se ha iniciado oficialmente una NAMA para el sector ganadero de México.

En un nivel estatal, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), asesora técnicamente a los estados en la elaboración de los *Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)*. Los PEACC son instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas con materia de cambio climático, en los órdenes de Gobierno estatal y municipal, además de ser un elemento importante para la política de cambio climático en México (INECC y SEMARNAT 2012).

Para el estado de Chiapas la integración del tema de Cambio Climático en la política estatal por medio de los PEACC ha dado como resultado el Programa de Acción ante el Cambio Climático del estado de Chiapas (PACCC H) (2009) y la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas (2010).

Adicionalmente, existen otras iniciativas que fortalecen los procesos regionales, tales como *El Plan de Acción de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones para el Estado de Chiapas 2016-2021*, herramienta creada por el Grupo de Trabajo de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones (GTGSBE), espacio donde participan Organizaciones No Gubernamentales, Instituciones de Gobierno Federal y Estatal, Centros de Investigación y Universidades. Todos los integrantes son actores de intervención para el desarrollo sustentable del Estado con más de 20 años de experiencia en la facilitación, integración y análisis de los sistemas productivos pecuarios basados en la agroforestería (Alianza-México REDD 2016b).

Bajo este contexto, *El Plan de Acción de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones para el Estado de Chiapas 2016-2021* promueve arreglos silvopastoriles, los cuales se abarcan en el presente análisis de costo efectividad con el fin de generar insumos técnicos para la toma de decisiones en el marco de la formulación de la NAMA de ganadería de México.

3. JUSTIFICACIÓN

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, promueve en los diferentes países aunar esfuerzos para lograr la reducción de emisiones de GEI. Uno de los mecanismos diseñados para lograr tal fin es la implementación de Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés).

Este mecanismo se consolida como una estrategia sectorial que en el nivel nacional busca la reducción de emisiones de GEI, fundamentada en una iniciativa gubernamental. La ganadería es uno de los sectores productivos más representativos y una de las principales fuentes de emisión de GEI en México; por lo tanto, se considera como un sector importante dentro de las estrategias de desarrollo bajo en carbono.

Las prácticas de manejo y tecnológas silvopastoriles son opciones de producción pecuaria donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales como forrajeras, herbáceas y animales, bajo un sistema de manejo integral. Su objetivo principal es mantener una producción que sea sostenible desde el punto de vista social, ambiental y económico.

Iniciativas en la región de estudio como el *Plan de Acción de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones para el Estado de Chiapas 2016-2021* promueve acciones de mitigación, específicamente arreglos silvopastoriles con los cuales se contemplan en el presente estudio con el fin de estimar los costos de inversión necesarios y el potencial de mitigación que por hectárea establecida se lograrían alcanzar.

Como resultado de la investigación se pretende aportar información de costo efectividad de la implementación y mantenimiento de prácticas silvopastoriles como medidas para reducir y fijar emisiones GEI. En el desarrollo de este trabajo, se considera un importante insumo para identificar medidas de producción ganadera sostenibles con el medio ambiente, que además de cumplir con sus objetivos de producción y alta rentabilidad, también cuenten con un potencial en cuanto a la reducción de emisiones y captura de carbono. Esto con el fin de ser medidas que se tengan en cuenta para el desarrollo de la NAMA de Ganadería de México, la cual se constituye como una herramienta que facilita y da lineamientos al cumplimiento de los compromisos de los países ante la reducción de emisiones de GEI.

Objetivos

Objetivo general

Estimar la relación costo-efectividad de prácticas silvopastoriles que conduzcan a la reducción de emisiones GEI y a la fijación de carbono, como insumo para la elaboración de la Acción de mitigación nacionalmente apropiada – NAMA – para el sector de ganadería en México.

Objetivos específicos

- Identificar y priorizar participativamente prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles que hayan sido implementadas en unidades de producción piloto seleccionadas en el área de estudio (Estado de Chiapas – México), que conduzcan a la reducción de emisiones de GEI y a la fijación de carbono.

- Realizar un análisis costo efectividad de las prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles priorizadas en los predios piloto de la zona de estudio.
- Realizar recomendaciones para la vinculación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles, en la formulación de la NAMA de ganadería en México, como acciones con potencial de reducción de emisiones de GEI y de fijación de carbono.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan las preguntas de investigación que se responden con la información recolectada y analizada del proyecto de tesis.

Preguntas de investigación

- ¿Qué prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles se han implementado en la zona de estudio?
- ¿Bajo qué criterio (cuantitativos o cualitativos) se pueden priorizar de manera participativa las prácticas y tecnologías silvopastoriles que logren reducir emisiones GEI para ser consideradas como parte de las acciones de una NAMA de ganadería?
- ¿Cuál es la relación costo-efectividad (costo por unidad del efecto logrado) de cada práctica y tecnología silvopastoril?
- ¿Qué implicaciones socio-económicas conlleva la implementación de las acciones de mitigación (prácticas silvopastoriles) para los productores?
- Dadas las condiciones particulares de las zonas de estudio ¿Qué consideraciones se deben tomar en cuenta para implementar prácticas y tecnologías silvopastoriles en el marco de una NAMA de ganadería bovina en México?

5. REVISIÓN DE LITERATURA

Cambio climático y Emisiones de GEI

El cambio climático y el calentamiento global se refieren al aumento observado en los últimos siglos de la temperatura media del sistema climático de la Tierra y sus efectos Gills (2015), citado por Zuñiga (2016). Existen numerosas pruebas científicas que han demostrado a lo largo del tiempo que el sistema climático se está calentando (Hartmann *et al.* 2013). Cambios observados desde la década de 1950 no tienen precedentes en décadas, aún milenios (IPCC 2013). En el 2015, científicos de la NASA informaron que el CO₂ producido por el hombre continúa incrementándose sobre niveles no alcanzados en cientos de miles de años, sin que la vegetación o los océanos puedan adsorber tales cantidades.

En el quinto informe del IPCC (AR5, por sus siglas en inglés) se presentan efectos del cambio climático de orden global como aumento en la temperatura, en promedio esta ha aumentado 0.7 °C en el último siglo (IPCC 2013). Los cambios en los patrones de las precipitaciones, una expansión de las zonas desérticas, largas sequías, olas de calor, acidificación del océano y extinción de especies son también efectos de carácter mundial. Los impactos directos a los humanos incluyen la seguridad alimentaria por la disminución del rendimiento de las cosechas y la pérdida de hábitat por inundación (IPCC 2013)

Los GEI son considerados la causa principal del cambio climático, pues una vez que estos se encuentran en la atmósfera y dada su estructura molecular pueden adsorber y retener calor que en grandes cantidades alteran así la temperatura normal de la tierra. La cantidad de GEI liberados mediante la actividad humana ha potencializado el efecto invernadero natural y el cambio climático global. La agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de CH₄, CO₂ y N₂O a la atmósfera (IPCC 2007).

De acuerdo con la FAO (2013) el 14.5% de las emisiones de GEI en el nivel mundial son generadas por el sector ganadero. Así mismo reporta que la producción de carne y leche de vacuno es responsable de la mayoría de las emisiones dentro del sector, pues contribuye con el 41% y el 29% respectivamente.

Como lo cita (Zuñiga 2016), estas emisiones se dan tanto directamente a partir de la fermentación entérica, como indirectamente a partir de las actividades de producción de forrajes, de la deforestación para crear nuevos pastizales y demás. En el caso de la fermentación entérica, las emisiones se generan dado el proceso digestivo de los animales y del consumo de alimentos fibrosos por los animales (Brunett 2016). Los rumiantes producen, aproximadamente, el 97% del CH₄ emitido anualmente por los animales domésticos (Johnson *et al.* 2000).

Después del CO₂, el metano es el segundo gas de efecto invernadero más importante en el mundo. Después de su emisión, el CH₄ permanece en la atmósfera aproximadamente de 9 a 15 años y tiene un poder de retención de calor 21 veces superior al del CO₂ en un período de más de 100 años (Steinfeld *et al.* 2009). Otras emisiones que se generan en el sector son producidas por el manejo de estiércol de los bovinos y el uso de fertilizantes nitrogenados.

El Inventario Nacional de GEI más reciente realizado en México, corresponde a emisiones generadas durante el año 2015, las cuales se estimaron en un total de 683 Mt CO₂e. El sector de ganadería es responsable del 10.3% (71 Mt CO₂e), y es el segundo sector más representativo después del sector de energía en el cual se emiten el 70% respecto del total nacional. Dentro del sector de ganadería, la fermentación entérica es la principal fuente de emisión (76%) seguida de las emisiones causadas por la gestión de estiércol (24%). Estas dos fuentes emiten gas metano, el segundo gas de efecto invernadero con más porcentaje de participación dentro del total nacional (21%) después del CO₂ (71%) (INECC 2018).

Pero estas no son las únicas emisiones GEI causadas por la ganadería; el cambio de uso del suelo de bosques a pastizales genera emisiones de CO₂. Las áreas deforestadas se convierten principalmente en pastizales para la alimentación del ganado o en tierras de cultivo, las cuales representan ya el bioma terrestre más grande del mundo, cubriendo alrededor del 40% de la superficie global (Foley *et al.* 2005). Durante el 2015 se estimó la transición de tierras forestales a praderas en 152.032 ha, generando así una emisión de 9.54 Mt de CO₂e (INECC 2018).

Acciones de mitigación

Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura asociados con el cambio climático modificarán el manejo de la ganadería y la fauna silvestre requiriendo el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación para poder reducir los impactos negativos (Jiménez-Ferrer 2013).

Si bien el sector ganadero tiene una clara responsabilidad sobre las emisiones de GEI, también es evidente el impacto que pueden tener los efectos del cambio climático sobre la producción ganadera al no tomar acciones que hagan de esta una producción más resiliente a los fenómenos climáticos. La producción de ganadería se ha visto afectada, lo cual atenta contra la seguridad alimentaria y nutricional de las poblaciones, sobre todo en los núcleos familiares más vulnerables (Aguilar 2007).

En este sentido, enfrentar los efectos del cambio climático, incluye la mitigación mediante la reducción de las emisiones y la adaptación a las condiciones cambiantes, ambas acciones lideradas desde la CMNUCC y ampliamente divulgadas por diferentes organismos internacionales y ONGs. Para cumplir tal fin los gobiernos cumplen la función principal para enfrenar el desafío ante el cambio climático, pues de ellos depende la construcción de nuevos programas y políticas que logren hacer frente a este fenómeno e incentiven al sector privado para adoptar nuevas y mejores tecnologías de producción.

Uno de estos instrumentos generados por la CMNUCC para facilitar a los gobiernos y motivar al sector privado a aunar esfuerzos en términos de mitigación de GEI son las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs por sus siglas en inglés⁶), entendidas como una acción (políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acción) que reduce las emisiones en los países en desarrollo y se

⁶ Nationally Appropriate Mitigation Action

prepara bajo el paraguas de una iniciativa del gobierno nacional. Pueden ser políticas dirigidas a un cambio transformacional dentro de un sector económico, o también acciones en todos los sectores para un enfoque nacional más amplio. Las NAMAs están apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiación y creación de capacidad y están orientadas a lograr una reducción de las emisiones relativas y de sus niveles tendenciales o “*business as usual*” (UNFCC 2014).

Estas comenzaron como mecanismo para que los países en desarrollo contribuyan a los esfuerzos mundiales para afrontar el cambio climático mientras mueve sus economías en vía de un desarrollo sostenible. Actualmente son reconocidas como un poderoso agente de cambio social, económico y ambiental de transformación, que además de reducir las emisiones GEI de forma medible, contribuyen a mejorar la tecnología e implementar prácticas sostenibles y rentables para los sectores productivos (UNFCC 2015). Las NAMAs pueden considerar acciones locales específicas, hasta ser políticas de orden nacional, generalmente estos dos modos se basan en las necesidades y características específicas de cada país (UNFCC 2015).

Si bien no existe una única directriz sobre el contenido de las NAMAs, desde la CMNUCC se han presentado lineamientos importantes que los países deberían considerar para el desarrollo de las mismas como: i) ser acciones líneas con las prioridades nacionales de desarrollo sostenible, ii) lograr reducir las emisiones y/o mejorar las absorciones de GEI, iii) tener un diseño que permita hacer un monitoreo, reporte y verificación (MRV) de las acciones; iv) estar financiadas con apoyo de fuentes nacionales o internaciones.

Siguiendo los lineamientos internacionales, el Gobierno mexicano adoptó como concepto de NAMA las “*Acciones voluntarias realizadas en el país para reducir emisiones de GEI, las cuales deben estar alineadas con políticas nacionales y sectoriales y generar cobeneficios y se deben realizar en el contexto de un desarrollo sustentable, de manera medible, reportable y verificable, y debe estar soportada por financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades*”(SEMARNAT 2014b).

Todas las fuentes de emisión de GEI presentan oportunidades de mitigación; sin embargo, la adopción de acción de mitigación, deben ser analizadas técnicamente antes de ser recomendadas a los sectores para su implementación (Hristov *et al.* (2013) citado por Aguilar (2007). Una forma de analizar la adopción de una las acciones de mitigación es conocer su potencial de mitigación y los aspectos económicos como los costos de implementación. Otros aspectos son su nivel de sostenibilidad, eficiencia y beneficios asociados a su implementación (GRA y SAI 2013, citado por Aguilar (2007).

En cuanto al potencial de mitigación para el sector ganadero, se han generado numerosos estudios que buscan estimar los beneficios en términos de captura de carbono y reducción de emisiones de GEI (Pezo y Ibrahim 1998a), (Harvey *et al.* 2003), (Ruiz *et al.* 2004), (Ramírez-Marcial *et al.* 2012), (Jiménez-Ferrer 2013), (Murgueitio R *et al.* 2015), (Piñeiro-Vázquez *et al.* 2017), (Pezo 2018), entre otros importantes autores.

Por ser prácticas que tienen beneficios tanto en captura de carbono como en reducción de emisiones GEI, el conjunto de emisiones de GEI empieza a ser más importante que la evaluación independiente del de

cada GEI. Un balance realizado por Naranjo *et al.* (2012) evidencia efectos positivos de los silvopastoriles donde las menores pérdidas de nitrógeno y la mayor captura de carbono compensan las emisiones de metano del ganado (IICA 2015).

Prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles

Piñeiro-Vázquez *et al.* (2017) han demostrado que en los sistemas ganaderos con sistemas silvopastoriles establecidos y el suministro de especies forrajeras al ganado ha generado una reducción de emisiones de metano por kilogramo de materia seca consumida y por kilogramo de materia seca digerida. Esto a su vez genera una reducción en las emisiones de metano por kilo de carne o leche producida en los SSP.

Una de las prácticas reconocidas en el sector son los Sistemas Silvopastoriles, los cuales se definen como una opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral (Pezo y Ibrahim 1998a). En el estudio de la FAO titulado, *La Larga Sombra del Ganado*, señala que los sistemas silvopastoriles representan una vía para la retención de carbono y el mejoramiento de los pastos, además reconoce la alta viabilidad de los esquemas de pago por la retención de carbono a través de sistemas silvopastoriles en algunos países de América Latina (Steinfeld *et al.* 2009).

La presencia de aves silvestres en los sistemas silvopastoriles, el carbono secuestrado en los pastizales mejorados, la disminución de la escorrentía y la sedimentación aguas abajo resultantes de una gestión mejorada del pastoreo son ejemplos de externalidad positiva a través de la cual se proporciona un beneficio a la sociedad en general por el que usualmente no se recibe ninguna compensación (Steinfeld *et al.* 2009). En este sentido reconocer los sistemas silvopastoriles como opciones con alto potencial de mitigación de GEI, aumenta la viabilidad de su implementación a gran escala, en el marco de políticas nacionales o regionales de cambio climático.

Adicionalmente los sistemas silvopastoriles son considerados como medidas de adaptación ante el cambio climático ya que entre múltiples beneficios contribuye con la recuperación del suelo, la producción de forrajes, y disminución del estrés calórico en los animales y la sequía en zonas ganaderas (Jiménez-Ferrer 2013).

En la ganadería la dieta animal cumple una tarea importante, pues se ha demostrado que la cantidad y el tipo de alimento ingerido por los animales son un factor primordial en las emisiones de CH₄ (Blaxter y Clapperton 1965). Una de las prácticas de manejo más frecuentes establecidas por los productores son los bancos forrajeros proteicos y energéticos. Vargas; *et al.* (2012) consideran las pasturas mejoradas como una opción de mitigación si se comparan con especies nativas o naturales, debido a las diferencias nutricionales que estas presentan.

Los forrajes constituyen la principal fuente de alimento para la ganadería tanto en la producción de carne como de leche en los países tropicales. El consumo de los diferentes tipos de forrajes afecta directamente la emisión de metano (Brunett 2016). Los rumiantes que consumen pasturas y forrajes de buena calidad,

producen menos CH₄; por el contrario, producen más CH₄ cuando las dietas son altas en fibra. Según cita Aguilar (2007), la producción ruminal de CH₄ disminuye si los animales son alimentados con forrajes de alta calidad y la ración se formula con un adecuado balance proteico, energético y mineral, pues esto favorece la actividad celulítica de los microorganismos del rumen.

Para hacer posibles los cambios en las dietas del ganado, una de las prácticas desarrolladas es el establecimiento de los bancos forrajeros, los cuales son áreas donde se siembran leñosas perennes y/o gramíneas en bloque compacto y a alta densidad, con miras a maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva. (Pezo y Ibrahim 1998b).

Los bancos forrajeros proteicos generalmente se conforman de arbustos forrajeros (normalmente leguminosas) establecidos en una parcela con el fin de tener una fuente de forraje de alta calidad (alto contenido de proteína) para suplementar la alimentación del ganado, sea por corte y acarreo, o pastoreo controlado (CATIE 2016).

Por su parte, los bancos forrajeros energéticos se conforman de parcelas de pasto de corte (gramínea) con alto potencial de producción de forraje, usado principalmente para corte y acarreo. Se puede proporcionar fresco al ganado o para almacenarlo en ensilaje. En la región de Chiapas normalmente se usan zacates del género *Pennisetum* (CATIE 2016).

