CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Potencial de prácticas y sistemas silvopastoriles para las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMA) para el sector ganadero de Honduras

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado
Como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Economía, Desarrollo y Cambio Climático

Rafael Arcides Gómez Lozano

Turrialba, Costa Rica

2019

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 del 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

Mario Chacón, M.Sc.
Codirector de tesis

Diego Tobar, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

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

Rafael Arcides Gómez Lozano
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS primeramente, por permitirme cumplir esta meta que me propuse y abrir las puertas para llegar hasta aquí. A tres mujeres muy importantes en mi vida que sin su apoyo y motivación no hubiese sido posible terminar: Nancy Lozano, Nancy Gómez y Aida Torres. Simplemente gracias por ser ese motor para seguir adelante día con día. A mi padre Rafael Gómez por sus consejos de cómo afrontar los problemas sea cual sea la dificultad de ellos. A mi primera sobrina Aleah Kamill, quien llega como el mejor regalo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por todas las bendiciones que recibo día con día.

A mi familia por apoyarme en cumplir mis metas.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico DAAD por otorgarme la beca por medio de la cual pude iniciar mis estudios de posgrado.

A mis colegas y amigos Nelson Ulloa, Germán Alvarado, Héctor Rojas y Sergio Palacios, por el apoyo y motivación.

Al personal del Proyecto Paisajes Productivos en Yoro ejecutado por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+) por todo el apoyo incondicional para el levantamiento de datos en la fase de campo, Ing. George Bustillo y su equipo de trabajo.

A los productores de las diferentes fincas ganaderas que abrieron sus puertas y brindaron su colaboración y porque dedicaron el tiempo para atender las diferentes consultas.

Al profesor Mario Chacón León, por su constante apoyo, consejos, pláticas, correcciones, y sobre todo, por la paciencia mostrada en cada reunión programada.

A la profesora Claudia Sepúlveda, por formar parte de mi comité de apoyo por sus comentarios y correcciones que aportaron a la construcción del documento.

Al profesor Diego Tobar por sus muy puntuales comentarios, explicaciones y correcciones.

A Sergio Vílchez, por todo el apoyo brindado en el proceso estadístico de este trabajo.

A mi amigo Andrés Vega, Por su apoyo y paciencia para explicarme día con día mis diferentes dudas.

A mis amigos en CATIE, quienes más que amigos se convirtieron en familia: Betanzos, Edwin, Jennifer, Valentín, Yader, Luis (pana), Yuseff, Carolina, Luchinis (Luis), los “pana fieras”.

Y a mis demás compañeros, gracias por cada día en CATIE y construir nuevas experiencias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS VII
ÍNDICE DE FIGURAS IX
RESUMEN XI
ABSTRACT XII
1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Objetivos 2
1.1.1 General 2
1.1.2 Objetivos específicos 2
1.2 Preguntas de investigación 3
3 REVISIÓN DE LITERATURA 4
3.1 Generalidades del cambio climático 4
3.2 Impacto del cambio climático en Honduras 4
3.3 Contribución del sector ganadero a las emisiones de GEI 4
3.4 Importancia de la ganadería en Honduras 5
3.5 Mitigación al cambio climático 5
3.6 Agroforestería y silvopastoriles para una ganadería sostenible 6
3.7 Capacidad de almacenamiento de emisiones de CO2 de los sistemas silvopastoriles 7
4 MATERIALES Y MÉTODOS 8
4.1 Descripción del área de estudio 8
4.2 Priorización de prácticas o sistemas silvopastoril bajo el marco de este estudio 10
4.3 Descripción del proceso de priorización de buenas prácticas ganaderas en Honduras 11
4.4 Selección de fincas para el muestreo 12
4.5 Análisis del potencial de mitigación de las prácticas y SPP 13
Biomasa en árboles dispersos en potreros 13
Índice de valor de importancia (IVI) de los árboles en los potreros 14
Biomasa en cercas vivas en potreros 15
Biomasa en pasturas mejoradas y bancos forrajeros 15
4.6 Medición de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas 16
4.7 Análisis estadísticos 17
Análisis de la varianza (ANAVA) para las agrupaciones de fincas 17
Análisis de costos de establecimiento y mantenimiento de prácticas ganaderas y SSP 17
Análisis de costo-efectividad de prácticas y sistemas silvopastoriles 18
4.8 Recomendar la incorporación de prácticas y sistemas silvopastoriles según los análisis de costo/efectividad en cuanto a reducciones de emisiones de gases por efecto invernadero 19
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 20
5.1 Caracterización de las fincas ganaderas de doble propósito en la zona de estudio 20
5.2 Potencial de mitigación de fincas ganaderas 21
Prácticas y sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas 21

Especies de árboles dispersos en potreros y cercas vivas en fincas ganaderas 21
Cercas vivas.....24
Especies de pasturas mejoradas y bancos forrajeros dentro de las fincas ganaderas censadas en el municipio de Yoro, Yoro, Honduras.....25
Figura 7. Especies de pasturas mejoradas y bancos forrajeros encontrados en (n=15) fincas ganaderas del municipio de Yoro, Yoro, Honduras 26
Caracterización de los árboles presentes en cercas vivas en fincas ganaderas, Yoro, Honduras 26
Potencial existente de almacenamiento de carbono en fincas ganaderas 29
Carbono capturado en área de pasturas 29
Carbono almacenado en bancos forrajeros en fincas ganaderas ubicadas en Yoro, Yoro 30
Almacenamiento total de carbono por agrupación de fincas ganaderas en Yoro, Yoro 30
5.3 Emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Yoro, Yoro 31
Emisiones de metano por categoría animal 31
Emisiones de combustibles fósiles provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro 32
Emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro 33
Emisiones de GEI por grupo de fincas ganaderas 33
Costo de implementación de prácticas y sistemas silvopastoriles internalizados por los productores en el municipio de Yoro, Yoro, Honduras 34
Costo de mantenimiento de prácticas y sistemas silvopastoriles implementados en grupos de fincas ganaderas 35
Costo - efectividad de prácticas y sistemas silvopastoriles 35
6 CONCLUSIONES.....37
7 RECOMENDACIONES 38
8 LITERATURA CITADA 39
9 ANEXOS 47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Almacenamiento y tasas de secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles..7
Cuadro 2. Prácticas y sistemas sislvopastoriles elegidas por técnicos y productores de los departamentos de Olancho, Choluteca y Yoro 10
Cuadro 3. Prácticas y sistemas silvopastoriles para la incorporación a la NAMA ganadera de Honduras. 11
Cuadro 4. Información de variables obtenidas en la entrevista con productores 12
Cuadro 5. Grupos de fincas de acuerdo con la presencia de prácticas y sistemas silvopastoriles 12
Cuadro 6. Ecuación alométrica utilizada en este estudio (Chave *et al*.,,. 2005).....13
Cuadro 7. Tipología de cercas vivas en fincas.....15
Cuadro 8. Variables consideradas por la herramienta para realizar las mediciones.....17
Cuadro 9. Costos/Variables de las prácticas y sistemas silvopastoriles (Cuadro 4).....18
Cuadro 10. Ejemplo de metodología para analizar costo/efectividad 19
Cuadro 11. Distribución de usos del suelo (hectáreas) en 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro 20
Cuadro 12. Caracterización de fincas ganaderas (n=20) por grupo y zona de estudio.....20
Cuadro 13. Características de los árboles dispersos en potreros en 15 fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras.....22
Cuadro 14. Características de especies arbóreas con mayor abundancia en cercas vivas de 20 fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras 22
Cuadro 15. Valores del Índice de Importancia (IVI) de las especies arbóreas, según los grupos de fincas en Yoro, Yoro, Honduras. Únicamente se registraron árboles en los grupos G3 (PM+CV+AD) y G4 (PM+CV+AD+BF). 23
Cuadro 16. Estructura de árboles dispersos en potreros por grupo de fincas, Yoro, Yoro, Honduras 24
Cuadro 17. Valores del Índice de Importancia (IVI) de las especies arbóreas, en cercas vivas de fincas ganaderas en Yoro, Yoro, Honduras. Especificar aquí los grupos de finca. 25
Cuadro 18. Caracterización de las variables dasométricas de los árboles en cercas vivas en fincas ganaderas, Yoro, Yoro, Honduras. 26
Cuadro 19. Carbono almacenado y tasas de secuestro por tipo y densidad de cerca viva en fincas ganaderas 28
Cuadro 20. Potencial de aumentar carbono en cercas vivas por agrupación de fincas.....29
Cuadro 21. Carbono almacenado en pasturas según grupos de fincas en Yoro, Yoro, Honduras. Prueba estadística LSD Fisher.....29
Cuadro 22. Carbono almacenado en bancos forrajeros en 5 fincas ganaderas en Yoro, Yoro 30
Cuadro 23. Carbono almacenado en grupos de finca 30
Cuadro 24. Estratificación del hato bovino (número de cabezas) por grupo de fincas doble propósito en Yoro, Yoro. 31
Cuadro 25. Emisiones de gases de efecto invernadero según distintos grupos de fincas con distintas prácticas silvopastoriles (Diferencias según prueba de LSD Fisher) 34

Cuadro 26. Emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la producción de leche para los distintos grupos de fincas (Diferencia según prueba de LSD Fisher) 34
Cuadro 27. Relación Costo-Efectividad de prácticas y/o sistemas silvopastoriles 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero por el sector ganadero en Centro América. Fuente: FONTAGRO, 2018 6
Figura 2. Ubicación del área de estudio y área de incidencia del proyecto Paisajes Productivos. 8
Figura 3. Zonas de vida de Honduras. Fuente: Holdridge1, 1997 9
Figura 4. Esquema metodológico referente al levantamiento, análisis y resultado de datos en 42 fincas ganaderas en los municipios de Morazán y Yoro. 13
Figura 5. Componentes que conforman la herramienta CATIE/FONTAGRO 16
Figura 6. Prácticas identificadas e implementadas en (n=20) fincas ganaderas del municipio de Yoro, Yoro, Honduras. Nota: PM: Pasturas Mejoradas, C.V: Cercas Vivas, A.D: Árboles Dispersos en potreros, BF: Bancos Forrajeros. 21
Figura 7. Especies de pasturas mejoradas y bancos forrajeros encontrados en (n=15) fincas ganaderas del municipio de Yoro, Yoro, Honduras 26
Figura 8. Emisiones de GEI en fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras 31
Figura 9. Porcentaje de t CO2e/año de Emisiones de combustibles fósiles provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro 33
Figura 10. Emisiones de GEI provenientes de óxido nitroso en 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro 33
Figura 11. Costos de implementación de prácticas y sistemas silvopastoriles. PM: Pasturas Mejoradas, C.V: Cercas Vivas, AD, Árboles Dispersos en potreros, BF: Bancos Forrajeros. 35
Figura 12. Costos de mantenimiento de prácticas y sistemas silvopastoriles 35

LISTA DE ACRÓNIMOS

GEI: Gases de Efecto Invernadero

CO_2: Dióxido de Carbono

C: Carbono

CH_4: Metano

CO_{2e}: Emisiones de carbono equivalente

N_2O: Óxido Nitroso

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático

NAMA: Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación, por sus siglas en inglés

FE: Fermentación Entérica

UA: Unidades Animales

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

PIB: Producto Interno Bruto

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

SAG: Secretaría de Agricultura y Ganadería

Mi Ambiente+: Secretaria de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial de prácticas y sistemas silvopastoriles para las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMA) para el sector ganadero de Honduras. Las prácticas y sistemas silvopastoriles (SPP) evaluadas fueron pasturas mejoradas, cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros.