Su objetivo principal es aumentar la producción de forraje disponible para la alimentación del ganado, especialmente en época seca con pastos o especies leñosas de alto valor nutricional (Gallegos et al., 2003) citado por (Castellanos 2013). El establecimiento de los bancos se convierte así en una importante opción de reducir significativamente la necesidad de comprar suplementos alimenticios como la pollinaza o alimentos concentrados, reduciendo así la dependencia y los costos de los insumos externos a las unidades de producción. Adicionalmente los bancos forrajeros contribuyen a mejorar el uso de los suelos, con lo que se puede reducir el área dedicada a la ganadería y reconvertir a bosques las áreas liberadas (CATIE, 2014).

Otras prácticas de manejo que se derivan del establecimiento de los bancos forrajeros y que contribuyen con la adaptación al cambio climático son el ensilaje y los bloques nutricionales. El ensilaje es una práctica de conservación de forraje en época de abundancia y ser usado en época seca o escasez. Hay diferentes tipos de ensilaje; pero el procedimiento debe asegurar una fermentación anaeróbica del material (CATIE 2016). En tanto, los bloques nutricionales son una alternativa la cual ayuda a que los animales hagan un uso más eficiente del alimento. Los bloques brindan los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos de los microorganismos del rumen, con lo que se crean condiciones favorables para mejorar el aprovechamiento de la (digestibilidad) de la pastura (CATIE 2014).

Otra práctica silvopastoril son los árboles dispersos en potreros, según Suárez *et al.* (2011), el incremento en la productividad en el sistema ganadero por tener más árboles, arbustos forrajeros y pastos mejorados, contribuye a mitigar el cambio climático a través de la captura de carbono en biomasa y suelos y la reducción de GEI gracias al pastoreo controlado, el uso de especies de pasturas adecuadas y el

establecimiento de SSP, mejorando así el proceso productivo y la calidad de las dietas; citado por IICA (2015).

La densidad de los árboles y arbustos dispersos en potreros es muy variable dependiendo del lugar, por lo general naturalmente ya existen árboles de regeneración natural o remanentes de bosques primarios explotados; sin embargo, cuando no hay o se tienen muy pocos y se requiere generar sombra para el ganado, es posible establecer árboles de especies deseadas (maderables, forrajeros, frutales, entre otros) (CATIE 2016).

Las Cercas Vivas son otro tipo de arreglo silvopastoril y una de las más utilizadas en las áreas tropicales. Consiste en la siembra de leñosas perennes para la delimitación de potreros o propiedades. Su establecimiento puede significar un ahorro hasta de un 46% respecto del costo de una cerca convencional (Pezo y Ibrahim 1998b). Sauer (1979), analiza la composición y estructura de las cercas vivas, las cuales varían de un sitio a otro; la mayoría de las cercas vivas consisten de una o dos especies perennes leñosas (aunque en algunas ocasiones se incluyen especies herbáceas) que se plantan a intervalos regulares, en línea recta, adyacentes a los potreros de cultivo o a lo largo de los límites de la finca (Hernández *et al.* 2001).

Estos arreglos también cumplen con la función de generar forraje para el ganado. Las cercas vivas con predominio de *E. berteriana* y *G. sepium* tienen un potencial de producción de forraje para alimentación animal que varía entre 3,5 a 6,0 t MS/km (Romero *et al.* 1993). Otros beneficios asociados generalmente al establecimiento de las cercas vivas son la conservación de hábitats importantes para la protección de biodiversidad, especialmente aquellas que tienen una mayor variedad de especies y estructura. Algunos estudios como los de Sáenz *et al.* (2007) y Tobar *et al.* (2007) reportan que las cercas vivas multiestratos han mostrado una mayor riqueza y abundancia de aves y mariposas que las cercas vivas simples y pasturas con alta densidad de árboles (>30 individuos/hectárea); incluso, han mostrado un comportamiento similar a bosques secundarios (Villanueva *et al.* 2008).

Costo efectividad

El potencial de mitigación y los costos asociados a la implementación son dos factores que se evalúan para que una acción de mitigación sea incluida o no en el marco de una estrategia de reducción de emisiones de GEI (FAO 2015). Todos los posibles financiadores, tanto nacionales como internacionales, del sector público y privado, de organizaciones sin ánimo de lucro y gobiernos firmantes de acuerdos en el contexto de cambio climático, buscan alcanzar los resultados más óptimos a los costos más bajos posibles.

La relación de costo efectividad es una forma de análisis económico que compara los costos relativos con los resultados (efectos) de dos o más cursos de acción (OCDE 2016). En el caso de acciones de mitigación, esta relación es útil para conocer los costos directos asociados a la implementación y mantenimiento de las prácticas y tecnologías silvopastoriles, que generalmente son adoptadas por los productores con el fin de aumentar la producción del sistema ganadero y optimizar el rendimiento del mismo.

En este sentido, un análisis de costo efectividad se convierte en un indicador que relaciona las necesidades de inversión (recursos económicos) y el efecto que tendrá la acción por implementar. Una vez que se cuenta con este indicador los formuladores de proyectos tienen un elemento técnico para presentar ante los posibles financiadores interesados para invertir en estrategias que conduzcan a la reducción de emisiones.

En cuanto a los costos asociados a una actividad productiva estos se dividen en dos grupos: costos fijos y costos variables. Los costos indirectos son aquellos que el productor realiza aun cuando su finca no produzca nada; un ejemplo es la depreciación y las construcciones. Los costos directos son aquellos en los que se incurre a consecuencia de la actividad productiva, estos varían en proporción del nivel de producción, y un ejemplo son los insumos como fertilizantes y semillas (Imbach 1987).

Existen diferentes métodos para cuantificar costos como la mano de obra necesaria en las actividades productivas de una finca, tales como, i) Medir los tiempos y movimientos, este método requiere estar presente todo el tiempo en que se realizan las actividades de campo, con reloj en mano anotando el tiempo que tarda cada actividad, tiempos muertos, materiales y servicios que se emplean y los movimientos que se realizan. Otro método es el ii) Rendimiento por faena, el cual requiere estar presente solo al inicio y al final de cada jornada o actividad anotando el tiempo que se tarda en cada una y los materiales y servicios que se emplean; si estas opciones no son viables existe también la c) Recuperación de datos, este método no requiere que el anotador esté presente al realizar las actividades de campo. Los datos se obtienen a través de entrevistas con informantes claves después de que se realizaron las actividades (Navarro 2015). Castro *et al.* (2007) identifican algunas de las variables requeridas para la estimación de costos de prácticas relacionadas con agricultura.

Diferentes autores han intentado hacer una evaluación económica del establecimiento y mantenimiento de prácticas silvopastoriles y agroforestales. Gutiérrez y Lopera (2001) realizan esta evaluación para proyectos agroforestales y de conservación, al dividir el costo o la inversión total del proyecto por el número de toneladas de carbono mitigadas, que a su vez son calculadas no solo como la cantidad de carbono que fijan los bosques, sino como las que se dejan de emitir al conservar los bosques y prevenir su degradación antrópica, o al cambiar a tecnologías de aprovechamiento y transformación más eficientes. Los resultados obtenidos se presentan como precio por fijación de carbono (\$UDS/ton) (Gutiérrez y Lopera 2001).

Este mismo estudio cita que en promedio se pueden alcanzar objetivos en términos de mitigación con un costo promedio de \$20 USD/ton (Richards y Stokes 1995).

Este tipo de proyectos que en la mayoría de los casos son financiados bajo programas internacionales de implementación conjunta, buscan muchos otros fines, aparte de la fijación de carbono, y son subsidiados en diferente medida por las partes involucradas. Es así como muchos de ellos se establecen en reservas o parques naturales de un determinado gobierno, con una infraestructura ya establecida y con políticas bien estructuradas sobre uso del suelo, por lo que los costos generalmente no involucran la adquisición de tierras entre otros (Gutiérrez y Lopera 2001).

Los mismos autores señalaron en el estudio que los problemas para valorar este servicio ecosistémico como el no tener un mercado establecido, lo cual hace que en la actualidad exista una gran variación en los estimativos de los costos según el método de cuantificación y la naturaleza de los proyectos (conservación de reservas, proyectos agroforestales, manejo de bosques, establecimiento de plantaciones). Gutiérrez y Lopera (2001) recopilaron estudios que evidencian la variación en los análisis de costo efectividad con cifras que van desde los \$5 USD/ton C (Winjum *et al.* 1993 y Ramirez *et al.* 1997) hasta los \$364 USD/ton C (Lewis *at al* 1995), haciendo muy difícil realizar comparaciones. Sin embargo como resultado de su estudio Gutiérrez y Lopera (2001) estimaron que los precios de la tonelada de C fijada varían entre \$4.6 y \$50.4 USD/ton C dependiendo de la tasa real de descuento (TRD) y la cantidad de C secuestrado anualmente en plantaciones tropicales.

En México, un análisis económico del potencial del secuestro de carbono en bosques naturales al sur del país presenta costos de captura de carbono para diferentes usos del suelo como bosque de pino, árbol en barbecho, agricultura, matorrales y pasturas el cual se promedia en \$15 USD/ton C. Los costos estimados en usos del suelo agrícolas son los más altos en el estudio (de 10 USD/ton C a 80 USD/ton C) (De Jong *et al.* 1999).

Totten (1999) indica que, gracias a experiencias de programas internacionales de implementación conjunta, se ha podido demostrar que los países tropicales en desarrollo ofrecen algunas de las oportunidades de más bajo costo para compensar carbono, debido a los bajos costos de tierra y la mano de obra, a pesar de los altos costos de transacción y posibles riesgos. Estudios en países en desarrollo proporcionan datos de \$ <0 a 35.10 USD/ton C, utilizando el flujo C anual como la medida del carbono (Boer 2001; Masera y Ordóñez 2001; Lasco y Pulhin, 2001; Makundi 2001).

De Jong *et al.* (2004) en su estudio “Economics of Agroforestry Carbon Sequestration”, realizado al sur de México, concluye que el análisis financiero de los proyectos de uso de la tierra no se compara fácilmente ya que no ha surgido un método estándar para analizar los costos directos, indirectos, iniciales y recurrentes.

ARTICULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático actualmente es considerado como el mayor problema para ser enfrentado por la humanidad, en tanto, reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es ahora un compromiso de los países en un nivel internacional. Tras la adopción de una nueva agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible⁷ y la adopción del Acuerdo de París, los Gobiernos concentraron esfuerzos para trazar un rumbo hacia una economía baja en emisiones de gases de efecto invernadero, la cual integre programas y políticas de planificación a diferentes niveles.

En este contexto, es importante que los países tengan herramientas adecuadas para analizar las posibles vías de desarrollo económico bajo un nuevo modelo que abarca acciones de mitigación de emisiones de GEI. Las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA, por sus siglas en inglés) se constituyen como uno de los mecanismos creados por la CMNUCC que viabiliza la puesta en marcha de acciones de mitigación en los países con compromisos en la reducción de emisiones.

México, ratificando el compromiso de enfrentar el cambio climático, se sumó en el año 2016 a los países firmantes del Acuerdo de París, así mismo presentó ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) las Contribuciones Previstas y Determinadas en el Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) donde se compromete a reducir las emisiones de GEI con recursos propios a un 22% respecto de las emisiones de GEI (bajo BAU⁸) al año 2030 y a un 36% en caso de recibir apoyo internacional como cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y a transferencia de tecnología (SEMARNAT 2016).

Para lograr tal fin, el Gobierno mexicano ha trabajado arduamente en la consolidación de programas y políticas que conduzcan al desarrollo sectorial y el crecimiento económico, desligado del incremento de las emisiones de GEI. Esa labor se ve reflejada en logros tan importantes como la creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), la formulación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la promulgación de la Ley General de Cambio Climático, entre otras.

Dentro de los lineamientos trazados por México se incluye diseñar y fomentar acciones costo efectivas, con cobeneficios ambientales y de impacto significativo en mitigación de GEI (SEMARNAT 2014a). Es este, el escenario donde las NAMAs cumplen una función de gran importancia al considerarse un mecanismo que articula políticas y acciones sectoriales las cuales conducen a la reducción de emisiones de GEI y captura de carbono.

En el caso del sector de ganadería se ha considerado como una acción de mitigación la transición de los sistemas tradicionales ganaderos a modelos de producción sostenible (económica, social y ambiental), basados en la implementación de sistemas silvopastoriles, los cuales tienen diferentes beneficios como producir más alimentos y materias primas, minimizar la afectación del ambiente, reducir las emisiones

⁷ Naciones Unidas: Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

⁸ “Business As Usual” proyección de emisiones basadas en un crecimiento económico en la ausencia de políticas de cambio climático.

de gases de efecto invernadero (GEI) y construir resiliencia a la variabilidad y el cambio climático (IICA 2015).

Una de las regiones en México donde se han implementado proyectos que buscan avanzar en la transición de los sistemas tradicionales ganaderos a modelos de producción sostenible, es el estado de Chiapas al sur del país, allí se ubica la Reserva de la Biosfera de La Sepultura donde se han forjado procesos de capacitación con productores ganaderos en cuanto al establecimiento de sistemas silvopastoriles y de los beneficios que estos representan para este medio de vida.

Tomando como base el avance de los procesos implementados en campo, el presente trabajo de investigación presenta un análisis de costo efectividad de diferentes prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles que se han llevado a cabo en cuatro municipios que comprenden la Reserva de la Biosfera de La Sepultura. En los resultados que se presentan, se considera la efectividad en términos de mitigación de gases efecto invernadero con el fin de ser un insumo que los formuladores de la NAMA de ganadería en México puedan considerar.

2. METODOLOGIA

Para realizar esta investigación, primero se revisó bibliográfica técnica para identificar métodos y datos secundarios necesarios para un análisis de costo efectividad. Posteriormente, en un trabajo de campo de 5 meses fue seleccionada una muestra de unidades de producción ganadera, y se priorizaron de manera participativa las tecnologías silvopastoriles que serían objeto de estudio. Para cada tecnología priorizada se estimaron la reducción de emisiones GEI, el potencial de captura de carbono y el costo asociado a su implementación.

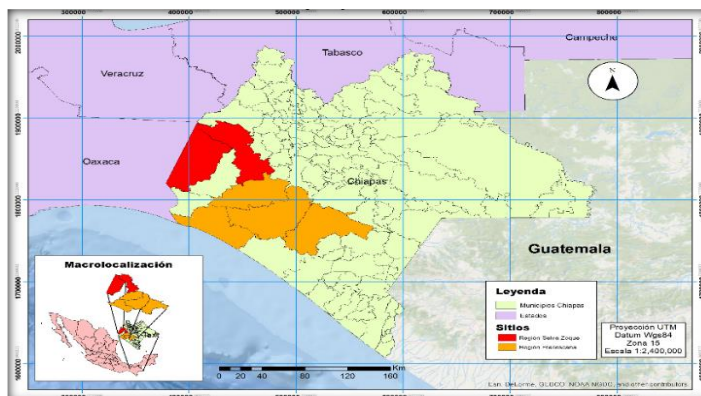
2.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Reserva de la Biosfera de La Sepultura (REBISE), al suroeste del Estado de Chiapas, México, en once comunidades de los municipios Villafores, Tonalá, Arriaga y Jiquipilas (Ilustración 1).

La REBISE cuenta con una extensión de 167.309 ha, conformadas por los ecosistemas de selva caducifolia, selva perennifolia, bosque mesófilo de montaña y bosques de pino-encino (ECOSUR 2011). Las 190 comunidades que habitan en la reserva comprenden aproximadamente 13.749 habitantes quienes desarrollan actividades agrícolas y pecuarias como medio de vida (ECOSUR 2011).

El clima de esta región es tropical húmedo y sub húmedo, con dos épocas definidas; la época de lluvias (de junio a octubre) y la época seca (de noviembre a mayo) la precipitación total anual fluctúa entre los 1200-3000 mm y su temperatura media anual entre los 16 y 24° C (CONABIO 2010).

Ilustración 1: Mapa área de estudio



Fuente: Chiapas Proyecto BioPaSOS

2.2 Identificación y priorización de las tecnologías silvopastoriles

Con el apoyo de la coordinación técnica, el proyecto BioPaSOS el cual es financiado por la Iniciativa Climática Internacional (IKI por sus siglas en alemán) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear y ejecutado en conjunto por CATIE, se identificaron y priorizaron las tecnologías silvopastoriles objeto del presente estudio.

Inicialmente se desarrollaron dos talleres donde participaron técnicos de la región y líderes ejidales de las once comunidades visitadas. A través de preguntas orientadoras, los participantes identificaron las tecnologías silvopastoriles reconocidas en sus comunidades y criterios de priorización que, según la experiencia de los productores, se debían considerar al priorizar las tecnologías que se analizarían en el presente estudio.

Posteriormente, para caracterizar las unidades de producción ganadera que utilizaban tecnologías silvopastoriles, se realizó un taller en cada una de las 11 comunidades ejidales seleccionadas. Como resultado se determinó un total de 114 unidades que utilizan tecnologías silvopastoriles. Durante los talleres se realizó una entrevista corta a cada productor de las 114 unidades, para caracterizar su producción de acuerdo con las variables de área de la unidad de producción, superficie dedicada a la ganadería, tipo de producción ganadera, tamaño del hato, arreglos silvopastoriles establecidos y tipo de capacitación técnica recibida. Con la información recopilada se priorizaron las tecnologías silvopastoriles más frecuentemente utilizadas por los productores.

Al finalizar los talleres y con la información consolidada de las 114 entrevistas se realizó un análisis de conglomerados para determinar una muestra representativa de la variabilidad de las características productivas de la región. Como resultado se escogieron 30 unidades de producción.

La caracterización detallada de las 30 unidades de producción seleccionadas se realizó por medio de entrevistas semiestructurada (anexo 1) con preguntas descriptivas del componente social, económico y ambiental de la producción ganadera. Las variables consideradas se presentan en el (Cuadro 1).