Para esto se realizaron entrevistas con productores y recolección de datos en campo, para estimar el carbono almacenado, las emisiones de gases de efecto invernadero por estas prácticas, y conocer la relación costo-efectividad de las prácticas y sistemas silvopastoriles incorporadas en fincas ganaderas usando como muestra 20 fincas ganaderas de doble propósito agrupándolas según la presencia de prácticas y/sistemas silvopastoriles dentro de las fincas. Se realizaron comparaciones entre las agrupaciones de fincas con la prueba estadística LSD Fisher a través del análisis de la varianza (ANAVA), para conocer si existían diferencias significativas en las prácticas y/o sistemas silvopastoriles referentes a captura de carbono y emisiones en las fincas ganaderas.

Se encontró rango de almacenamiento de carbono en cercas vivas con edad de 3 años entre 1.0 - 6.8 t/km, en árboles dispersos en potreros 0.32 - 2.7 t/ha de carbono almacenado. En pasturas mejoradas se documentaron valores de biomasa almacenada de 9.50 – 11.70 t/ha y en los bancos forrajeros de gramíneas de 7.8 – 10.3 t/ha. Resultados de las fincas en estudio en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero determinaron que la fermentación entérica ocupó el porcentaje más alto como fuente de emisión seguidos del estiércol y la fertilización, pues el promedio de emisiones en estas fincas fluctúa entre 3.59 y 7.25 t CO_2e/ha/año, y para la producción de 1 kg de leche las emisiones producidas están entre 1.48 y 4.15 t CO_2e.

En promedio, el costo de implementación para bancos forrajeros US$ 549.64, para las pasturas mejoras de 442.71. US$/ha y para las cercas vivas de 102 US$/ha. El análisis de costo-efectividad refleja que las cercas vivas es la actividad con la cual los costos por almacenar 1 tonelada de carbono es más económico ya que su cuantía en este estudio fue de US$ 15.00 t/año, seguido de las pasturas mejoradas US$ 51.13 t/año. Los bancos forrajeros de gramíneas mostraron valores de US$ 67.05 t/año. Se logró aportar recomendaciones técnicas para la adopción de estas prácticas y/o sistemas silvopastoriles como apoyo a la NAMA de ganadería sostenible de Honduras, que su objetivo principal es frenar el impacto de la ganadería al cambio climático a través de los gases de efecto invernadero.

Palabras claves: Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero, sistemas silvopastoriles, carbono.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the potential of silvopastoral practices and systems for appropriate national mitigation actions (NAMA) for the Honduran livestock sector. The silvopasture practices and systems (SPP) evaluated were improved pastures, live fences, scattered trees in paddocks and forage banks.

Interviews were held with producers and data collection in the field at the farm level in order to estimate the carbon sequestered, the greenhouse gas (GHG) emissions of these practices, and to determine the cost-effectiveness of SPP incorporated in cattle farms, based on a sample of 20 cattle farms of double purpose (milk and meat production) grouped according to the presence of SPP. Comparisons were made between the groupings of farms, with the statistical test LSD Fisher through the analysis of the variance (ANAVA), to determine if there was a significant difference in the different SSP with regards to carbon capture and emissions among the cattle farms in consideration.

Carbon storage range was found in live fences with age of 3 years between 1.0 - 6.8 t / km, in scattered trees in paddocks 0.32 - 2.7 t / ha of stored carbon, in improved pastures stored biomass values of 9.50 - 11.70 t / ha and in grass fodder banks of 7.8 - 10.3 t / ha.

The results suggest that, in terms of GHG emissions, that enteric fermentation represents the highest percentage as source of emissions, followed by manure and fertilization. The average emissions in these farms fluctuates between 3.59 and 7.25 t CO_2e / ha / year and to produce 1 kg of milk the emissions produced are between 1.48 and 4.15 t CO_2e.

On average, the implementation cost for feed banks is US $ 549.64, for Pastures improvements of 442.71. US $ / ha and for live fences of US $ 102 / ha. The cost-effectiveness analysis shows that live fences represents the practice for which the costs for storing 1 ton of carbon is most economical; in this study US $ 15.00 t / year, followed by improved pastures at US $ 51.13 t / year, the forage grass banks at of US $ 67.05 t / year. This study provides technical recommendations for the adoption of these silvopasture systems and practices to support the sustainable livestock NAMA of Honduras, whose main objective is to curb the impact of livestock on climate change through GHG emissions.

Keywords: Climate Change, Greenhouse Gases, silvopasture systems, carbon.

1 INTRODUCCIÓN

Según la comunidad internacional científica, existe evidencia la cual demuestra que el cambio climático se debe a causas humanas. Los responsables del aumento de la temperatura en el planeta y la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), en metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O), donde el CO_2, el gas más importante en la generación de GEI con un 76% de participación, seguido del metano con un 16% (generado en la actividad agrícola, uso de energía, manejo de residuos), el óxido de nitrógeno con un 6% (uso de fertilizantes y quema de biomasa) (IPCC, 2014).