Cuadro 1: Variables consideradas en entrevistas semiestructuradas

Variables	Definición
Superficie dedicada a la ganadería	Superficie total (ha) dedicada a la ganadería. Esta se considera con el fin de conocer el potencial de establecimiento de nuevas prácticas o tecnologías
Tipo de producción	Producción de leche, carne o doble propósito
Hato ganadero total	Número total de animales por categoría (vacas productivas, vacas secas, novillos, terneros y sementales)
Composición de la dieta en el ganado bovino	Se refiere al contenido de la dieta habitual suministrada al ganado. Se identificaron los alimentos y cantidades suministradas
Práctica de manejo y tecnología silvopastoril establecida	En esta variable se incluyen todas las tecnologías silvopastoriles que el productor ya haya establecido en su rancho
Características de la tecnología silvopastoril	Se consideraron las siguientes variables: especies arbóreas, número de individuos, DAP, altura y diámetro de copa. Para los bancos forrajeros se consideró densidad de siembra.
Costos directos de establecimiento y mantenimiento	Para cada tecnología se identificaron los rubros, cantidades y precios de los insumos, maquinaria y mano de obra necesarias.

2.3 Estimación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica del ganado bovino

Con la información proveniente de las 30 unidades de producción y siguiendo las directrices de Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC (2006), se estimaron las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica de ganado bovino (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) utilizando un nivel *Tier 2*. No se consideran emisiones de óxido nitroso (N₂O) ya que la disponibilidad en el tiempo de permanencia en campo fue limitado y no se consolidó la cantidad de información necesaria para la estimación de emisiones de este GEI.

Ecuación 1: Fórmula para estimación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica en ganado bovino – IPCC 2006

$$Emisiones = FE * N$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica (kg CH₄/año)
 FE = Factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄ cabeza/año)
 N = La cantidad de cabezas de ganado de la categoría.

Los datos de estructura del hato (número de vacas productivas, vacas secas, novillos, terneros y sementales) fue información generada en campo por medio de las entrevistas semiestructuradas. Los factores de emisión fueron seleccionados de la revisión de literatura de investigaciones realizadas en México (Cuadro 2).

Basados en datos de la región sobre producción de materia seca en un BFE y un BFP, se estimó la superficie total de bancos forrajeros requerida para suplir la demanda de alimento durante 6 meses (época seca) en i) la dieta basada en pasturas de corte (dieta 2) y en ii) la dieta que combina pastura con leguminosa arbustiva (dieta 3). Posteriormente se estimó la efectividad en términos de reducción de emisiones que se logra por cada hectárea de banco forrajero establecida.

2.4 Estimación de la fijación de carbono por el uso de tecnologías silvopastoriles

La fijación de carbono por el uso de tecnologías silvopastoriles de árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros de leñosas se estimó a partir de datos de campo de la revisión de literatura de estudios realizados en México y Costa Rica, como se presenta en el (Cuadro 2).

Cuadro 2: Factores de emisión y tasas de fijación usadas en las estimaciones

Factores de emisión para CH₄ por fermentación entérica en bovinos			
Dieta	Zona de estudio	Factor de emisión	Fuente
Dieta 1: pasturas tropicales (<i>Pennisetum purpureum</i>) + concentrado comercial (maíz molido, harina de soja y / o salvado de trigo).	Mérida, México	18,07 g de CH ₄ / kg de materia seca)	Ku-Vera <i>et al.</i> (2018)
Dieta 2: forraje fresco <i>Pennisetum purpureum</i> 100%	Mérida, México	20.1 L CH ₄ /kg de material seca	Piñeiro-Vázquez <i>et al.</i> (2017)
Dieta 3: forraje fresco <i>Pennisetum purpureum</i> 70% y <i>Leucaena leucocephala</i> 30% (composición recomendada por expertos de la región)	Mérida, México	13.28 L CH ₄ /kg de material seca	Piñeiro-Vázquez <i>et al.</i> (2017)
Tasas de fijación de captura de carbono			
Tecnología silvopastoril	Zona de estudio	Tasa de fijación (t C/ha/año)	Fuente
Árboles dispersos en potrero	Chorotega, Costa Rica	1.34	CATIE (2010)
Cercas Vivas	Sierra de Tacotalpa, estado de Tabasco, México	1.76	Villanueva-López <i>et al.</i> (2015)
Banco forrajero proteico	Colima, México	2.7	Anguiano <i>et al.</i> (2013).

Los datos de campo se obtuvieron de todos los potreros de las unidades productivas, donde se registró el nombre científico de cada árbol mayor a 10 cm, se midió su altura total (m), y el diámetro de su copa (cm). Para estimar la cantidad de árboles por hectárea, se establecieron parcelas de muestreo de acuerdo con la superficie dedicada a la ganadería tal como se muestra en el (Cuadro 3).

Cuadro 3: Establecimiento de parcelas en campo

Tecnología silvopastoril	Área dedicada a la ganadería (ha)	No. Parcelas	Parcelas (m²)
Árboles dispersos	≤ a 2	Censo	-
	2.1 a 5	1	10,000
	5.1 a 10	2	10,000
	10.1 a 30	3	10,000
	> 30	10%	10,000
Cercas vivas	Longitud de la cerca	No. segmentos	
	≤ de 100 metros	Censo	
	> 100 metros	3	25 metros lineales
Bancos forrajeros	Área dedicada a la ganadería (ha)	No. Parcelas	Parcelas (m²)
	≤ a 1	2	25
	> a 1	5	25

Fuente: adaptado de Chavarría (2010)

2.5 Estimación de costos directos de establecimiento y mantenimiento

La información necesaria para hacer el cálculo de los costos directos de establecimiento y mantenimiento fue recopilada a través de las entrevistas semiestructuradas realizadas a las 30 unidades de producción seleccionadas. Se consideraron costos de inversión, gastos de operación y de mantenimiento necesarios para establecer: i) una hectárea de árboles dispersos en potrero, ii) cien metros de cercas vivas, iii) una hectárea de bancos forrajeros tanto proteico como energético. Los costos incluyeron uso de maquinaria, insumos agropecuarios y mano de obra (\$5.5 dólares precio pagado por jornada laboral de 8 horas). Esta información fue sistematizada y posteriormente validada.

Mediante un taller de validación con los técnicos de instituciones y promotores ejidales de la región, se corroboraron los insumos y cantidades necesarios para el establecimiento y mantenimiento de cada tecnología silvopastoril que habían sido reportadas por los productores en las entrevistas realizadas. Adicionalmente, se validaron los precios de insumos indicados por los productores, haciendo la consulta directa a los establecimientos de proveedores de servicios. En este caso se reporta el valor promedio de los datos consolidados.

2.6 Análisis costo efectividad de tecnologías silvopastoriles

Con la información anterior, se procedió a realizar el análisis costo efectividad el cual consideró la reducción de emisiones de CH₄ por el cambio de dieta, como resultado del establecimiento de las tecnologías silvopastoriles, la capacidad de fijación de carbono de las tecnologías silvopastoriles y los costos de inversión estimados para su establecimiento y manejo.

Todos los cálculos fueron realizados para el año 2018 y proyectados hasta el año 2030, considerando una línea temporal de 12 años. Para este periodo se consideró el hato ganadero como una constante (no había aumento ni pérdida de animales).

Para estimar el Valor Presente Neto (VPN) de la inversión requerida durante los 12 años de manejo de las tecnologías silvopastoriles se utilizó una Tasa Real de Descuento (TRD) de 1.68% valor promedio anual de los últimos 12 años (2006 a 2017) registrados por el Banco Central de México. Se determinó usar la TRD siguiendo el método descrito por Hoen y Solberg (1994) y Boscolo *et al* (1997), tasa aplicada en diferentes estudios de valoración económica sobre la fijación de carbono en plantaciones forestales, como los realizados por Gutiérrez y Lopera (2001).

2.7 Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad para conocer el efecto que se tiene al cambiar el precio de obra (rubro común entre las tecnologías) usando el valor mínimo (3.2 USD/día) y máximo (7.9 USD/día) reportado por los productores.

También se realizó el análisis de sensibilidad al cambiar la tasa de descuento empleada (TRD promedio de los últimos 12 años) por los valores mínimos (0.25%) y máximos (6.13%) de la TRD reportado en los últimos 12 años por el Banco Central de México.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de las unidades productivas

Los 30 productores visitados organizan su territorio en función de la ganadería, destinando en promedio el 62% del área total de su unidad productiva a la actividad pecuaria, el restante 38% lo destinan para siembra de cultivos como el maíz y frijol, generalmente para autoconsumo (Cuadro 4).

Los sistemas de producción predominantes son bovinos de doble propósito (57%) y bovinos para la producción de carne (40%); solo el 3% indicó dedicarse a la producción lechera (no tecnificada). Dada la poca experiencia en los productores en la ganadería lechera y la escasez de pasturas en época seca la producción de leche en la región es muy baja (3.1 litros/animal/día). La raza de ganado suizo x cebú es la más frecuente en la zona (92%).

El hato ganadero varía entre de 3 a 101 cabezas de ganado que manejan por categorías (vacas en producción, vacas secas, novillos, becerros y sementales). En unidad animal esto representa tener entre 4 y 82 individuos (Cuadro 4); respecto del área dedicada a la ganadería se estima la carga animal en 1.9 animales/ha, valores superiores a los estimados para la misma región por Ramírez-Marcial *et al.* (2012) quienes indican un promedio de 0.81 ± 0.5 animales/ha.

Cuadro 4: Características productivas de las 30 unidades de producción

Variable	Mínimo	Máximo	Media
Área total de las unidades productivas (ha)	2.5	100	32.38
Área dedicada a la ganadería (ha)	2.5	67.25	18.57
Número de potreros	1	6	3.13
Área potreros	1.3	17	5
Hato ganadero (diferentes categorías)	3	101	26.5
Unidad animal (450 kg)	4	82	23
Producción de leche (lts/animal/día)	2	6.1	3.1

3.2. Identificación y priorización de las tecnologías silvopastoriles

Con la información consolidada en los talleres se identificaron 4 tecnologías silvopastoriles y 2 prácticas de manejo establecidas en la zona (Cuadro 5). Así mismo, los productores indicaron 5 criterios que se deberían tener en cuenta en la priorización de las tecnologías silvopastoriles. La frecuencia de implementación se obtuvo por medio de las 114 entrevistas cortas realizadas en las once comunidades ejidales. El resultado de los talleres en su totalidad se puede consultar en el anexo 2.

Cuadro 5: resultados de la identificación y priorización de las prácticas de manejo y tecnología silvopastoriles

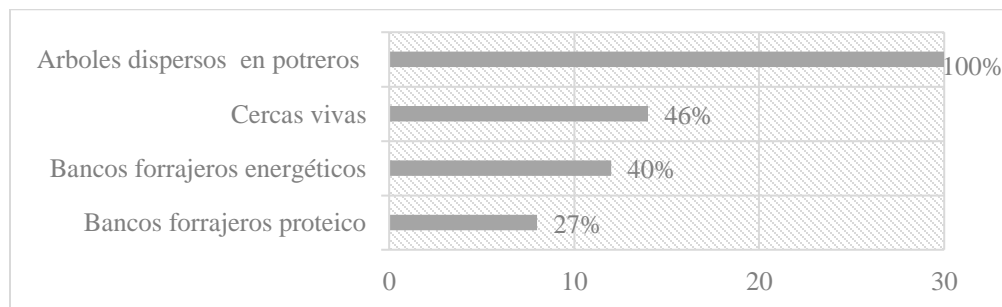
Práctica de manejo y tecnología silvopastoril	Frecuencia de implementación (No. de productores)	Criterios de priorización propuestos por los productores
Árboles dispersos	106	- Condiciones topográficas y climáticas de la zona
Cercas vivas	103	
Bancos forrajeros	90	- Costos de inversión
Plantas leñosas en callejones	52	- Financiamiento
Ensilaje	57	- Conocimiento técnico
Bloques nutricionales	41	- Co-beneficios.

Las tecnologías silvopastoriles priorizadas fueron los árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros tanto proteicos como energéticos. En el caso de las plantas leñosas en callejones, se observó que los productores no tenían claridad sobre este tipo de arreglo y en campo se evidenció que correspondían a cercas vivas. En ensilaje y bloque nutricionales, por ser prácticas de conservación de forrajes, solo se consideraron con el fin de conocer los costos de inversión; pero no su potencial de mitigación.

Las tecnologías identificadas y priorizadas concuerdan con los resultados de la caracterización ganadera de la región realizada por Ramírez-Marcial et al. (2012) en el estado de Chiapas, en el cual se describe el sistema ganadero con un gradiente de arborización que va desde pastizales extensivos hasta pastizales con cercos vivos, arbustos y árboles dispersos. Así mismo son tecnologías silvopastoriles contempladas en la “Propuesta de un prototipo de unidad ganadera sustentable de bajas emisiones”, la cual fue formulada por el Grupo de Trabajo de Ganadería de Bajas Emisiones en el marco del Plan de Acción de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones para el estado de Chiapas y donde se considera implementar de manera simultánea dichos arreglos silvopastoriles en los predios de los productores (Alianza-MexicoREDD 2016b).

Como resultado de las visitas y entrevistas semiestructuradas se identificó la frecuencia de las tecnologías silvopastoriles: i) árboles dispersos en potreros, arreglo establecido por el 100% de los productores entrevistados; ii) con al menos un tramo de sus predios con cercas vivas el 46% de los productores; iii) el 40% han establecido bancos forrajeros energéticos y iv) el 26% bancos forrajeros proteicos (ver Ilustración 2).

Ilustración 2: Porcentaje de productores que realizan la práctica o tecnología



El 40% de los productores entrevistados han cambiado los cultivos de maíz y sorgo por el establecimiento de pasturas mejoradas a través de los bancos forrajeros. Este tipo de arreglo también permite al productor realizar prácticas de conservación de forraje como ensilaje y bloques nutricionales. El 66% de los entrevistados indicaron haber realizado por lo menos una vez estas prácticas con el fin de asegurar alimento para el hato ganadero en época seca.

En términos generales, de los productores entrevistados el 30% cuenta con 3 arreglos silvopastoriles (árboles dispersos + cercas vivas + bancos forrajeros); 53% cuenta con 2 arreglos (la mayoría combina árboles dispersos más bancos forrajeros) y el 16% cuentan con solamente 1 arreglo (árboles dispersos).

3.2.1 Árboles dispersos (AD)

Este arreglo silvopastoril es la más frecuente de la muestra, si bien se considera como un tipo de arreglo producto de la intervención del hombre, en la zona se observa que la presencia de los árboles en los potreros es el resultado de procesos de regeneración natural. Según estudios realizados por Ramírez-Marcial et al. (2012), el actual proceso de regeneración natural observado en el estado de Chiapas, en parte es producto de la suspensión del uso del fuego en el manejo de los potreros, lo cual permite el establecimiento de vegetación espontánea y facilita la práctica de arreglos silvopastoriles como los árboles dispersos en potreros.

En el muestreo realizado se identificaron 72 especies de árboles, las más frecuentes corresponden a *Quercus peduncularis*, *Pinus spp.*, *Faramaea occidentalis*, *Guazuma ulmifolia*, *Coccoloba uvifera*, *Pithecellobium dulce* y *Ficus insípida*. El listado completo de especies para cada una de las zonas estudiadas se presenta en el anexo 3. La densidad promedio de árboles dispersos en potreros es de 37 individuos por hectárea. Las pasturas observadas con mayor frecuencia en la región son pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y llanero (*Andropogon gayanus*). Las pasturas observadas con mayor frecuencia en la región son pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y llanero (*Andropogon gayanus*). Estas pasturas también se califican como especies predominantes en la región por Ramírez-Marcial *et al.* (2012) y Aguilar (2007).

El establecimiento inicia con la limpieza de maleza y la aplicación de un herbicida que minimice la presencia de hierbas perjudiciales para el terreno. Posteriormente se plantan los árboles de mínimo 1 metro de altura que se obtienen en viveros de la región. El mantenimiento de los potreros con árboles dispersos consiste básicamente en la poda y control de maleza, por lo cual se considera como uno de los sistemas más económicos y efectivos.



Fotografía 1: árboles dispersos en potreros

Costos de establecimiento y mantenimiento

El costo de establecimiento y mantenimiento de una hectárea varía de acuerdo con proceso en que se desarrolle. El más habitual ocurre cuando los árboles forman parte de la regeneración natural (caso de la región en estudio); sin embargo, también puede darse por la intervención del hombre, en este caso los árboles son plantados.

Como se puede observar en el caso de regeneración natural (Cuadro 6), los costos se reducen en un 64% respecto de árboles plantados en los potreros (Cuadro 7). La densidad de árboles por hectárea también afecta el costo de inversión de esta tecnología. En el presente estudio, cuando los árboles son plantados se consideró una densidad de 30 individuos por hectárea, si se incrementa esta densidad a 50 árboles por hectárea (cantidad máxima sin afectar el crecimiento de las pasturas por efectos de sombra) el costo de inversión se incrementa en un 44%.