Se estima que las actividades humanas son las causantes de aproximadamente 1 ºC del calentamiento global y que la tierra podría calentarse a más de 1.5 ºC entre el 2030 y el 2050 (IPCC 2018). Desde mediados del siglo XX, especialmente a partir de la década de 1970, se observó un derretimiento acelerado de los glaciares, especialmente los intertropicales que perdieron entre el 20 y el 50% de su masa de hielo (IPCC, 2012; IPCC, 2013).

En un nivel global, la ganadería tradicional es responsable de las mayores emisiones de (GEI). El ganado contribuye con las emisiones de GEI de manera directa mediante la fermentación entérica y/o el estiércol e indirectamente por las actividades del manejo del sistema de producción y por la conversión de bosques en pasturas (FAO, 2013). En el 2011, el 25 % de los GEI globales relacionados con la agricultura y ganadería fueron producidos en América Latina y el Caribe (Smith, P. *et al.*, 2014).

En Centroamérica se registró un progresivo retraso en la época de lluvias, un aumento en la variabilidad espaciotemporal de las precipitaciones y un aumento de las lluvias intensas al comienzo de la estación (FAO, 2008). Países como Honduras y Nicaragua son considerados los más vulnerables por los efectos relacionados con el cambio climático, según el Índice de Riesgo Climatico Global de Germanwatch (Solórzano *et al.*, 2016).

Honduras ocupa los primeros lugares de los países en Latinoamérica más afectados por fenómenos referentes por el cambio climático debido a tormentas, inundaciones y olas de calor, según reporta el índice de riesgo climático 1991 – 2010 (Harmeling, 2011). Por ejemplo, Honduras ha sido uno de los países más afectados, principalmente por los daños causados por el huracán Mitch en 1998, el cual dejó pérdidas arriba de 5,000 millones de dólares. (Toruño *et al.*, 2014). Estos fenómenos han afectado en diferentes sectores de suma importancia para la economía del país, principalmente a la agricultura y ganadería viéndose golpeadas las familias ubicadas en las zonas rurales donde la principal fuente de sobrevivencia es la siembra y la venta o procesamiento de leche (CEPAL, 2010).

Datos del Banco Central de Honduras indican que la importancia del sector agrícola ha disminuido en la economía nacional del 20% del PIB en 1990 al 12% en los últimos cinco años. El sector ganadero en Honduras ocupa 1,532,907 ha en pasturas, el 92% de los propietarios de ganado y pasturas posee menos que 50 ha. Una cantidad considerable de la producción pecuaria ocurre en fincas pequeñas, y se estima que existen aproximadamente 100,000 fincas ganaderas (SAG, 2010).

Frenar el calentamiento global a 1,5 °C en comparación con los 2 °C podría ir de la mano para asegurar una sociedad más sostenible y equitativa según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Para frenar el aumento del calentamiento global se requiere de cambios rápidos, la incorporación de políticas, estrategias, acciones y

planificaciones en el nivel del país que aporten claros beneficios para las personas y los ecosistemas naturales (IPCC, 2018).

Honduras como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), debe apoyar la implementación del Acuerdo de París, accediendo a las oportunidades de desarrollo para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación y adaptación adquiridos en su Primera Contribución Nacional Determinada (INDC). El sector agroalimentario constituye uno de los sectores de mayor importancia económica y a la vez uno de los más vulnerables ante el cambio climático (Castro, 2017).

Con el fin de cumplir los compromisos de mitigación y adaptación en distintos sectores, Honduras se ve en la necesidad de impulsar un cambio en los sistemas de producción resilientes a los efectos de cambio climático (Canu *et al.*, 2018).

Las acciones de mitigación apropiadas de carácter nacional (NAMAs) representan una valiosa oportunidad para desarrollar países que abordan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); mientras permanecen fieles a su desarrollo sostenible, prioridades y necesidades. (Lütken *et al.*, 2013). La implementación de la NAMA en el sector ganadero une los sectores públicos y privados, creando lazos financieros para impulsar en los productores la adopción de prácticas y sistemas silvopastoriles, logrando así una mejor adaptación a los cambios ocurridos en el clima. Actualmente la NAMA se encuentra en la fase de pilotaje y ejecución ubicándose en 3 zonas del país: Olancho, Yoro y Choluteca.

Este estudio pretendió conocer el costo-efectividad en cuanto a reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero debido a la adopción de las prácticas y sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas en los municipios Yoro y Morazán, ubicados en el departamento de Yoro, además, de brindar recomendaciones técnicas para que sean consideradas durante la implementación de la NAMA de ganadería en Honduras u otros proyectos relevantes.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Evaluar el potencial de las prácticas y/o sistemas silvopastoriles en cuanto a reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero y conocer su costo de implementación como insumos para la NAMA de ganadería sostenible de Honduras.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la efectividad de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las prácticas y/o sistemas silvopastoriles priorizados por los productores y técnicos en los municipios de Yoro y Morazán, ubicados en el departamento de Yoro.
- Actualizar el costo de inversión y mantenimiento de las prácticas y/o sistemas silvopastoriles priorizadas por los productores y técnicos.
- Recomendar criterios técnicos para la incorporación de prácticas y/o sistemas silvopastoriles como insumos para la NAMA de ganadería sostenible de Honduras.

1.2 Preguntas de investigación

Objetivos específicos	Preguntas de investigación
1. Determinar la efectividad de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las prácticas y/o sistemas silvopastoriles priorizadas por los productores y técnicos los departamentos de Olancho, Yoro y Choluteca.	¿La reducción de emisiones de GEI es diferente entre agrupaciones de prácticas y/o sistemas silvopastoriles priorizadas por los productores y técnicos de la zona en estudio?
2.Actualizar el costo de inversión y mantenimiento de las prácticas y/o sistemas silvopastoriles priorizadas por los productores y técnicos.	¿Cuáles son los costos monetarios de implementación y mantenimiento de cada práctica y sistema silvopastoril priorizado? ¿Qué costos son internalizados por los productores dentro de la actividad ganadera, mano de obra, materiales e insumos que no requieren una erogación de dinero?
3.Recomendar la incorporación de prácticas y sistemas silvopastoriles según los análisis de costo/efectividad en cuanto a reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero.	¿Con qué prácticas y sistemas silvopastoriles se obtiene mayor efectividad en reducir GEI en fincas ganaderas? ¿Cuáles son las prácticas y/o sistemas silvopastoriles con menor costo de implementación y que favorecen en reducir los GEI emitidos en las fincas ganaderas?

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cambio climático

El IPCC en su informe del 2018 señala la urgencia de lograr transiciones más "rápidas y de gran alcance" en la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades, para alcanzar la meta de "Cero emisiones" en el 2050. Para ello surge la creación de políticas y formación de los profesionales para adoptar decisiones dirigidas a afrontar el cambio climático teniendo en cuenta el contexto local y las necesidades de las personas (IPCC, 2018).

El cambio climático se ha convertido para los pequeños agricultores en la principal amenaza en lo que respecta a sus cultivos. En el nivel mundial se estima que 475 millones de pequeños agricultores cultivan menos de 2 hectáreas de tierra y experimentan inseguridad alimentaria ya que viven en condiciones precarias. (FAO, 2017). Los agricultores de menor escala son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático porque la mayoría depende de la agricultura de secano, y no tienen apoyo técnico o financiero con el que puedan incursionar en una agricultura más resistente al clima. (Harvey *et al.*, 2018).

2.2 Impacto del cambio climático en Honduras

La región de América Central, específicamente los países de Honduras, Nicaragua y Guatemala se encuentran entre los diez primeros en el índice de riesgo climático presentando los efectos del cambio climático como resultado del calentamiento histórico y el aumento de las tendencias de la intensidad de las precipitaciones. La vulnerabilidad a los extremos climáticos en la región es alta debido a la fuerte dependencia de la economía en la agricultura. Los pequeños agricultores son un grupo vulnerable en caso de cambios extremos de las condiciones climáticas (Imbach *et al.*, 2018).

Honduras está ubicado en el istmo centroamericano, rodeado por las costas del Océano Pacífico en la zona sur del país y el Mar Caribe en la cuenca del Atlántico. Esta nación es frecuentemente afectada por sequías, tormentas y fenómenos naturales. Los impactos del cambio climático se ven cada vez más evidenciados por medio de las condiciones de vida de la población e incidirá cada vez más en sus aspectos económicos, pues los factores dependientes del clima son decisivos para actividades productivas importantes del país como la agricultura, ganadería y la generación hidroeléctrica (CEPAL, 2017).

Honduras en 1998 sufrió uno de los eventos climáticos más fuertes en la historia del país, pues el huracán Mitch que destruyó un estimado del 70% de los cultivos e infraestructura del país, causó un estimado de 10,000 muertes y US$ 3 mil millones en daños. Tal hecho evidenció significativamente un retraso en el proceso de desarrollo de Honduras. La agricultura emplea a casi el 40 % de la mano de obra en Honduras y los principales cultivos son maíz, frijoles, arroz y sorgo, considerados la base alimentaria del país. Son cultivos que dependen de condiciones climáticas estables que favorezcan la producción (USAID, 2017).

2.3 Contribución del sector ganadero a las emisiones de GEI

El grueso de las emisiones de GEI de la actividad ganadera proceden principalmente de cuatro categorías de procesos: fermentación entérica, manejo del estiércol, producción

de forrajes y consumo de energía eléctrica (Gerber *et al.,* 2013). Así mismo son responsables de un rango de emisiones indirectas provenientes del cambio en el uso de la tierra para aumentar las áreas de pastoreo al ganado, el uso de fertilizantes en pasturas y tierras de cultivo para producir alimento para el ganado, más las emisiones de energía y transporte relacionadas con las operaciones ganaderas y las cadenas de suministro (Reisinger y Clark, 2018).

La agricultura contribuye directamente entre el 10% y el 12% de las emisiones globales actuales de gases de efecto invernadero antropogénicos, principalmente de la producción ganadera (Opio *et al.,* 2013; Smith *et al.,* 2014). Dicho sector representa una fuente significativa de emisiones GEI, al generar dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) a lo largo del proceso productivo, contribuyendo con las emisiones de GEI de manera directa (mediante de la fermentación entérica y/o el estiércol) e indirectamente (por las actividades del manejo del sistema de producción y por la conversión de bosques en pasturas) (FAO, 2013).

2.4 Importancia de la ganadería en Honduras

En Honduras, el sector agropecuario representa el 14% del Producto Interno. En los últimos 7 años el hato ganadero se ha incrementado reportando para el año 2008, 96.622 explotaciones bovinas y 2.544.888 cabezas de ganado (INE, 2008). El sector ganadero en el país representa aproximadamente 400 mil empleos directos, principalmente en la zonas rurales de Honduras (Sánchez, 2014).

Honduras consta de una cobertura territorial de 112,492 km2, y el sector agrícola es el más importante de la economía hondureña; impulsando así el Producto Interno Bruto (PIB), por medio de generación de empleo y de divisas por concepto de exportaciones y seguridad alimentaria. Dentro del sector agrícola se cuenta con un aproximado de 3.3 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura y ganadería. En este 3.3 millones el 53.8% (1.7 millones ha) es dedicado a la ganadería y 28.9% (942,3 miles de ha) a la agricultura con cultivos anuales y permanentes. El 14.9% (486,0 mil ha) se encuentran en descanso y otros usos, y el 2.5% (80,0 mil ha) se dedican a usos no agropecuarios (FENAGH, 2013).