Cuadro 6: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de árboles dispersos en potreros (caso: regeneración natural)

Costos directos - árboles dispersos en potreros (1 ha)					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Establecimiento					
Herbicida	litro	3	\$ 117.00	\$ 351.00	\$ 18.57
Subtotal insumos				\$ 351.00	\$ 18.57
Limpieza	jornal	5	\$ 100.00	\$ 500.00	\$ 26.46
Subtotal mano de obra				\$ 500.00	\$ 26.46
Subtotal establecimiento				\$ 851.00	\$ 45.03
Mantenimiento					
Podas y control de malezas	jornal	3	\$ 100	\$ 300.00	\$ 15.87
Subtotal mantenimiento				\$ 300.00	\$ 15.87
Costo total				\$ 1,151.1	\$ 60.90

Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

Cuadro 7: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de árboles dispersos en potreros (caso: árboles plantados)

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Establecimiento					
Herbicida	litro	3	\$ 117.00	\$ 351.00	\$ 18.57
Árboles	plantas	30	\$ 15.00	\$450.00	\$23.81
Subtotal insumos				\$ 801.00	\$ 42.38
Limpieza	jornal	5	\$ 100.00	\$ 500.00	\$ 26.46
Siembra	jornal	15	\$ 100.00	\$ 1,500.00	\$ 79.37
Subtotal mano de obra				\$ 2,000.00	\$ 105.82
Subtotal establecimiento				\$ 2,801.00	\$ 148.20
Mantenimiento					
Replantes	plantas	3	\$ 15	\$ 45.00	\$ 2.38
Subtotal insumos				\$ 45.00	\$ 2.38
Podas	jornal	3	\$ 100	\$ 300.00	\$ 15.87
Replantes	jornal	1	\$ 100	\$ 100.00	\$ 5.29
Subtotal mano de obra				\$ 400.00	\$ 21.16
Subtotal mantenimiento				\$ 445.00	\$ 23.54
Costo total				\$ 3,246.00	\$ 171.75

Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.2.2 Cercas Vivas (CV)

Son frecuentes en la zona para realizar la división de potreros en las unidades de producción. Este sistema incluye árboles y arbustos de especies como *Gliricidia sepium*, *Quercus peduncularis*, *Faramaea occidentalis*, *Pithecellobium dulce*, el listado completo de especies para cada una de las zonas estudiadas se presenta en el anexo 4. En promedio la densidad de árboles estimada en 100 metros lineales fue de 12 individuos, un valor similar al reportado por Harvey *et al.* (2003) con un estimativo de 13.7 árboles en la misma distancia. Sin embargo, se considera este un valor muy bajo comparado con estudios donde se recomienda sembrar árboles a una distancia de 1 a 2 metros lo que resulta en densidades de 50 a 100 árboles por cada 100 metros lineales (Villanueva *et al.* 2008).



Fotografía 2: Cercas Vivas

Costos de establecimiento y mantenimiento

La construcción de las CV cambia entre los productores de la región; pero básicamente consiste en el sembrado de los árboles a lo largo de la cerca para la división de potreros. El mantenimiento de la cerca consiste en una limpieza y poda anual, así como las reparaciones y replantes necesarios.

Igual que los arboles dispersos, el costo de establecimiento de las cercas vivas varía de acuerdo con la densidad de árboles y el tipo de siembra (estacas o trasplante). En el caso del presente estudio el costo estimado de establecimiento de 100 metros de cerca vivas es (\$105.6 USD) y su mantenimiento (\$11.8 USD); se calculó para una densidad de 50 árboles trasplantados de vivero (Cuadro 8). Estos costos son comparables con los valores obtenidos por Villanueva *et al.* (2008) quienes estimaron una inversión inicial de \$104 USD y de mantenimiento de \$7.9 USD para la misma longitud.

En cuanto al mantenimiento se asumen replantes y podas cada dos años sin representar mayores costos a los productores (10% respecto del costo total). Al contrario, los productores indican obtener importantes beneficios de estos arreglos como la producción de leña, la cual frecuentemente es usada por el productor para consumo interno.

Cuadro 8: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de 100 metros de cercas vivas

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Establecimiento					
Árboles	planta	50	\$ 5.0	\$750.0	\$ 39.7
Alambre de púas	rollo (300 m)	1	\$ 10.0	\$810.0	\$ 42.9
Grapas	Kg	1	\$ 35.5	\$35.5	\$ 1.9
Subtotal insumos				\$ 1,595.5	\$ 84.4
Mano de obra	jornal	4	\$ 100	\$400.0	\$ 21.2
Subtotal mano de obra				\$ 400.0	\$ 21.2
Subtotal establecimiento				\$ 1995.5	\$ 105.6
mantenimiento					
Alambre de púas	rollo (300 m)	0.1	\$ 810.00	\$ 81.0	\$ 4.3
Grapas	Kg	0.1	\$ 36.00	\$ 3.6	\$ 0.2
Replantes	plantas	2.5	\$ 15.00	\$ 37.0	\$ 2.0
Subtotal insumos				\$ 122.1	\$ 6.5
Podas y reparaciones (cada dos años)	jornal	0.5	\$ 100	\$ 50.0	\$ 2.6
Replantar árboles (cada dos años)	jornal	0.5	\$ 100	\$ 50.0	\$ 2.6
Subtotal mano de obra				\$ 100.0	\$ 5.3
Subtotal mantenimiento				\$ 222.1	\$ 11.8
Costo total				\$ 2,217.6	\$ 117.3

* Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.2.3 Banco Forrajero Proteico (BFP)

Los productores establecen este arreglo con el fin de maximizar la producción de biomasa de alto contenido nutricional para proveer como suplemento al ganado, especialmente en época seca. En la zona de estudio las especies de leñosas frecuentemente usadas para el establecimiento de los BFP son la *Leucaena leucocephala* y la *Gliricidia sepium*, en ambos casos las hojas y semillas se convierten en parte de la dieta de los animales al suministrarla una vez que sea cortada. En promedio se maneja una densidad de 10.000 plantas/ha.

Para iniciar el establecimiento se realiza una limpieza y rastreo de forma manual ya que por la topografía del terreno y las condiciones económicas de los productores el uso del tractor no es una actividad frecuente. La siembra de las semillas se hace inicialmente en bolsas para después ser trasplantada en campo. En esta región los productores siembran generalmente a una distancia entre surcos de 1 metro y 1 a 1.5 metros entre plantas. El uso de herbicidas e insecticidas también se consideran en el proceso.

Durante el primer año de establecimiento solo se realiza una jornada de aprovechamiento, esto concuerda con las recomendaciones de estudios técnicos realizados por CATIE (2014) que indican dejar un periodo

inicial de establecimiento de las plantas de ocho meses para que las raíces se desarrollen y se fijen bien al suelo. Después del segundo año se asume una frecuencia de aprovechamiento trimestral (90 días) periodo de tiempo donde el árbol puede recuperar el follaje que fue removido por la poda o el pastoreo, posteriormente una limpieza para evitar la proliferación de otras especies.

Costos de establecimiento y mantenimiento

Los costos de establecimiento incluyen la hechura del cercado, limpieza, recolección de semillas y sembrado (Cuadro 9). Para el aprovechamiento se requiere el conocimiento de la práctica; por lo tanto, la mano de obra calificada es uno de los rubros más importantes (52% de los costos de establecimiento). De no contar con jornaleros con suficiente conocimiento los productores pueden incurrir en pérdidas.

Cuadro 9: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de banco forrajero proteico (Gliricidia sepium / Leucaena leucocephala)

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Establecimiento					
Postes	pieza	200	\$ 4	\$ 800	\$ 42.33
Alambre	rollo (300 m)	4	\$ 810	\$ 3,240	\$ 171.43
Grapas	kg	2	\$ 36	\$ 71	\$ 3.76
Herbicida	litro	3	\$ 117	\$ 351	\$ 18.57
Insecticida	litro	1	\$ 300	\$ 300	\$ 15.87
Subtotal insumos				\$ 4,762.00	\$ 251.96
Hechura del cercado	jornal	5	\$ 100	\$ 500	\$ 26.46
Limpieza y rastreo (manual)	jornal	9	\$ 100	\$ 900	\$ 47.62
Recolección de semillas	jornal	4	\$ 100	\$ 400	\$ 21.16
Siembra de semillas	jornal	5	\$ 100	\$ 500	\$ 26.46
Trasplante	jornal	30	\$ 100	\$ 3,000	\$ 158.73
Subtotal mano de obra				\$ 5,300.00	\$ 280.42
Subtotal establecimiento				\$ 10,062.00	\$ 532.38
Mantenimiento					
Corte y aprovechamiento (3 veces al año)	jornal	16	\$ 100	\$ 1,600.00	\$ 84.66
Limpieza	jornal	8	\$ 100	\$ 800.00	\$ 42.33
Fertilización (abono estiércol de bovino)	jornal	3	\$ 100	\$ 300.00	\$ 15.87
Replantar árboles	jornal	3	\$ 100	\$ 300.00	\$ 15.87
Subtotal mano de obra				\$ 3,000.00	\$158.73
Costo total				\$ 13,062.00	\$691.11

* Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.2.4 Bancos Forrajeros Energéticos (BFE)

El establecimiento de los BFE es similar al descrito anteriormente. La especie de pastura más frecuente en la región es la Zacate cubano (*Pennisetum purpureum*) variedad CT-115. Los productores consideran la siembra de este pasto de corte como alternativa para asegurar el alimento a los animales, principalmente en época seca. En promedio, en una hectárea de un banco forrajero de *Pennisetum purpureum* se producen 60 toneladas de material vegetativo al año (INIFAP 2017).

Costos de establecimiento y mantenimiento

Generalmente los costos incluyen el cercado, limpieza y preparación del terreno; posteriormente la siembra (Cuadro 10), la cual se hace en surcos a una distancia de 1 metro en promedio, entre dichos surcos se dispone de 2 a 3 toneladas de material vegetativo. La principal actividad de mantenimiento es el control de malezas, además se debe aplicar fertilización y hace resiembras si es necesario. El costo de la mano de obra que se requiere para el establecimiento es de 111.1 USD y para mantenimiento de 142.9 USD.

El primer corte de la pastura se realiza a los dos meses de siembra y a los 30 cm del suelo; posteriormente se asume un aprovechamiento trimestral de la pastura de corte. A partir del establecimiento de los BFE, los productores cuentan con la materia prima para realizar prácticas de conservación de pastos y forrajes, como el ensilaje y bloques nutricionales. Estas técnicas permiten hacer uso del excedente del forraje producido en época de lluvia y se asegura el alimento para la época seca, cuando la disponibilidad de pasto es muy baja.

Cuadro 10: Costos directos de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de banco forrajero energético

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Establecimiento					
Postes	pieza	200	\$ 4.0	\$ 800.0	\$ 42.3
Alambre	rollo (300 m)	4	\$ 810.0	\$ 3,240.0	\$ 171.4
Grapas	kg	2	\$ 35.5	\$ 71.0	\$ 3.8
Herbicida	litro	3	\$ 117.0	\$ 351.0	\$ 18.6
Insecticida	litro	1	\$ 300.0	\$ 300.0	\$ 15.9
Material vegetativo	ton	2	\$ 1,000.0	\$ 2,000.0	\$ 105.8
Subtotal insumos				\$ 6,762.0	\$ 357.8
Cercado	jornal	5	\$ 100.0	\$ 500.0	\$ 26.5
Limpieza y rastreo (manual)	jornal	9	\$ 100.0	\$ 900.0	\$ 47.6
Surcado	jornal	2	\$ 100.0	\$ 200.0	\$ 10.6
Sembrado	jornal	5	\$ 100.0	\$ 500.0	\$ 26.5
Subtotal mano de obra				\$ 2,100.0	\$ 111.1
Subtotal establecimiento				\$ 8,862.0	\$ 468.9
Mantenimiento					
Corte y aprovechamiento (3 veces al año)	jornal	16	\$ 100.0	\$ 1,600.0	\$ 84.7
Limpieza	jornal	8	\$ 100.0	\$ 800.0	\$ 42.3
Fertilización (abono estiércol de bovino)	jornal	3	\$ 100.0	\$ 300.0	\$ 15.9
Subtotal mano de obra				\$ 2,700.0	\$ 142.9
Costo total				\$ 11,562.0	\$ 611.7

* Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.2.4.1 Ensilaje

El ensilado es una forma de almacenar alimento para el ganado asegurando así el aprovisionamiento de forraje en época seca o en fenómenos climáticos extremos que generan escasez de pasturas naturales y se pone en riesgo la supervivencia del ganado. Cerca del 66% de los productores entrevistados han realizado por lo menos una vez esta práctica. Generalmente se realiza una vez al año antes de iniciar la época seca. La actividad requiere una picadora (esta maquinaria generalmente se adquiere entre varios productores quienes rotan el uso de ella), y nylon para el almacenamiento en condiciones anaerobias del pasto⁹.



Fotografía 3: Banco Forrajero de Pennisetum purpurem

La mano de obra consiste en las tareas de picado, acarreo, embolsado y compactación del pasto. El silo es aprovechado 45 días después conforme a la cantidad y edad de los animales. Este alimento es usado de forma directa (en los comederos), o bien, se puede emplear para elaborar bloques nutricionales. Los productores indican que la actividad de ensilaje la realizan utilizando en 70% de pastura y un 30% de leguminosas arbustivas.

En esta actividad el costo más representativo es generado por la adquisición de la picadora, y en la región los productores han optado por comprar esta maquinaria en grupo y rotar el uso entre ellos. Otros rubros que se consideran son el combustible y el nylon con el cual se almacena el material vegetativo. La mano de obra incluye el corte, acarreo, picado, compactación y recubrimiento con plástico (Cuadro 11).

⁹ En la región el tipo de silo más frecuente es el horizontal o pastel. Expertos de la zona indican que estos son más económicos pues no requieren construir paredes ni se necesitan equipos sofisticados, por lo tanto, son prácticas fácilmente adoptadas por pequeños y medianos productores.

Cuadro 11: Costos directos para ensilaje en pastel (1 ha)

Costos directos para ensilaje en pastel (1 ha)					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Actividad					
Picadora con motor 13 caballos (grupal) costo total \$28.000	equipo	1	\$ 2,545	\$ 2,545	\$ 134.68
Subtotal maquinaria				\$ 2,545	\$ 134.68
Combustible	litros	50	\$ 17	\$ 850	\$ 44.97
Nylon calibre 800	metro	30	\$ 100	\$ 3,000	\$ 158.73
Subtotal insumos				\$ 3,850	\$ 203.70
Corte, acarreo, picado, compactación y recubrimiento con plástico	jornal	15	\$ 100	\$ 1,500	\$ 79.37
Subtotal mano de obra				\$ 1,500	\$ 79.37
Costo total				\$ 7,895	\$ 417.75

* Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.2.4.2 Bloques nutricionales

Son considerados una alternativa local para ayudar a que los animales hagan uso eficiente del alimento y así asegurar la supervivencia e incrementar la producción de carne y/o leche (CATIE 2014). Según las entrevistas realizadas, el 48% de los productores de la región indican conocer la práctica y haber realizado al menos una vez los bloques nutricionales.

La actividad inicia con el molido y mezclado del forraje (la mezcla más frecuente comprende un 70% de pastura y un 30% leñosas), posteriormente se adicionan los complementos nutritivos como la cal, la melaza y las sales. Cuando la mezcla esté uniforme se introduce la masa pastosa en moldes de 20 litros. Vale la pena aclarar que estos bloques son usados como complemento alimenticio y no como sustituto del pasto que normalmente debe consumir el ganado. Los costos por la producción de bloques incluyen compra de insumos como básculas, palas y cubetas, además de mano de obra para mezclar y compactar los bloques (Cuadro 12).

Cuadro 12: Costos directos - Bloques nutricionales (50 kilos)

Costos directos - Bloques nutricionales (50 kilos)					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Costo total (MXN)	Costo total (USD)*
Actividad					
Báscula de 100 kg	pieza	1	\$ 285	\$ 285	\$ 15.08
Pala	pieza	2	\$ 193	\$ 386	\$ 20.42
Cubeta	pieza	3	\$ 35	\$ 105	\$ 5.56
Subtotal maquinaria / herramienta				\$ 776	\$ 41.06
Forraje molido (maíz, sorgo)	kg	10	\$ 4	\$ 42	\$ 2.22
Melaza	kg	13	\$ 7	\$ 91	\$ 4.81
Sal mineral	kg	9	\$ 11	\$ 99	\$ 5.24
Sal blanca	kg	2.5	\$ 3	\$ 8	\$ 0.40
Cal o cemento	kg	8	\$ 7	\$ 56	\$ 2.96
Bolsas plásticas	pieza	3	\$ 5	\$ 15	\$ 0.79
Subtotal insumos				\$ 311	\$ 16.43
Mezcla, compactación, almacenamiento	jornal	3	\$ 100	\$ 300	\$ 15.87
Subtotal mano de obra				\$ 300	\$ 15.87
Costo total				\$ 1,387	\$ 73.36

* Tipo de cambio \$ 18.91 MXN por USD

3.3. Consolidado de costos directos de establecimiento y de mantenimiento año base 2018

Todos los costos estimados en el presente estudio corresponden a precios corrientes del año base (2018). Se consideraron costos por mano de obra, compra de insumos y adquisición de maquinarias y/o herramientas. Los jornales se calcularon con base en los precios locales durante el año base (5.5 dólares por 8 horas laborales).

Para el caso de caso de cercas vivas los costos estimados para establecer 100 metros lineales, se extrapolan a los costos en que se incurriría al establecer una hectárea de dicha tecnología, con el fin de unificar la unidad de medición. Según los resultados obtenidos la tecnología silvopastoril con menos costos de inversión son los árboles dispersos (60.9 UDS), mientras que otras tecnologías requieren una inversión más alta como se muestra en el (Cuadro 13).

Cuadro 13: Consolidado de costos directos de establecimiento de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles

Costos de inversión (USD/ha)			
Práctica o tecnología	Costo de establecimiento	Costo de mantenimiento	Costo total
AD	\$ 45.0	\$ 15.9	\$ 60.90
CV	\$ 1.426.8	\$ 158.8	\$ 1.585.5
BFP	\$ 532.4	\$ 158.7	\$ 691.1
BFE	\$468.9	\$142.9	\$ 611.7

Dado que la metodología empleada consideró preguntas cuyo objetivo era estimar los costos para el establecimiento y mantenimiento de una hectárea de cada tecnología silvopastoril, no es posible saber si el costo estimado varía en función del tamaño de la unidad productiva. En este sentido se recomienda para futuros estudios considerar el costo total en que han incurrido los productores al establecer la superficie total de dicha tecnología.

Sin embargo, se asume que en algunos rubros los costos por unidad de insumo pueden ser menores conforme el productor adquiriera una mayor cantidad de dicho insumo; un ejemplo de esto son las grapas y el alambre.

3.4. Costo total de la inversión línea temporal 2018 – 2030

Una vez estimados los costos directos anuales, se calculó el costo total de la inversión necesaria para implementar cada una de las prácticas y tecnologías, durante la línea temporal comprendida en el estudio (2018 – 2030). Los costos se presentan como el valor presente neto al año base 2018 (Cuadro 14).

Cuadro 14: Valor presente neto de las inversiones en el periodo 2018 – 2030

Práctica o tecnología	Valor presente neto de las inversiones en el periodo 2018 – 2030 (USD/ha)		
	Costo establecimiento	Costo mantenimiento	Costo total de inversión
AD	\$ 45.0	\$ 171.2	\$ 216.2
CV	\$ 1.426.8	\$ 1.713.9	\$ 3.139.6
BFP	\$ 532.4	\$ 1,712.1	\$ 2,244.5
BFE	\$ 468.9	\$ 1,540.9	\$ 2,009.8

Los productores perciben el capital inicial (costo de establecimiento) y posteriormente el costo de mantenimiento elevados en comparación con la ganadería de forma tradicional, escenario donde normalmente la actividad ganadera se caracteriza por ser de baja inversión y bajas exigencias de manejo.

En consecuencia, pasar a un sistema de mayor complejidad e inversión se convierte en una barrera de adopción

Esta barrera se puede solventar con el apoyo y experiencia de los mismos productores y técnicos de la región. El 60% de los productores entrevistados indicaron que una vez establecidas las prácticas y/o tecnologías, los costos en los que antes tenían que incurrir, como la compra de pasto para alimentar el ganado, no volvieron a ser inversiones necesarias ya que por medio de prácticas como los bancos forrajeros han logrado generar el alimento requerido por los animales y a través de los silos asegurar la conservación del forraje para los meses secos del año. Así mismo perciben una disminución en la carga laboral ya que pueden mantener el ganado en áreas más pequeñas donde ellos suministran la cantidad de alimento necesario para la alimentación de los animales.

En cuanto a los costos de mantenimiento de los arreglos, los productores consideran que son muy similares a los de la ganadería tradicional, ya que siempre se requieren actividades de podas, limpiezas, aplicación de herbicidas y mano de obra general para el mantenimiento de los potreros de la finca.

Si bien el presente estudio no consideró los beneficios económicos generados por las prácticas y tecnologías, sí se consultó a los productores su percepción frente a este tema. Los productores indican que normalmente durante la época seca la producción de leche y carne disminuye por causa de la poca disponibilidad de pasturas. El 95% de los entrevistados indicaron que una vez establecidas las prácticas como los bancos forrajeros, la producción de su sistema ganadero se pudo mantener e incluso aumentar en las diferentes épocas del año. Camelo *et al* (2001) indican que vacas lecheras suplementadas con forrajes de leñosas han logrado producciones de leche de 7,3 y 7,4 kg/vaca/día. citado por (Villanueva *et al*. 2008).

3.5. Determinantes de implementación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles

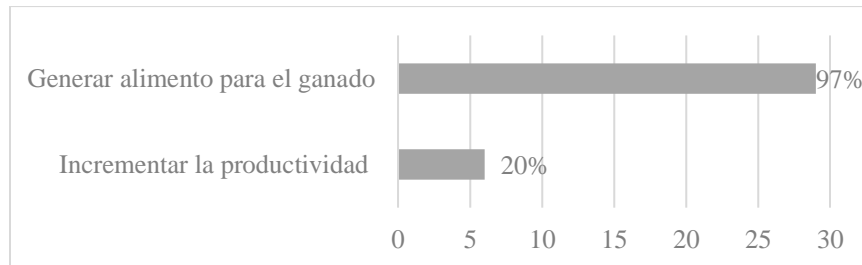
Al identificar, priorizar y caracterizar las prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles frecuentes en la región, es importante conocer los motivos que incitan a los productores a transformar su sistema de producción tradicional, a una ganadería con un manejo integral donde se combina el componente arbóreo, las pasturas y los animales. Así mismo, se hace necesario reconocer las limitaciones reales que se presentan durante el proceso de aprendizaje, adopción y apropiación de las prácticas y tecnologías en campo.

En este sentido es importante reiterar que la población objetivo del presente trabajo son productores que forman parte del Grupo Silvopastoril conformado en las comunidades ejidales visitadas; por lo tanto, son productores que han formado parte de un proceso de capacitación facilitado por técnicos de entidades en la región que inició aproximadamente hace 5 años. El 93% de los productores entrevistados aseguran haber recibido algún tipo de capacitación técnica sobre las prácticas de manejo y/o tecnologías silvopastoriles, por parte de entidades como la CONANP.

Motivaciones de implementación

El 97% de los productores indicaron que asegurar el alimento para el ganado en época seca es la motivación más importante a la hora de establecer las prácticas de manejo y las tecnologías silvopastoriles (Ilustración 3). Como resultado de esto, los productores pueden mantener una producción estable durante la época en la que las pasturas naturales son escasas.

Ilustración 3 Motivaciones para establecer prácticas y tecnologías



Incrementar la producción de la actividad ganadera es también una motivación expresada por los agricultores; sin embargo, solo el 20% de los entrevistados asegura haber sido consciente de este beneficio en el momento de implementación. Los productores mencionan que solo durante el proceso de aprendizaje y adopción de la práctica y/o tecnología es como se evidencian los beneficios en relación con el incremento de la productividad.

Sin embargo, reconocer este tipo de beneficios no es del todo fácil para los productores, tan solo 17% del total de entrevistados indicaron llevar algún tipo de registro que les permita conocer y administrar los costos e ingresos generados por la actividad ganadera.

Además de los beneficios directos en la producción y rentabilidad ganadera, los productores indicaron otros aspectos que los motivan a establecer las prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles, tales como la liberación de zonas que antes eran dedicadas a la ganadería y que ahora las pueden destinar a otros usos del suelo incluyendo la siembra de cultivos, la plantación de pinos y la conservación de bosques. La producción de leña es un beneficio adicional que representa menos extracción de madera de los bosques naturales donde habitualmente tenían que desplazarse para adquirirla. Obtener nuevos conocimientos útiles para el manejo de sus unidades de producción es un incentivo más para los productores que participan activamente de las capacitaciones brindadas por las entidades de la región.

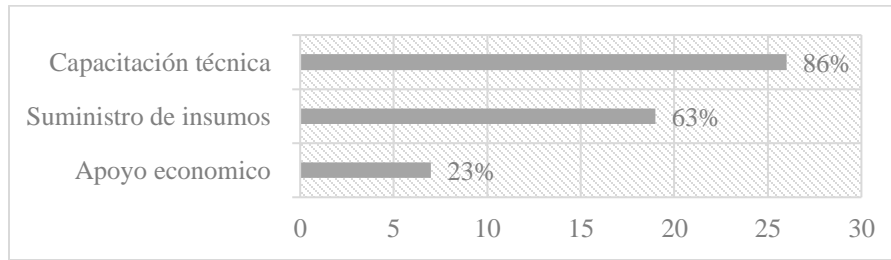
Adicionalmente, las prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles generan beneficios a una mayor escala que la misma unidad productiva. Estos beneficios son percibidos por los productores como una contribución importante que se da desde sus unidades de producción a todo el paisaje ganadero y a la reserva donde habitan. Se logra también la recuperación del suelo, contrarrestar los efectos del calentamiento global, la protección de fuentes hídricas, de la biodiversidad y la conservación y recuperación de áreas de bosques en la zona de amortiguamiento de la REBISE.

Cuando se consultó por el apoyo que han recibido para implementar las prácticas, los productores indicaron que desde el 2012 en algunas oportunidades han sido beneficiados con programas de capacitación técnica y con suministro de insumos. Recibir recursos económicos directos es un apoyo menos frecuente en la zona (Ilustración 4), a diferencia de otras regiones en el estado de Chiapas, donde

los productores han sido beneficiarios de programas de estímulos a la productividad ganadera como PROGAN o a la productividad agrícola como el PROCAMPO (Ramírez-Marcial *et al.* 2012).

En cuanto al suministro de insumos, los productores resaltan la necesidad de tomar en cuenta la época de lluvia para que insumos como las semillas y las plantas por sembrar sean entregadas a tiempo y no se pierdan recursos y esfuerzos cuando estas tratan de ser plantadas en época seca

Ilustración 4: Apoyo que el productor indica haber recibido

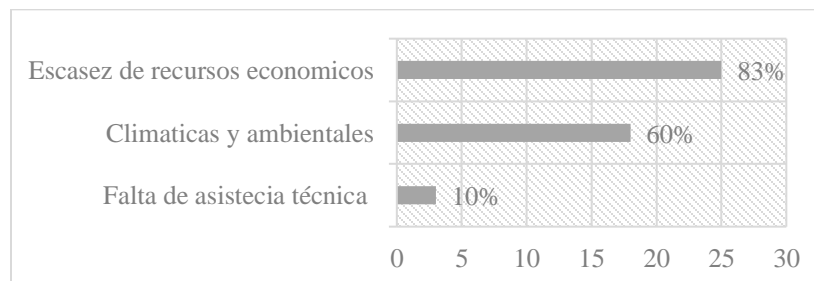


En términos generales, los productores resaltan su interés por continuar participando activamente en la implementación de las prácticas y tecnologías, siempre y cuando se cuente con acompañamiento técnico y facilidades de financiamiento para su establecimiento. También mencionan el interés que se tiene en mantener y aumentar la cobertura y diversidad de prácticas y tecnologías.

Barreras de implementación

Los productores indicaron diferentes tipos de limitantes que han observado en aproximadamente 5 años de implementación de las prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles. El 83% de los productores entrevistados indicaron que la escasez de recursos económicos es la limitante más importante; sin embargo el 60% de los entrevistados consideran con preocupación las dificultades que se han presentado por efectos climáticos o ambientales, como la escasez de agua, lo cual ha impedido en repetidas ocasiones el establecimiento de prácticas, pues asumen que no es rentable invertir en ellos cuando no puede asegurar el abastecimiento continuo del recurso hídrico (Ilustración 5).

Ilustración 5 Limitantes de implementación



Solo el 10% de los productores mencionaron que es necesaria más asistencia técnica en el manejo de las prácticas y tecnologías para poder implementarlas. Se considera que este no es una limitante frecuente en los productores de la región, ya que por medio del Grupo Silvopastoril se ha consolidado un canal de comunicación constante con entidades como la CONANP para participar en espacios de capacitación

técnica. Por su parte, la principal limitación para establecer las prácticas y tecnologías consiste en la escasez de recursos económicos (83%) seguido de las dificultades ambientales (60%).

Para romper este tipo de barreras es necesario trabajar en la formulación de instrumentos de fomento financiero y no financiero que se basen en los que actualmente existen en la región. En el caso de Chiapas, el estado cuenta con un gran avance y capacidad instalada en actores clave como la CONANP y las universidades locales, los cuales proveen seguridad a los productores en el momento de tomar decisiones sobre la implementación de las tecnologías. Sin embargo, muchas veces estos actores no pueden prestar todo el apoyo necesario ya sea por escasez de recursos o de medios que lo permitan.

3.6. Estimación de las emisiones de GEI

Por medio de las entrevistas a los productores se consultó la cantidad de materia seca (MS) que en promedio consume el ganado, y como resultado se obtuvo un valor para cada categoría que comprende el hato (Cuadro 15). Los factores de emisión que se presentan son seleccionados de la literatura consultada e indicada en la sección de metodología.

Cuadro 15: Factores de emisión de CH₄ (kg/cabeza/año)

Categoría	Consumo de MS (kg/día)	Factor de emisión dieta 1	Factor de emisión dieta 2	Factor de emisión dieta 3
Hato_ Vacas producción	14	92.3	75.2	49.68
Hato_ Vacas paridas	14	92.3	75.2	49.68
Hato_ Vacas secas	16	103.9	84.6	55.89
Hato_ Terneras	4	23.1	18.8	12.42
Hato_ Novillas	10	63.5	51.7	34.16
Hato_ Toros	19	127.0	103.4	68.32
Hato_ Vacas producción	14	92.3	75.2	49.68

Las emisiones de metano por fermentación entérica para los tres diferentes tipos de dietas se presentan en los Cuadro 16 y Cuadro 17.

Cuadro 16: Emisiones de CH₄ para la dieta 1 y 2 y área requerida para abastecimiento de alimento

Productor	Hato ganadero	Total emisiones (ton CH ₄ /año)		Dieta 2		
		Dieta 1	Dieta 2	Reducciones ¹⁰ (ton CH ₄ /año)	Área de BFE requerida (ha)	Efectividad por hectárea (ton CH ₄ /ha)
1	4	0.40	0.33	0.07	0.87	0.09
2	16	1.17	0.95	0.22	2.93	0.07
3	29	2.07	1.68	0.38	5.10	0.08
4	17	1.72	1.40	0.32	3.54	0.09
5	39	3.38	2.75	0.63	7.56	0.08
6	15	1.25	1.02	0.23	2.94	0.08
7	23	1.92	1.57	0.36	4.35	0.08
8	16	1.18	0.96	0.22	2.85	0.08
9	58	4.65	3.78	0.86	10.61	0.08
10	50	4.57	3.72	0.85	9.96	0.09
11	31	2.55	2.08	0.47	6.01	0.08
12	8	0.77	0.63	0.14	1.69	0.08
13	10	0.88	0.71	0.16	1.94	0.08
14	8	0.61	0.50	0.11	1.45	0.08
15	42	3.16	2.58	0.59	7.63	0.08
16	26	2.40	1.96	0.45	4.95	0.09
17	18	1.49	1.21	0.28	3.37	0.08
18	39	2.57	2.09	0.48	6.50	0.07
19	25	1.51	1.23	0.28	4.20	0.07
20	21	1.69	1.37	0.31	3.85	0.08
21	60	4.24	3.45	0.79	10.28	0.08
22	11	0.88	0.71	0.16	2.06	0.08
23	26	1.75	1.42	0.32	4.33	0.07
24	38	2.74	2.23	0.51	6.73	0.08
25	101	6.48	5.28	1.20	16.78	0.07
26	24	1.70	1.38	0.31	4.19	0.08
27	12	0.80	0.65	0.15	2.10	0.07
28	15	1.18	0.96	0.22	2.83	0.08
29	3	0.21	0.17	0.04	0.53	0.07
30	10	0.92	0.75	0.17	2.05	0.08

¹⁰ Reducción al cambiar una dieta tradicional a una dieta basada en pastura de corte

Cuadro 17: Emisiones de CH₄ para la dieta 1 y 3 y área requerida para abastecimiento de alimento

Producto r	Hato ganader o	Total emisiones (ton CH ₄ /año)		Dieta 3				
		Diet a 1	Diet a 3	Reducciones ¹¹ (ton CH ₄ /año)	Área de BFE requerid a (ha)	Área de BFP requerid a (ha)	Área de total requerid a (ha)	Efectivida d por hectárea (ton CH ₄ /ha)
1	4	0.40	0.22	0.19	0.61	0.95	1.56	0.12
2	16	1.17	0.63	0.54	2.05	3.19	5.24	0.10
3	29	2.07	1.11	0.95	3.57	5.57	9.14	0.10
4	17	1.72	0.93	0.79	2.48	3.86	6.34	0.13
5	39	3.38	1.82	1.56	5.29	8.24	13.53	0.12
6	15	1.25	0.67	0.58	2.06	3.20	5.26	0.11
7	23	1.92	1.03	0.89	3.05	4.75	7.80	0.11
8	16	1.18	0.63	0.54	2.00	3.11	5.11	0.11
9	58	4.65	2.50	2.15	7.43	11.58	19.01	0.11
10	50	4.57	2.46	2.11	6.97	10.86	17.83	0.12
11	31	2.55	1.37	1.18	4.20	6.55	10.76	0.11
12	8	0.77	0.42	0.36	1.19	1.85	3.03	0.12
13	10	0.88	0.47	0.41	1.36	2.12	3.47	0.12
14	8	0.61	0.33	0.28	1.01	1.58	2.59	0.11
15	42	3.16	1.70	1.46	5.34	8.32	13.66	0.11
16	26	2.40	1.29	1.11	3.46	5.40	8.86	0.13
17	18	1.49	0.80	0.69	2.36	3.67	6.03	0.11
18	39	2.57	1.38	1.19	4.55	7.09	11.64	0.10
19	25	1.51	0.81	0.70	2.94	4.58	7.52	0.09
20	21	1.69	0.91	0.78	2.69	4.20	6.89	0.11
21	60	4.24	2.28	1.96	7.19	11.21	18.40	0.11
22	11	0.88	0.47	0.41	1.44	2.25	3.70	0.11
23	26	1.75	0.94	0.81	3.03	4.73	7.76	0.10
24	38	2.74	1.47	1.26	4.71	7.35	12.06	0.10
25	101	6.48	3.49	2.99	11.75	18.31	30.06	0.10
26	24	1.70	0.91	0.78	2.93	4.57	7.50	0.10
27	12	0.80	0.43	0.37	1.47	2.30	3.77	0.10
28	15	1.18	0.63	0.54	1.98	3.09	5.07	0.11
29	3	0.21	0.11	0.10	0.37	0.58	0.96	0.10
30	10	0.92	0.50	0.43	1.44	2.24	3.68	0.12

Al comparar las dietas propuestas, se observa que la emisión de metano por fermentación entérica puede disminuir un 18% anual cuando se cambia la dieta tradicional (dieta 1), a la dieta basada en pasto de corte (dieta 2). Sin embargo, la reducción de metano es más significativa si el pasto de corte se complementa con una leguminosa arbustiva (dieta 3), en este caso la reducción se estima en un 46% al año. Estos valores son comparables con los estimados por Piñeiro-Vázquez (2018) quien a partir de datos de la región sureste de México presenta reducciones en promedio del 61% de metano al incluir la *Leucaena leucocephala* en la dieta de los bovinos. Otros estudios en Colombia estiman la reducción en un 65% al combinar *Leucaena leucocephala* con *Cynodon pueumfurnsis* (Barahona Rosales *et al.* 2014).

3.7. Fijación de captura de carbono

Con base en las características de siembra de los arreglos silvopastoriles y a las tasas de fijación de carbono por defecto (Cuadro 18), se estimó la fijación de carbono para cada práctica y sistema, durante la línea temporal objeto de estudio (2018 – 2030).