2.5 Mitigación al cambio climático

"La mitigación es una intervención humana para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de los gases de efecto invernadero" (IPCC, 2018). Por ejemplo, para reducir las emisiones de gases por la producción ganadera, se han ejecutado iniciativas que llevan a la reducción de la deforestación y del uso del fuego como práctica de manejo, mejoramiento de la dieta de los animales, empleo de fuentes naturales de nutrientes (fijación de nitrógeno atmosférico y reciclaje de nutrientes) y estímulo a procesos biológicos en sustitución de los agroquímicos (Chará *et al.,* 2011).

Honduras, para apuntarse a la mitigación de los efectos del cambio climático, especialmente relacionadas con los subsectores agrícola y ganadero, está implementando prácticas que van encaminadas a mejorar la productividad, tanto de los cultivos como de la producción, y lo que se busca es incidir de la mejor manera en la disminución de las emisiones de CO_2 y CH_4 para hacer frente a la prevención y control de la degradación de la tierra (SERNA, 2010).

La Figura 1 detalla las distribuciones de GEI en el sector ganadero correspondiente a Centro América. La fermentación entérica presentó el 75% de las emisiones totales, seguidamente el manejo de estiércol 10%, el uso de fertilizantes 8% y con valores menores los combustibles fósiles 5% y el uso de energía eléctrica 2% (INTA, 2018).

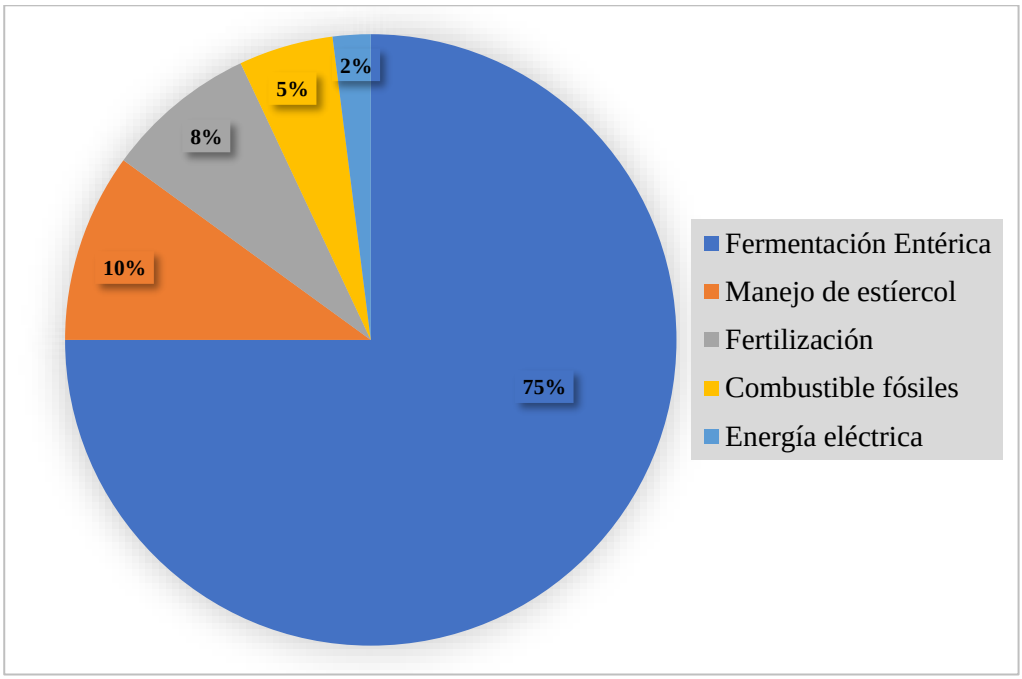

Figura 1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por el sector ganadero en Centro América. ***Fuente:*** *FONTAGRO, 2018*

2.6 Agroforestería y silvopastoriles para una ganadería sostenible

El agotamiento de los recursos naturales en combinación con los niveles bajos de productividad en los sistemas ganaderos tropicales provocados por el cambio climático obliga a los productores a la implementación de sistemas sostenibles que incluyen prácticas agroforestales y sistemas silvopastoriles (Acosta, 2012; Calle *et al.*, 2012).

Los sistemas silvopastoriles es la interacción entre plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), con herbáceas o volubles (pastos, leguminosas herbáceas) que juntas brindan una alimentación balanceada para animales domésticos, principalmente bovinos, ovinos y caprinos (Montagnini, 2011).

La inclusión de sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas constituye una opción en los sistemas de cría de rumiantes mejorando la productividad del hato ganadero. Estos se transforman en mejores resultados en los productos (leche, carne, madera, postes y leña). Además, abren las puertas a nuevos ingresos para la economía del productor por medio de la generación de servicios ambientales como secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, protección de cuencas hidrográficas y belleza escénica (Ibrahim *et al.*, 2013).

Una iniciativa es LivestockPlus, que fue formulada para demostrar cómo los forrajes mejorados y utilizados adecuadamente, podrían conducir a la intensificación de los sistemas mixtos de cultivo, forraje y ganadería en los trópicos, reconociendo al mismo tiempo las múltiples dimensiones sociales, económicas y ambientales (Rao *et al.*, 2014).

2.7 Capacidad de almacenamiento de emisiones de CO^2 de los sistemas silvopastoriles

Una estrategia de adaptación y mitigación en fincas ganaderas es la incorporación de plantas perennes, aumentando la fijación de carbono por encima y por debajo del suelo, disminuyendo la degradación y lixiviación de estos, a su vez obteniendo diferentes sistemas de producción y bajando los gastos externos de la finca ganadera (Canu *et al.*, 2018).

Los resultados de estudios realizados en países de Centro América (Cuadro 1), donde muestra la capacidad de almacenamiento de carbono de diferentes sistemas silvopastoriles, el caso cercas vivas, y pasturas en combinación con árboles.

Cuadro 1. Almacenamiento y tasas de secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles

SSP	País	Cantidad	Unidad	Fuente
Cercas vivas multiestrato	Costa Rica	1.2 ± 0.6	t/Km/año	Nájera, 2011
Cercas vivas simples		1.1 ± 0.4		Castillo y Mauricio, 2013
Árboles dispersos		0.4 ± 0.1	t/ha/año	Castillo y Mauricio, 2013
Pasturas con baja densidad de árboles		3.5 ± 0.1		
Árboles en callejones	Guatemala	3.8 ± 4.5	t/ha	Moscoso *et al.*, 2018
Cercas vivas		4.0±4.1		
Árboles dispersos en potreros		1.2±1.8		
Árboles dispersos en potreros	Nicaragua	1.5±5.3	Mg/ha	Chacón y Harvey, 2013
Cercas vivas	México	1.9	t CO2 eq/ha/año	Gutiérrez, 2018
Árboles dispersos		1.4		
Bancos Forrajeros		2.9		

La Acción Nacional Apropiada de Mitigación (NAMA), en el sector ganadero, fue creada por la CMNUCC para apoyar los compromisos adquiridos de mitigación y adaptación al cambio climático por los países en el acuerdo de París CMNUCC, 2017).

El sector ganadero presenta un gran potencial de reducción de emisiones e incremento de sumideros de carbono, permitiendo una mayor intensificación de la producción ganadera y una mayor eficiencia en las fincas. La NAMA de ganadería en Honduras promueve la implementación de sistemas silvopastoriles, bloques nutricionales, biodigestores, producción y aplicación de fertilizantes orgánicos. Con la implementación de estas prácticas y sistemas silvopastoriles contribuirá a la reducción de emisiones netas de los GEI producidos por el sector ganadero en el país (Canu *et al.*, 2018).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en fincas ganaderas de doble propósito ubicadas en los municipios de Yoro y Morazán, localizados en el departamento de Yoro. El departamento de Yoro está situado territorialmente en la región centro-norte del país, tiene una superficie de 7,781 km^2 y se extiende entre los 14º 51' y 15º 43' de latitud norte y los 86º 14' y 87º 56' de longitud oeste (Figura 2). El clima del departamento varía según la zona debido a las grandes elevaciones que hay entre las cadenas montañosas que atraviesan el departamento, donde la temperatura oscila entre los 23°C y los 36°C. La población de Yoro es de aproximadamente 570,59 personas con una densidad de 73,33 habitantes por km². El departamento de Yoro limita con 6 departamentos: Al norte con el departamento de Atlántida. Al sur limita con los departamentos de Comayagua y Francisco Morazán (departamento). Al este están ubicados Olancho y Colón, y al oeste limita únicamente con el departamento de Cortés (INE, 2013).