Cuadro 18: fijación de carbono durante la línea temporal (2018 – 2030)

Práctica/Tecnología	Fijación de carbono (ton CO ₂ eq/ha)
AD	17.4
CV	22.9
BFP	35.1

Los valores calculados muestran un alto potencial de fijación de carbono en los bancos forrajeros, esto como resultado de una alta producción de biomasa. En el caso de un banco forrajero proteico el factor de fijación de carbono utilizado por defecto considera grandes densidades de siembra (10.000 plantas/ha) lo cual aumenta dicho potencial de fijación. Con arreglos silvopastoriles como las cercas vivas; aunque la densidad de siembra es significativamente menor (111 árboles por 100 metros lineales), las especies arbóreas cuentan con mayores tasas de crecimiento y altos potenciales de fijación de carbono en tallos, ramas y hojas (Villanueva-López *et al.* 2015). En el caso de árboles dispersos, las tasas de fijación usadas por defecto, considera una densidad de 51 individuos/ha, lo que implica una tasa de fijación de carbono más baja comparada con los otros sistemas.

3.8. Costo efectividad de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles

Se realizó el análisis costo efectividad de tres tecnologías silvopastoriles i) Árboles dispersos, ii) cercas vivas y iii) bancos forrajeros proteicos (*Leucaena leucocephala*) y para la práctica de manejo bancos forrajeros energéticos (*Pennisetum purpurem*). En el Cuadro 19 se presenta la relación costo efectividad al implementar las prácticas y/o tecnologías durante los 12 años (serie temporal 2018 – 2030). La efectividad se mide en términos de reducción de emisiones y/o en fijación de carbono que se obtendría al establecer la práctica y/o tecnología.

¹¹ Reducción al cambiar una dita tradicional a una dieta que combina pastura de corte (%70) y leguminosas arbóreas (30%)

Cuadro 19: Efectividad en términos de carbono

Práctica/Tecnología	Efectividad en términos de carbono (ton CO ₂ eq/ha)			Costo total (USD/ha)	Costo efectividad USD/ton C
	Reducción	Fijación de carbono	Total		
Árboles dispersos	-	17.4	17.4	\$ 216.2	\$ 12.4
Cercas Vivas	-	22.9	22.9	\$ 3,139.6	\$ 137.2
Banco forrajero proteico	20	35.1	55.1	\$ 2,244.5	\$ 28.6
Banco forrajero energético	27	-	27	\$ 2,009.8	\$ 74.4

Con los resultados obtenidos se observa que durante el horizonte temporal analizado (2018 – 2030), el mayor potencial de mitigación de GEI lo tienen los bancos forrajeros proteicos dado sus beneficios en la reducción de emisiones de CH₄ y su capacidad de fijación de carbono (55.1 ton CO₂eq/ha). En cuanto al análisis de costo efectividad esta práctica es la segunda más costo efectiva (\$28.6 USD/ton C), solo superada por los árboles dispersos en potreros (\$12.4 USD/ton C). Por su parte, las cercas vivas y los bancos forrajeros energéticos son los arreglos silvopastoriles que requieren una mayor inversión por tonelada de carbono capturado \$137.2 USD/ton C y \$74.4 USD/ton C, respectivamente.

Estos valores se acercan a cifras estimadas por investigadores como (De Jong *et al.* 1999) quienes realizaron un análisis económico del potencial del secuestro de carbono en bosques naturales del sur de México para diferentes usos del suelo como bosque de pino, árbol en barbecho, agricultura, matorrales y pasturas. Dicho estudio estima un valor promedio de \$15 USD/por tonelada de carbono capturado. En el uso del suelo agrícola los costos estimados varían entre \$10 USD/ton C y \$80 USD/ton C. Por su parte Gutiérrez y Lopera (2001) estiman que los precios de la tonelada de carbono fijado está entre \$4.6 y \$50.4 USD/ton C, dependiendo de la tasa real de descuento (TRD) y la cantidad de carbono secuestrado anualmente en plantaciones tropicales.

Si bien se intenta hallar una similitud entre los valores obtenidos y aquellos generados por otros investigadores, es importante aclarar tal como lo indica De Jong *et al.* (2004) en el estudio “Economics of Agroforestry Carbon Sequestration”, que este tipo de proyectos no se puede comparar fácilmente ya que no ha surgido un método estándar para analizar los costos directos, indirectos, iniciales y recurrentes de los usos del suelo y sus prácticas (Gutiérrez y Lopera 2001). En este mismo sentido, Gutiérrez y Lopera (2001) indican que por no existir un mercado establecido, hace que en la actualidad se genere una gran variación entre los estimativos de los costos, según el método de cuantificación y la naturaleza de los proyectos. Estos autores recopilaban información de varios estudios donde se expone la variación en los análisis de costo efectividad con cifras que van desde los \$5 USD/ton C (Winjum *et al.* 1993 y Ramirez *et al.* 1997) hasta los \$364 USD/ton C (Lewis *et al.* 1995), haciendo muy difícil realizar comparaciones.

A pesar de las pocas posibilidades de realizar comparaciones congruentes, investigadores como Totten (1999) indican que, gracias a experiencias de programas internacionales de implementación conjunta, se ha podido demostrar que los países tropicales en desarrollo ofrecen algunas de las oportunidades de más bajo costo para compensar carbono, debido a los bajos costos de tierra y la mano de obra, a pesar de los altos costos de transacción y posibles riesgos. Estudios en países en desarrollo proporcionan cifras que fluctúan de \$ <0 a 35.10 USD/ton C (Boer, 2001; Masera, Cerón y Ordóñez, 2001; Lasco y Pulhin, 2001; Makundi, 2001) (De Jong *et al.* 2004).

Es muy importante resaltar que si se consideran otros servicios ecosistémicos y co-beneficios generados por la implementación de las medidas, la relación costo efectividad puede ser aumentar en el sentido de ganar más beneficios por la misma inversión económica. Un ejemplo de esto lo expone Klein *et at.* (2007) citado por EUROCLIMA (2016) quien indica que crear sinergias entre adaptación y mitigación puede aumentar el costo efectividad de acciones y hacerlas más atractivas para los actores clave. El mismo análisis de costo efectividad puede variar si se consideran la emisión y remoción de N₂O dentro de las tecnologías silvopastoriles.

3.9. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad realizado muestra que al usar el valor de mano de obra mínimo reportado por los productores, el costo disminuye un 28% en promedio. Por su parte, al usar el valor máximo de mano de obra reportado por los productores el costo aumenta un 37% (Cuadro 20).

Cuadro 20: Análisis de sensibilidad al cambiar costos de mano de obra

Práctica/ Tecnología	Costo efectividad (USD/t C)		
	Valor mano de obra empleado (\$5.2 USD/día)	Valor mano de obra mínimo (\$3.2 USD/día)	Valor mano de obra máximo (\$7.9 USD/día)
Árboles dispersos	\$ 12.4	\$ 8.1	\$ 18.1
Cercas Vivas	\$ 137.2	\$ 119.7	\$ 160.3
Banco forrajero proteico	\$ 40.7	\$ 27.0	\$ 58.8

Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad a los resultados obtenidos del análisis costo efectividad usando diferentes tasas de descuento. Como se indicó anteriormente la TRD usada corresponde al valor promedio reportado en los últimos 12 años, al cambiar esta TRD por el valor mínimo reportado por el Banco Central de México los costos se incrementan en aproximadamente un 6.7%. El efecto contrario se observa si se ajusta el TRD al valor máximo reportado, disminuyendo así el costo por tonelada mitigada en un 16% aproximadamente (Cuadro 21).

Cuadro 21: Análisis de sensibilidad a los cambios en la tasa de descuento

Práctica/Tecnología	Costo efectividad (USD/t C)		
	TRD empleada (1.68%)	TRD mínimo (0.25%)	TRD máximo (6.13%)
Arboles dispersos	\$ 12.4	\$ 13.3	\$ 10.2
Cercas Vivas	\$ 137.2	\$ 144.3	\$ 120.1
Banco forrajero proteico	\$ 40.7	\$ 43.7	\$ 33.6

3.10. Recomendaciones para la vinculación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles en la formulación de la NAMA

Con el fin de generar recomendaciones para la vinculación de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles, en la formulación de la NAMA hizo la revisión de insumos técnicos y lineamientos políticos identificados en un nivel nacional y estatal que, por su contenido y objetivos, se consideran como instrumentos facilitadores para el establecimiento de una NAMA en el estado de Chiapas. A continuación, se resumen los instrumentos de política identificados.

Políticas que facilitan el diseño e implementación de la NAMA

En el nivel nacional, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) es la responsable de trazar la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) e incluirla en el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno. Con base en las orientaciones de la ENCC, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) desarrolla y concreta estrategias de mitigación y adaptación de cambio climático en México con el objetivo de cumplir con las metas planteadas para la reducción de emisiones (SAGARPA 2012).

Actualmente el PECC (2014 – 2018) comprende dentro de sus objetivos diseñar e impulsar un proyecto NAMA para la conservación y restauración de predios ganaderos y agropecuarios de México (SEMARNAT 2014a).

En un nivel estatal, la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en Chiapas establece la concurrencia del Estado y de los Municipios en la formulación e instrumentación de las políticas públicas para la Adaptación al Cambio Climático y la Mitigación de sus efectos adversos, en este sentido se considera esta normativa como el instrumento facilitador para que los actores de la región orienten la coordinación institucional y definan sus roles y responsabilidades ante el diseño y puesta en marcha de una NAMA de ganadería.

La Construcción de Programas de Inversión en el marco de la Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE) en el estado de Chiapas, identificó acciones para combatir la deforestación y degradación, y potencializar el desarrollo local y el uso adecuado de los recursos naturales. Para lograr llevar estas acciones a campo, identificó sinergias entre los diferentes programas de gobierno. Dentro de sus

actividades estratégicas propuestas señala la intensificación ganadera con modelos silvopastoriles (Alianza-MexicoREDD 2016a).

Por su parte, el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas 2012 (PACCCH) se identifica como un instrumento articulador de políticas ambientales y sectoriales en el estado de Chiapas, y se identificó que brinda las bases necesarias para orientar a los diferentes actores y a la sociedad en la participación del diseño e implementación de las acciones de mitigación (SEMAVHIN 2012).

Otras políticas y normativas relevantes para la implementación de las tecnologías

Otras políticas y normativas relevantes que van en línea con la implementación de prácticas ganaderas sostenibles son: *Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente*, la cual promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, de manera que sean compatibles con la obtención de beneficios económicos, la *Ley de Desarrollo Rural Sustentable* contempla impulsar la productividad rural, apoyos a productos orientados a complementar sus capacidades económicas a fin de realizar inversiones para la tecnificación y la adopción de prácticas ecológicamente pertinentes y la *Ley Agraria*, por medio de la cual se regula el desarrollo integral y equitativo del sector rural mediante el fomento de las actividades productivas.

En el orden estatal, la *Ley Ambiental para el Estado de Chiapas* promueve el aprovechamiento racional de sus recursos para propiciar el desarrollo sustentable del Estado; la *Ley de Planeación para el Estado de Chiapas* la cual reglamenta las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno y la sociedad, que contribuyen a alcanzar conjuntamente las políticas públicas y objetivos consignados en los planes de desarrollo nacional, estatal y municipales.

Recomendaciones para la formulación de la NAMA

Las recomendaciones se plantean según los elementos técnicos más representativos para el diseño de una NAMA y destacar los avances con los que actualmente cuenta la región para abarcar una estrategia de reducción de emisiones en el sector ganadero.

a. Formulación de políticas

La coherencia entre las políticas de orden nacional y estatal es primordial para lograr intervenciones con beneficios en la producción ganadera y en la mitigación de GEI. Por lo tanto, la revisión e integración de políticas públicas es una clara necesidad que facilitaría la formulación de incentivos y mecanismos financieros que promuevan e incentiven la adopción de nuevas formas de producción ganadera sostenible.

b. Generación de línea base

El desarrollo de una línea base que comprenda una metodología estandarizada y conceptos previamente concertados, para lograr identificar el estado actual del sistema ganadero y el potencial aporte de este en cuanto a la mitigación al cambio climático. Esto incluye identificación de principales fuentes de emisión,

proyecciones a futuro. Además, métodos claros para la obtención de información con escalas y periodicidad definidas.

c. Información de las medidas

Es importante realizar identificación de posibles prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles en otras regiones del estado de Chiapas, ya que estas pueden variar considerablemente o ser más diversas en otros tipos de producción ganadera. Una vez que se desea incluir dichas medidas en el marco de la NAMA, es importante determinar metas cuantitativas y cualitativas para su implementación, ejemplo: número de hectáreas por establecer, número de productores beneficiados y otros; con el fin de estimar el potencial de mitigación de la medida.

Un insumo de carácter nacional que detalla los criterios principales para identificar las acciones prioritarias en el corto, mediano y largo plazos es la *Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) visión 10,20,40*, en la cual considera criterios de priorización como: i) potencial de mitigación, ii) evaluación económica, iii) cobeneficios ambientales y sociales, iv) cobeneficios en salud, v) incremento en la productividad nacional, y vi) Barreras.

En escala estatal, el instrumento más completo con el que cuenta el estado de Chiapas donde identifica y promueve acciones de mitigación es el *Plan de Acción de Ganadería Sustentable de Bajas Emisiones para el estado de Chiapas*, el cual fue formulado por el Grupo de Trabajo de Ganadería de Bajas Emisiones, teniendo como eje de intervención el fortalecimiento de la actividad ganadera en el estado de Chiapas, a fin de que reduzca la emisión de GEI.

d. Co-benéficos

Es importante considerar prácticas que contengan co-beneficios, entre ellos la adaptación de la ganadería al cambio climático y el desarrollo económico sostenible del sector. La articulación entre mitigación y adaptación puede representar importantes sinergias y mayor eficiencia en cuanto a los recursos empleados (financieros, humanos y políticos), lo que resulta ser atractivo para los tomadores de decisiones y posibles financiadores (EUROCLIMA 2016).

Las tecnologías analizadas en el presente estudio contienen beneficios a escala nacional como reducir las emisiones de GEI, y a escala local contribuye a que los productores hagan frente a los efectos adversos del cambio climático y a optimizar los ingresos y rendimiento en la producción ganadera.

Es importante resaltar que los sistemas silvopastoriles también deben ser visualizados como una opción de producción que diversifica sobre posibles fuentes de ingreso en las familias ganaderas. La inclusión de árboles en el paisaje ganadero posibilita la producción recursos maderables, frutales y semillas que pueden ser aprovechadas de manera sostenible por los productores y así contar con un segundo flujo de ingreso.

e. Estructura de Gobernanza

El diseño de una NAMA articulada a otras iniciativas público privadas, requiere el reconocimiento de este instrumento por parte de todos los actores involucrados. La acción inclusiva comprende el fomento

de alianzas entre los actores y a diferentes escalas. Para el caso de México y dada la diversidad de su territorio, se recomienda considerar un enfoque ascendente (bottom –up) donde a partir de las particularidades de un territorio se pueden planear medidas replicables que permitan formular y replantear políticas o lineamientos de carácter nacional, articulando en el mismo sentido los diferentes actores involucrados como los gremios sectoriales, sociedad civil, academia, ONGs, y Gobierno. Este tipo de enfoque parte de las lecciones compiladas por la plataforma regional EUROCLIMA (2016) en cuanto al desarrollo resiliente y bajo en emisiones en América Latina.

En el marco de una NAMA la estructura de gobernanza debe permitir suscribir acuerdos interinstitucionales que promuevan la sinergia entre los actores y que faciliten el flujo de información para el monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación.

f. Actores involucrados

Es importante hacer la identificación de actores y en la medida de lo posible evaluar responsabilidades, con competencias claras a través de los instrumentos jurídicos que lo faciliten. A continuación, se presenta un mapeo general de algunos de los actores de la región que se identificaron por medio de las visitas a los productores, consulta a expertos y por revisión de documentos de política y técnicos. Se recomienda a los formuladores de la NAMA considerarlos como estratégicos tanto para el diseño de la NAMA como para la implementación de las acciones de mitigación en campo.

Instancias normativas y administración de recursos

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaria del Campo (SECAM)
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)
- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN)
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
- Consejo Consultivo de Medio Ambiental para el Estado de Chiapas
- Procuraduría Agraria (definición de figuras jurídicas)

Fondos facilitadores de financiamiento

- Fondo Nacional de Garantías de los Sectores Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural (FONAGA)
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)
- Financiera Rural
- Fondo para Proyectos Productivos (FAPPA)
- Fondos Regionales Indígenas.

Ejecución, monitoreo y verificación de acciones de mitigación

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) específicamente la Reserva de la Biosfera de La Sepultura
- PRONATURA
- Asociación Civil de BIOMASA
- Asociaciones Ganaderas Locales (AGL)

Investigación y ONGs cooperantes

- El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)
- The Nature Conservancy (TNC)
- Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)
- Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Sinergias relevantes

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI)

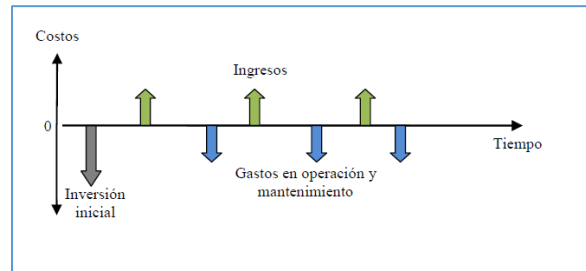
Es importante mencionar experiencias específicas observadas en campo como el caso de la organización de ganaderos del municipio de Tonalá, conformada por 95 grandes productores privados (no ejidales) que en conjunto han alcanzado logros importantes para mejorar la rentabilidad y comercio de sus productos; pero que mencionan no haber contado con apoyo ni asesoría técnica por parte de las autoridades regionales frente a la inclusión de sistemas silvopastoriles en su actividad económica. Este grupo manifiesta su interés de formar parte de los programas del Estado en los procesos de capacitación y posteriormente como posibles implementadores de las tecnologías, lo cual refleja la importancia de involucrar en los procesos tanto a pequeños como a medianos y grandes productores.

g. Evaluación económica

La estimación de costos de establecimiento y de mantenimiento es solo una parte de la evaluación económica que se debe realizar a cada posible medida de mitigación. Información adicional que se debe generar para consolidar una evaluación económica robusta hace referencia a la estimación de beneficios (ingresos económicos). Con este conjunto de datos se logra realizar un análisis costo-beneficio, insumo para el desarrollo de curvas de costos de abatimiento.

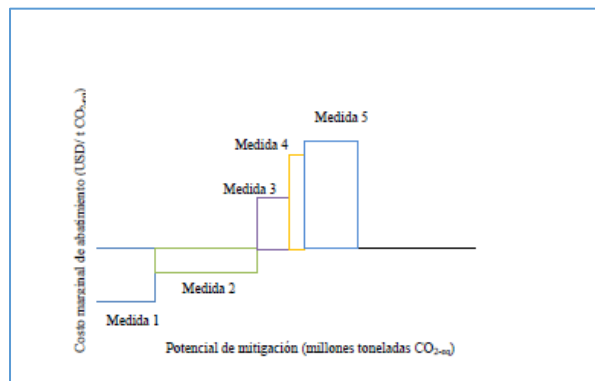
A manera de ejemplo se presenta lo que sería un esquema de flujo de las medidas de mitigación (Ilustración 6) según el potencial de mitigación de cada medida que se desea analizar (Ilustración 7).

Ilustración 6: esquema de flujo de las medidas de mitigación



Fuente: (UNIANDES 2014)

Ilustración 7: esquema de una curva de abatimiento



Fuente: (UNIANDES 2014)

Otros insumos que hacen posible realizar este tipo de evaluaciones económicas son los Inventarios de GEI, estadísticas sectoriales, proyecciones de crecimiento económico y demográfico. En el caso del estado de Chiapas, este conjunto de información se encuentra en un nivel estatal, lo que facilita y optimiza el resultado de la evaluación económica.

h. Sistema MRV

Es importante considerar que en un orden de proyecto existen similitudes y diferencias entre las NAMAs y los proyectos de desarrollo agropecuario. La identificación de opciones de desarrollo agropecuario, la preparación de la propuesta, búsqueda de financiamiento y la ejecución y seguimiento son las semejanzas entre ambas iniciativas. Sin embargo, existen diferencias como los requisitos internacionales para presentación de NAMAs, y un ejemplo de esto es el sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) que debe tener una NAMA para el seguimiento a las metas de mitigación previamente establecidas.

En este sentido, es importante homologar conceptos, métricas, metodologías e indicadores que faciliten la gestión y el monitoreo de las acciones implementadas. Adicionalmente, desarrollar sistemas de seguimiento que faciliten la obtención de datos periódicos y coherentes de las acciones de mitigación implementadas en campo.

El ideal es que este sistema de seguimiento se organice como una plataforma que permita medir, reportar y verificar las emisiones y reducciones de GEI en diferentes escalas y enfoques como: i) la reducción de

emisiones GEI atribuidas a cada acción de mitigación implementada, ii) reducción de emisiones por producto generado (leche y carne), iii) cambios en la rentabilidad y productividad del sector ganadero, iv) aumento en la cobertura general y disminución de áreas dedicadas a la ganadería, y v) aumento en la captura de carbono en los sistemas ganaderos, entre otros indicadores que sean de interés para el sector o para los financiadores.

Para lograr establecer el Sistema MRV se deben identificar las plataformas en línea que faciliten el flujo de información (datos base, resultados y procesos). Todo este sistema acarrea costos adicionales a los estimados por el establecimiento y mantenimiento de las acciones de mitigación; por lo tanto, es recomendable hacer una revisión de las plataformas existentes por medio de las cuales se pueda ejercer un seguimiento a las acciones de mitigación implementadas en campo. De requerir el diseño de una nueva plataforma es importante estimar la magnitud en la cual se incrementarían los costos de inversión. De Jong *et al.* (2004) estima que el costo promedio de establecer, mantener y monitorear por 3 años un sistema agroforestal con 650 a 800 árboles/ha es de aproximadamente US \$ 890. Teniendo en cuenta solo el costo del establecimiento, esta cantidad se reduciría a aproximadamente la mitad (US \$ 430).

i. Fortalecimiento de capacidades

Es pertinente fomentar el empoderamiento de los actores mediante una participación activa e inclusiva, definiendo así funciones y responsabilidades e integrando la perspectiva de los productores locales y los formuladores de proyectos y políticas sobre las actividades y acciones de mitigación.

Además de apoyar la capacitación técnica en temas como prácticas de conservación de forraje el proyecto BioPaSOS, debe contemplarse fortalecer procesos de capacitación en temas como la gestión de proyectos, educación financiera y la distribución de beneficios, como parte del conocimiento necesario que deben empezar a adquirir los productores de la zona para asegurar así la permanencia a lo largo del tiempo de las acciones implementadas. La CONANP es una de las entidades que más ha trabajado en el desarrollo de capacidades en la región y por las buenas experiencias generadas cuentan con el apoyo y la credibilidad por parte de los ejidos; por lo tanto, es un actor que se recomienda tomar en cuenta en los procesos de fortalecimiento de capacidades.

Específicamente en cuanto a tecnologías silvopastoriles, la inclusión de los árboles y de prácticas de manejo dentro de la actividad ganadera obliga a tener un manejo más estricto sobre los sistemas y a contar con mano de obra más calificada y capacitada para llevar a cabo las actividades de manera eficiente. Esto incluye capacitar a los productores tanto en aspectos productivos pecuarios como en el manejo adecuado de pastos y los árboles, asegurando así la permanencia en el tiempo de las prácticas y tecnologías establecidas en campo.

Finalmente, el diseño de una NAMA no solo debe incorporar los avances científicos y el desarrollo de las nuevas tecnologías; también el conocimiento local de los productores por considerarlo como un factor fundamental para alcanzar las metas tratadas y para desarrollar una ganadería económicamente rentable que integre el aprovechamiento racional y la conservación de los recursos naturales. En este sentido

existe una fuerte necesidad de implementar herramientas y métodos adecuados para incorporar en los proyectos la experiencia y el conocimiento local de los ganaderos.

j. Necesidades de financiamiento

Las condiciones de financiamiento son un factor determinante en la adopción de las prácticas y tecnologías, puesto que estas requieren algún nivel de inversión financiera inicial que generalmente tiende a ser más elevada que la inversión requerida en el desarrollo de la ganadería tradicional. Por lo tanto, las condiciones de un sistema financiero y las facilidades bancarias especialmente a pequeños y medianos productores son aspectos que se deben considerar en el marco del diseño de una NAMA para el sector. Para avanzar en este sentido, se debe plantear una estrategia que dé como resultado la generación de capacidades financieras en el productor de tal forma que puedan asumir los costos operativos de las acciones implementadas y afrontar posibles eventualidades que se presenten, como por ejemplo sequías extremas.

En la región, el Fondo Ambiental Estatal de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural de Chiapas es uno de los actores por medio del cual se podría gestionar la coordinación de acciones para identificar y sumar los fondos financieros. Se recomienda analizar los instrumentos económicos (impuestos, subsidios, créditos) que pueden actuar como posibles mecanismos movilizados de recursos financieros. Entre posibles fondos financieros que se lograron identificar por medio de las entrevistas en campo se encuentran: SAGARPA, SEMARNAT, SECAM, SEDATU, SEMAHN, FONAGA y Financiera Rural.

k. Inclusión de la cadena productiva

Se considera que una estrategia de mitigación para el sector ganadero debe considerar la identificación de canales más apropiados de comercialización de los productos derivados de esta actividad (leche, queso y carne), pues resulta importante que el consumidor también adquiera una responsabilidad en la cadena productiva y reconozca y se interese por adquirir productos de alta calidad y de menor impacto ambiental.

El relevo generacional es una de las barreras que en el futuro se irán acentuando. El poco interés de las nuevas generaciones en la actividad ganadera puede dificultar la adopción de las tecnologías; por lo tanto, es importante que una NAMA contemple acciones que reduzcan este riesgo, motivando a las familias por medio del conocimiento de toda la cadena productiva de la ganadería.

4. CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizó la relación costo-efectividad de tecnologías silvopastoriles con potencial de mitigación de Gases Efecto Invernadero (árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros). Se halló que dichas tecnologías son implementadas por los productores ganaderos de la zona, basados en la necesidad de asegurar alimento para el ganado en épocas de sequía y aumentar la producción y rentabilidad de su actividad económica. Estos beneficios directos percibidos por los productores facilitan el fomento y adopción de las tecnologías silvopastoriles en el marco de una estrategia de mitigación como la NAMA.

Es importante tener en cuenta que la implementación de estas tecnologías no son excluyentes, se pueden implementar de manera conjunta. Cada una de estas prácticas proveen diversos beneficios a diferentes magnitudes que pueden ser aprovechados por los productores para tener sistemas productivos más eficientes económica y ambientalmente.

El análisis Costo efectividad varía según los rubros que se deseen incluir en el estudio. Definir si se consideran solo costos de inversión o se incluyen a costos de monitoreo que pueden marcar una diferencia de gran importancia en las NAMAs. Adicionalmente, y dada la experiencia de los productores en la región, se considera que llegar a contemplar los cobeneficios de las tecnologías en este tipo de análisis económico podría hacer aumentar la relación costo efectividad, haciendo más atractivo para los actores realizar la inversión inicial.

ANEXOS

ANEXO 1. Entrevista semiestructurada

1. Miembros del núcleo familiar

Nombre	Edad	Sexo	Ocupación

2. ¿Cuál es la principal actividad o estrategia productiva del núcleo familiar?

Actividades	Porcentaje
Cultivos	
Producción pecuaria y sistemas mixtos (incluye patios)	
Actividades dentro del hogar	
Generación de ingresos fuera de la unidad productiva	
Actividades comunitarias/organizativas/sociales	
Aprovechamiento forestal	

3. Participación en capacitaciones Sí_____ No_____

Temas capacitación	Sí o No	Institución que impartió la capacitación
Producción ganadera (p.e. manejo del hato, manejo de pastos, trazabilidad, productos derivados, etc.)		
Sistemas silvopastoriles		
Conservación de suelo		
Conservación de agua		
Biodiversidad		
Adaptación (Cambio Climático)		
Mitigación (Cambio Climático)		
Servicios ecosistémicos		

4. ¿Sabe cuál es el costo de producción por unidad de producto? Sí_____ No _____

5. ¿Cuáles son las fortalezas y limitaciones más importantes que tiene para producir y comercializar sus productos?

Fortalezas	Limitaciones
------------	--------------

6. ¿Contrata mano de obra para trabajar en el rancho? Sí () o No ()

Si la respuesta es Sí, indicar a continuación

Tipo	Actividad realizada	No. jornales al año	Precio del jornal
Permanente			
Temporal			

7. ¿Qué buenas prácticas, para el uso racional de los recursos naturales, implementa en su rancho?

Prácticas	Sí/No
-----------	-------

8. Manejo de las cercas en los ranchos ganaderos

Tipo de cerca	% en una hectárea	Frecuencia de poda	Especies predominantes	Usos principales de las especies leñosas
Cerca con alambre de púas				
Cerca eléctrica con poste muerto				
Cerca eléctrica con poste vivo				
Cerca viva simple				
Cerca viva multiestrato				

9. ¿Cuál es el área total del rancho? _____ ha

10. ¿Nos puede describir cómo implementó y qué manejo le ha dado a la(s) práctica(s) o tecnología(s) silvopastoriles que ha implementado?

11. ¿Cómo conoció el uso de estas prácticas o tecnologías?

12. ¿Hace cuánto inicio la implementación de la práctica o tecnología?

13. ¿Qué lo motivó a implementarla? ¿Se ha cumplido la expectativa que tenía al implementar la práctica o tecnología?

Posibles razones de implementación	Marque con X
Leña	
Sombra	
Alimento para el ganado	
Otro ¿Cuál?	

14. Si indica uso de leña, describir qué especies utiliza

Criterios que toma en cuenta para elegir las especies para uso de leña	Orden de importancia que le otorga a cada criterio

15. ¿Ha recibido algún tipo de apoyo para la implementación y/o mantenimiento de la práctica o tecnología? ¿Nos puede indicar el tipo de apoyo y la fuente del mismo?

Posibles apoyos recibidos	Marque con X
Económico	
Capacitación técnica	
Insumos o materiales	
Otro ¿Cuál?	

16. En caso de haber recibido algún tipo de apoyo ¿considera que este es suficiente para lograr mantener en el tiempo la práctica o tecnología?

17. ¿Existen dificultades o restricciones para acceder al apoyo? ¿Cuáles?

18. ¿Qué beneficios cree que se han generado como resultado de la implementación de la práctica o tecnología?

Posibles beneficios	Marque con X
Sombra para los animales	
Suministro de alimento para los animales	
Recuperación del suelo	
Mayor producción y rentabilidad	
Reducción de costos	
Otros ¿Cuál?	

19. ¿Ha tenido dificultades para implementar y dar el mantenimiento necesario a la práctica o tecnología implementada? En caso afirmativo ¿las podría indicar? ¿cómo las ha solventado?

Posibles dificultades	Marque con X
Económicas (financiación)	
Tenencia de la tierra	
Escasez de insumos	
Ausencia de insumos	
Falta de asistencia técnica	
Dificultades climáticas o ambientales	
Largo periodo para ver resultados	
Otra ¿Cuál?	

20. ¿Aconsejaría la implementación de la práctica o tecnología a otros productores de la región?
¿Qué recomendaciones les haría?

21. ¿Cree que la práctica o tecnología ha contribuido a que su actividad productiva sea menos afectada por cambios en el clima o en la disponibilidad de recursos naturales?

22. ¿Estaría dispuesto o interesado en aumentar la diversidad de prácticas y tecnologías silvopastoriles en su rancho teniendo en cuenta que esto contribuye a disminuir el impacto del hombre sobre el cambio climático?

23. ¿Cuál es el sistema de producción del rancho?

Sistema	Marque todos los que aplican
Lechería especializada	
Doble propósito	
Carne	
Mixto (agricultura + ganadería)	

24. ¿Cómo es el sistema de explotación del rancho?

Sistema de explotación	Época seca	Época lluviosa
Pastoreo rotacional		
Pastoreo continuo		
Pastoreo rotacional + semi-estabulación		
Pastoreo continuo + semi-estabulación		
Estabulado		

25. ¿Cuáles razas o cruces maneja en el rancho?

Razas	
Suizo	
Brahaman	
Suizo-Cebú	
Holstein-Cebú	
Simmental	
Sardo negro	
Gyr	
Otra, ¿cuál?	

26. ¿El ganado lo maneja en un solo rancho? Sí _____ No _____

27. Describir por categoría el número de animales que tiene en el rancho e indicar las estrategias de suplementación utilizadas por época seca y lluviosa

Categoría animal y especies	Número de animales	Peso promedio o por categoría	Suplemento o alimento	Cantidad	Se produce en la finca	Época
				Kg/animal /día	1 = Sí 2 = No	1 = Seca 2 = Lluviosa 3 = Ambas
Vacas en producción						
Vacas secas o forras						
Novillas (1 a 2.5) años						
Novillos (1 a 2.5) años						
Becerras (0.1 a 0.9)						
Beceros (0.1 a 0.9)						
Semental						

28. ¿A los cuántos años desecha una vaca? (deja de ser productiva) _____

29. ¿De la cantidad de becerros que le nacen al año, cuántos de estos se le mueren? _____

30. ¿Cuál es la edad de destete de los becerros? _____ meses

31. ¿Cuál es la edad de inicio de pastoreo de los becerros? _____ meses

32. ¿Qué tiempo permanece en pastoreo el ganado en el potrero? _____

33. ¿Qué tiempo deja descansar su potrero, es decir sin ganado en pastoreo? _____
34. ¿Los animales pastorean únicamente dentro de su rancho o también en tierras comunales? Sí _____
No _____
35. Describir por potreros, la especie de gramínea (pasto), la disponibilidad de agua en época seca y lluviosa y la presencia de árboles.

Potrero (# o nombre)	Área (ha)	Pasto *	Fuente de agua**	Disponibilidad de agua***	Cantidad de árboles aproximada (ha)	Usos principales de las especies arbóreas
-------------------------	--------------	------------	---------------------	------------------------------	--	--

*Anotar el o los predominantes. **1 = río, 2 = quebrada, 3 = laguna, 4 = aguada o lago artificial, 5 = sistema de bebederos. ***permanente o temporal (solo durante época lluviosa).

36. ¿Qué especies son utilizadas en los bancos forrajeros (gramíneas y leguminosas)?

Especie	Área (ha)	Corte y acarreo o ramoneo	Época en que utiliza el banco forrajero
---------	-----------	------------------------------	--

37. Del siguiente listado, ¿qué prácticas tiene usted en su rancho?

Posibles prácticas de adaptación (A) y mitigación (M)	Marque todas las que aplican
Alquiler de pasturas en ranchos vecinos (A)	
Aprovechamiento de los frutos que producen los árboles y palmas (A-M)	
Arborización de pasturas y cultivos (M)	
Asocio de leguminosas con gramíneas (M)	
Bancos forrajeros de corte y acarreo (A-M)	
Bancos forrajeros para ramoneo (A-M)	
Cercas vivas (A-M)	
Cosecha de agua (A)	
Descarga de animales (Venta) (A)	
Ensilaje (A-M)	
Evitar deforestación (M)	
Pacas (A)	
Incorporación de residuos de cosecha o materia orgánica al suelo (A-M)	
Labranza cero (M)	
Manejo del agua (riego y drenaje) (A)	
Manejo integral del estiércol (M)	

Mejora de pasturas (A-M)	
Uso de fertilizantes orgánicos (M)	
Pastoreo en bosques (A)	
Pastoreo rotacional (M)	
Razas adaptadas a altas temperaturas y condiciones climáticas (M)	
Reforestación (M)	
Regeneración natural (M)	
Riego para cultivos y/o pastos (A)	
Rotación con cultivos de leguminosas (M)	
Supresión de quemas (M)	
Uso de abonos verdes (M)	
Uso de bloques nutricionales (A-M)	
Uso de biodigestores (M)	

38. ¿Lleva registros de las actividades en el rancho?

Registro	Marque todas las que aplican
Productivos	
Reproductivos	
Sanitarios	
Costos e ingresos	
Otro (Menciónelo)	

39. Del manejo de malezas en potreros: ¿qué método de control de maleza utiliza en el rancho?

Método de control	Marque todas las que aplican
Manual	
Mecánico	
Químico	
Ninguno	

40. ¿Qué método utiliza para el tratamiento de las excretas?

Método	Conoce la práctica	Emplea la práctica
Aplicación en fresco		
Biodigestor		
Compostaje		
Lombricompostaje		

Pilas para producción de abono orgánico		
Fabricación de biofertilizantes		
Lagunas de oxidación		
Ninguno		

41. ¿Utiliza fertilizantes y abonos en su rancho?

Fertilizante/abono	Fuente	Fórmula	Dosis (kg/ha/año)	Área fertilizada (ha)	Época de aplicación
Químicos					
Pasturas					
BF para corte y acarreo					
BF ramoneo					
Otros					
Abonos orgánicos					
Pasturas					
BF para corte y acarreo					
BF ramoneo					
Otros					

Datos de campo parcelas árboles dispersos y cercas vivas

# Árbol	Nombre común	DAP	Altura Total				Diámetro de Copa	
			Visualización ángulo	Dist. (20 m)	Ángulo ápice	Ángulo base	Diam1 (m)	Diam2 (m)

Datos de campo Banco forrajero

Especie del banco		
Área del banco (ha)		
Cantidad de tocones vivos en 25 m ²		
Edad del banco (años)		
Tocón	DAP	Altura de poda (cm)

Datos costos directos

Actividad	Mano de Obra					Insumos			
						Insumo			

	Nº de jornales informales*	Costo unitario de Mano de Obra Informal	Nº de jornales contratados	Costo unitario de mano de obra contratada	Costo total de mano de obra		Cantidad	Costo por unidad	Costo total
--	----------------------------	---	----------------------------	---	-----------------------------	--	----------	------------------	-------------

ANEXO 2. Talleres y entrevistas de identificación y priorización de prácticas de manejo y tecnologías silvopastoriles

Resultados

Se priorizaron 5 prácticas y tecnologías implementadas:

- Bancos forrajeros
- Cercas vivas
- Ensilado
- Bloques nutricionales
- Arboles dispersos

Con base en la información dada por los actores y a las preguntas orientadoras de la discusión, se identifica que las prácticas y/o tecnologías por priorizar deben considerar 4 aspectos fundamentales para los productores de la región.

Criterios por tener en cuenta para la priorización:

- **Condiciones topográficas y climáticas típicas de la región:** Que sean prácticas y tecnologías aptas para las condiciones topográficas y climáticas de la región, pues muchas de las prácticas promovidas anteriormente han presentado dificultades a la hora de ser establecidas dado el terreno con pendientes muy pronunciadas y por la poca disponibilidad de agua en algunas épocas del año.
- **Capacidad técnica:** Que se cuente con capacitación técnica sobre su establecimiento y mantenimiento
- **Costos:** Que los costos de los insumos necesarios para llevarlas a cabo no sean elevados y se salgan del alcance
- **Financiamiento:** Adicionalmente el financiamiento preferencial y las facilidades de acceder a estos apoyos hacen que los productores se motiven a probar otro tipo de producción ganadera diferente a la tradicional.
- **Co-beneficios:** Los co-beneficios asociados a la implementación de las prácticas también son criterios importantes para los actores presentes, como la recuperación de suelos y la sombra para el ganado.



Taller promotores y técnicos 9 noviembre de 2017 – UNACH
Villaflores, Chiapas



Taller promotores y técnicos. 13 noviembre de 2017 – Centro
Cooperativo Regional de la Reserva de la Biosfera de la
Sepultura de la CONANP, Chiapas



Ayudas de memoria talleres con promotores y técnicos de la región

Una vez desarrollados los dos talleres, se acordó con los promotores de cada comunidad (14 en total) hacer visitas a los ejidos y convocar a los productores que hacen parte del Grupo de Sistemas Silvopastoriles. En estas visitas se realizaron entrevistas cortas de caracterización con el fin de contar con información suficiente para hacer una tipificación.

Al finalizar el proceso se contó con un total de 114 entrevistas, y es este el total de productores que han establecido algún tipo de práctica de manejo o tecnología silvopastoril en las comunidades objeto de estudio.

Frecuencia de implementación

Práctica y tecnología	Número de productores
Cercas vivas	103
Bancos forrajeros	90
Árboles dispersos en potreros	106
Ensilaje	57
Bloques nutricionales	41

ANEXO 3: Principales especies arbóreas identificadas en árboles dispersos

<i>Quercus peduncularis</i>
<i>Pinus</i>
<i>Faramea occidentalis</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Coccoloba uvifera</i>
<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Ficus insípida</i>
<i>Inga</i>
<i>Cedrela odorata</i>
<i>Diphysa americana</i>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
<i>Platymiscium dimorphandrum..</i>
<i>Andira inermis</i>
<i>Gliricidia sepium</i>

ANEXO 4: Principales especies arbóreas identificadas en cercas vivas

<i>Gliricidia sepium</i>
<i>Quercus peduncularis</i>
<i>Faramea occidentalis</i>
<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Erythrina</i>
<i>Annona squamosa</i>

LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar, VH. (2007). Almacenamiento de carbono en sistemas de pasturas en monocultivo y silvopastoriles, en dos comunidades de la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapingo, México. , Universidad Autónoma de Chapingo.
- Alianza-MexicoREDD. (2016^a). Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE) Programa de Inversión para la región de la Frailesca – Chiapas.
- Alianza-MexicoREDD. (2016b). Plan de acción de ganadería sustentable de bajas emisiones en Chiapas 2016-2021. Chiapas, México.
- Anguiano, JM; Aguirre, J; Palma, JM. (2013). Carbon sequestration in aboveground biomass of an agrosilvopastoral system (Cocos nucifera), (Leucaena leucocephala Var. Cunningham) and (Pennisetum purpureum) Cuba grass CT-115. Agropecuaria, AeI (ed.) Disponible en <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/904>
- Blaxter, K; Clapperton, J. (1965). Prediction of the amount of methane produced by ruminants. (On line) British Journal of Nutrition, Consultado: oct. 2016. Volumen 19 , Número 1. Febrero 1965, p. 511-522. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/prediction-of-the-amount-of-methane-produced-by-ruminants/3EA1DFB58D1A6E6959E61525CFC7AFAC>.
- Brunett, L. (2016). Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Toluca, México Universidad Autónoma del Estado de México.
- Castellanos, LMCLM. (2013). Evaluación agronómica de Leucaena (Leucaena leucocephala Lam.) y Caulote (Guazuma ulmifolia Lam.) establecidos como bancos proteínicos en Villaflores, Chiapas. Tesis Ingeniero Agrónomo Villaflores, Chiapas Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Castro, J; Amador, M; Mario, C. (2007). Avances de investigación proyecto Emisión de Gases de Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica. Sistematizaciones Metodológicas.
- CATIE. (2010). Determinación del balance de Gases Efecto Invernadero en fincas ganaderas de la región Chorotega, como Elemento de referencia para mejorar la competitividad. (SP No: 14).
- CATIE. (2014). Proyectos Mecanismos inovadores para un programa de cooperación hacia la adaptación al cambio climático en la Sierra Madre y Costa de Chiapas - Opciones de alimentación y nutrición para la ganadería sostenible. .
- CATIE. (2016). Catálogo de Tecnologías Silvopastoriles, Buenas Prácticas de Manejo, e Infraestructura en Busca de una Ganadería Sostenible en Honduras. Honduras.
- CMNUCC. (2008). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 13^o período de sesiones, celebrado en Bali del 3 al 15 de diciembre de 2007 Disponible en <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2007/cop13/spa/06a01s.pdf>
- CONABIO. (2010). Regionalización - Áreas protegidas Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_086.html

- Congreso-General. (2012). Ley General de Cambio Climático. 6/6/12. Disponible en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_010616.pdf
- Chavarría, A. (2010). Incidencia de la legislación forestal en el recurso maderable de fincas agroforestales con énfasis en sistemas silvopastoriles de Copán, Honduras. Tesis Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, Costa Rica CATIE
- De Jong, BHJ; Tipper, R; Montoya-Gómez, G. (1999). An economic analysis of the potential for carbon sequestration by forests: evidence from southern Mexico Ecological Economics: Disponible en www.elsevier.com/locate/ecocon
- De Jong, BHJ; SUSANA OCHOA GAONA; SOTERO QUECHULPA MONTALVO; ELSA ESQUIVEL BAZÁN; HERNÁNDEZ, NP. (2004). Economics of Agroforestry Carbon Sequestration:
- ECOSUR. (2011). Buenas Prácticas para la Ganadería Sustentable en la Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE) Chiapas, México Colegio de la Frontera Sur
- EUROCLIMA, L-Ly. (2016). Desarrollo Resiliente y bajo en emisiones en América Latina: Integrando mitigación y adaptación. . San José de Costa Rica y Bruselas Bélgica (Serie de estudios temáticos EUROCLIMA N°9).
- FAO. (2008) FAO sala de prensa Roma, Italia Consultado 12/04/17. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- FAO. (2015). Herramienta de aprendizaje sobre medidas de mitigación apropiadas para cada país en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Avagyan, A; Kaisa Karttunen; Vit, CD; Rioux, J (eds.).
- Finanzas&Carbono. (2017). Acerca de las INDC. BID, P (ed.) Consultado 10/03/2017. Disponible en <http://finanzascarbono.org/financiamiento-climatico/canales-multilaterales-de-financiamiento/acerca-de-las-indc/>
- González, AMF. (2010). Ganadería y emisiones de metano (CH₄) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Chiapas, México, El Colegio de la Frontera Sur.
- Gutiérrez, VH; Lopera, GJ. (2001). Valoración Económica de la Fijación de Carbono en Plantaciones Tropicales de Pinus patula. Colombia, UNd (ed.). Bogotá, Colombia,
- Harvey, CA; Villanueva, C; Villacis, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gomez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, FL. (2003). Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central Agroforestería de las Américas V o l . 1 0 N ° 3 9 - 4 0:
- Hernández, I; Pérez, E; Sánchez, T. (2001). Las Cercas Vivas y los Setos Vivos como una alternativa agroforestal en los sistemas ganaderos.
- Hristov, AN; OH, J; Firkins, JL; Dijkstra, J; Kebreab, E; Waghorn, G; Makkar, HP; Adesogan, AT; Yang, W; Lee, C; Gerber, PJ; Henderson, B; Tricarico, JM. (2013). Special topics--Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science. 91(11):5045-5069.

- IICA. (2015). PROYECTO EUROCLIMA - Compendio de experiencias en la mitigación de Gas de Efecto Invernadero (GEI) para la agricultura y ganadería. San Jose, Costa Rica Disponible en <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/b3952e.pdf>
- Imbach, A. (1987). Análisis económico y financiero de fincas pequeñas con sistemas mixtos de producción. Metodología y estudio de caso en fincas de Jacoro, El Salvador. CATIE Turrialba, Costa Rica. ,
- INECC; SEMARNAT. (2012). Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- INECC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero - 2015 México
- INIFAP. (2017). Características y manejo agronómico de los pastos de corte REDGATRO.
- IPCC. (2006). Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Capítulo 10. En Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. . pp. 10.1–10.87 p. (Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra). Disponible en <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC. (2007). Climate Change. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I, II y III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- . UNEP., W (ed.) Geneve, Switzerland Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf.
- IPCC. (2013). Quinto Informe de Evaluación del IPCC - Resumen para responsables de políticas. . Suiza, Consultado 12/03/2017.
- Jiménez-Ferrer, G. (2013). Ganadería y Cambios Ambientales: El Reto de la Adaptación. ECOFRONTERAS (ed.)
- Johnson, DE; Johnson, KA; Ward, GM; Branine, ME. (2000). Ruminants and other animals. In: Atmospheric Methane: Its role in the global environment 112-133. Berlin, Alemania,
- Ku-Vera, JC; Valencia-Salazar, SS; Piñeiro-Vázquez, AT; Molina-Botero, IC; Arroyave-Jaramillo, J; Montoya-Flores, MD; Lazos-Balbuena, FJ; Canul-Solís, JR; Arceo-Castillo, JI; Ramírez-Cancino, L; Escobar-Restrepo, CS; Alayón-Gamboa, JA; Jiménez-Ferrer, G; Zavala-Escalante, LM; Castelán-Ortega, OA; Quintana-Owen, P; Ayala-Burgos, AJ; Aguilar-Pérez, CF; Solorio-Sánchez, FJ. (2018). Determination of methane yield in cattle fed tropical grasses as measured in open-circuit respiration chambers Agricultural and Forest Meteorology 258:3-7. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016819231830008X> doi <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.01.008>
- LEDS-LAC. Disponible en http://ledsgp.org/?loclang=en_gb
- MAPS. Disponible en <http://mapsprogramme.org/>
- Murgueitio R, E; Xóchitl Flores, M; Calle D, Z; Chará, J; Barahona Rosales, R; Hernando Molina D, C; Uribe T, F. (2015). PRODUCTIVIDAD EN SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS EN AMÉRICA LATINA. 59-101 p.
- NAMA-Partnership. NAMA Partnership Disponible en <http://www.namapartnership.org/>

- Naranjo, J; Cuartas, C; Murgueitio, E; Chará, J; Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia (en línea). *Livestock Research for Rural Development* 24(8). .
- Navarro, G. (2015). Valoración y Análisis de Inversiones Agro-Forestales con Enfoque de Cadenas de Valor (Diapositiva). CATIE. Turrialba, Costa Rica
- OCDE. (2016). Panorama de las Administraciones Públicas: América Latina y el Caribe 2017. París Disponible en <http://dx.doi.org/9789264266391-es>
- ONU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático Consultado 10/03/2017. Disponible en http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf
- ONU. (1998). Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Partnership-on-transparency. Disponible en <https://www.transparency-partnership.net/about-partnership>
- Pezo, D; Ibrahim, M. (1998^a). Sistemas silvopastoriles. CATIE (ed.)
- Pezo, D; Ibrahim, M. (1998^b). Sistemas Silvopastoriles. Modulo 2 de Enseñaza Agroforestal N° 2 Turrialba, Costa Rica 258p. p. No. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE
- Pezo, DA. (2018). Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático Series CATIE(91): Disponible en <http://hdl.handle.net/11554/8753>
- Piñeiro-Vázquez, AT; Canul-Solis, JR; Jiménez-Ferrer, G; Alayón-Gamboa, JA; Chay-Canul, AJ; Ayala-Burgos, AJ; Aguilar-Pérez, CF; Ku-Vera, JC. (2017). Effect of condensed tannins from *Leucaena leucocephala* on rumen fermentation, methane production and population of rumen protozoa in heifers fed low-quality forage. *Asian-Australasian journal of animal sciences*: Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-condensed-tannins-from-Leucaena-on-rumen-Pi%20C3%B1eiro-V%20A1zquez-Canul-Solis/10d6e64acd8d68680c6f9d32ec2efbe5a3c691cc?tab=citations> doi 10.5713/ajas.17.0192
- Ramírez-Marcial, N; Rueda-Pérez, ML; Ferguson, BG; Jiménez-Ferrer, G. (2012). Caracterización del sistema agrosilvopastoril en la Depresión Central de Chiapas Avances en Investigación Agropecuaria 16(2):7-22. Consultado 2018/6/7 Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83723532001>
- Ruiz, A; Ibrahim, M; Locatelli, B; Andrade, H; Beer, J. (2004). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica de fincas ganaderas en Matiguás, Nicaragua1 *Agroforestería de las Américas* N ° 4 1 - 4 2: Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A2407e/A2407e.pdf>
- SAGARPA. (2012). México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático.
- SEMARNAT. (2014^a). Plan Especial de Cambio Climático 2014 - 2018 (PECC). Disponible en http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/transparencia/programa_especial_de_cambio_climatico_2014-2018.pdf
- SEMARNAT. (2014^b). Registro Nacional de NAMA. Disponible en <https://www.thepmr.org/system/files/documents/sesion%203B%20-%20Mexico%20Registro%20NAMAs.pdf>

- SEMARNAT. (2016). Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de México Disponible en http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico_indc_espanolv2.pdf
- SEMAVHIN. (2012). Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas (PACCCH). Secretaría del Medio Ambiente, VeHN (ed.) Disponible en https://www.conservation.org/global/mexico/Documents/CI_Mexico_paccch_consulta.pdf
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M, de Haan, C. (2009). La Larga Sombra del Ganado. Problemas Ambientales y Opciones. Roma, Italia,
- Suárez, SJ; Ibrahim, M; Villanueva, C; Sepúlveda, C. (2011). Impacto de los ecosistemas silvopastoriles en la producción y rentabilidad de fincas ganaderas de doble propósito en el trópico subhúmedo de Nicaragua. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de las fincas con café y ganadería. Turrialba, CR, CATIE. 243 p.
- UNFCC. (2014). FOCUS: Mitigation - NAMAs, Nationally Appropriate Mitigation Actions Consultado 13/05/2017. Disponible en <http://unfccc.int/focus/mitigation/items/7172.php>
- UNFCC. (2015). mitigation and transparency exchange Disponible en <http://namanews.org/news/about-namas/>
- UNFCC. (2016). NAMAs Registro Consultado 16/08/2017. Disponible en <http://www4.unfccc.int/sites/nama/SitePages/Country.aspx?CountryId=37>
- UNFCC. (2017). Paris Agreement - Status of Ratification Consultado 05/06/2017. Disponible en http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php
- Vargas;; Cárdenas, E; Pabón, M; J., C. (2012). Emisiones de metano entérico en rumiantes en pastoreo (en línea). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Bogotá. . Consultado 16 oct 2016. P1-16 Disponible en http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/11_13_35_2649REVISIONProduccionVargas.pdf
- Villanueva-López, G; Martínez-Zurimendi, P; Casanova-Lugo, F; Ramírez-Avilés, L; Montañez-Escalante, PI. (2015). Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico (journal article). *Agroforestry Systems* 89(6):1083-1096. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9836-4> doi 10.1007/s10457-015-9836-4
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F. (2008). Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. CATIE (ed.). Turrialba, Costa Rica. (Serie técnica. Informe técnico No. 372).
- Zúñiga, N. (2016). Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano. Tesis Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales México Universidad Autónoma del Estado de México Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11799/59202>