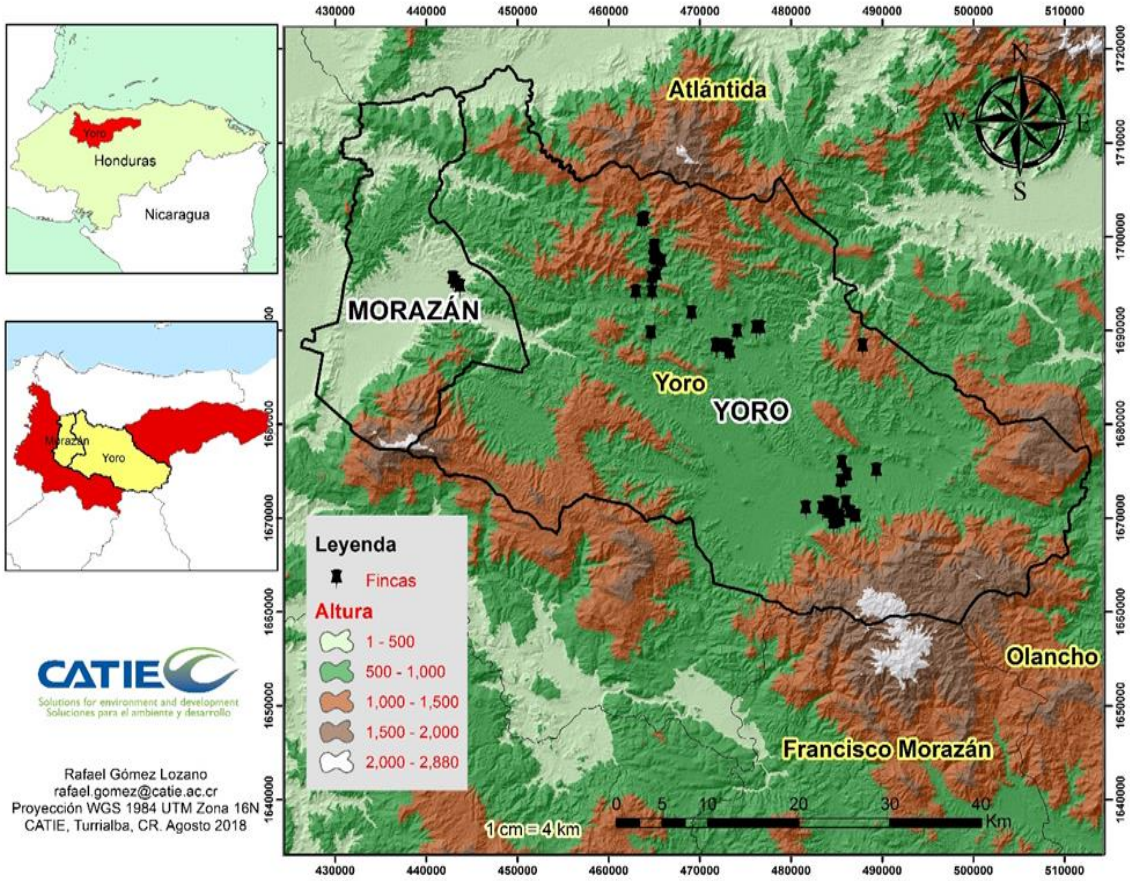

Figura 2. Ubicación del área de estudio y área de incidencia del proyecto Paisajes Productivos.

Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo. Esas asociaciones definen un ámbito de condiciones ambientales que, junto con los seres vivientes, dan un conjunto único de fisonomía de las plantas y actividad de los animales; aunque es posible establecer muchas combinaciones, las asociaciones se pueden agrupar en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas (Holdridge, 1971).

Dicha definición ayudó a clasificar los departamentos donde se están ejecutando las prácticas y sistemas silvopastoriles en las zonas de vida, bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y bosque seco tropical (bs-T)(Figura 3).

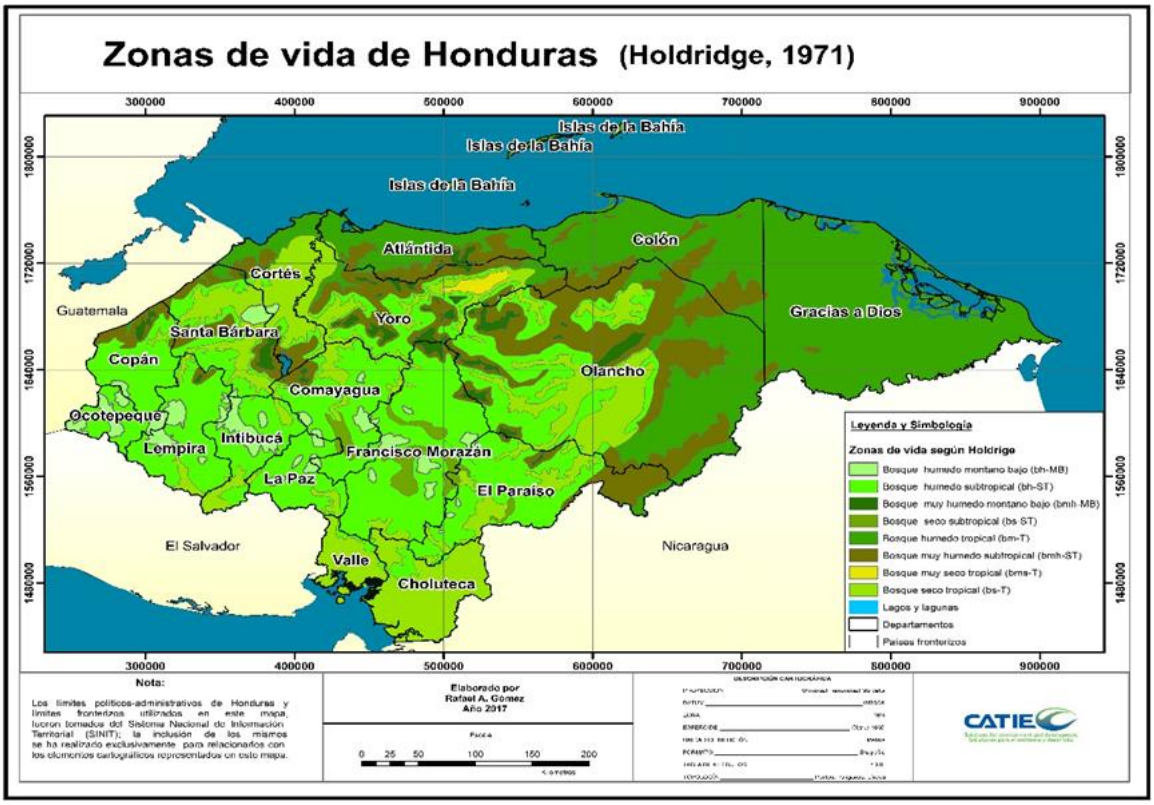

Figura 3. Zonas de vida de Honduras. ***Fuente:*** *Holdridge1, 1997*

Las fincas seleccionadas para esta investigación eran beneficiarias del marco del proyecto Paisajes Productivos liderado por el MI AMBIENTE junto con apoyo técnico de CATIE, con la participación de actores locales como las escuelas de campo (ECAs) y centro recolectores de leche. CATIE promueve la inserción de la investigación, gestión y desarrollo de nuevas estrategias con buenas prácticas y sistemas silvopastoriles que promueven una mayor sostenibilidad. Parte de los resultados servirán para apoyar el diseño e implementación de una acción nacional (NAMA) de ganadería sostenible.

La Acción Nacional Apropiada de Mitigación (NAMA) en el sector ganadero fue creada por la CMNUCC para apoyar los compromisos adquiridos de mitigación y adaptación al cambio climático por los países en el acuerdo de París CMNUCC, 2017).

El sector ganadero presenta un gran potencial de reducción de emisiones e incremento de sumideros de carbono, permitiendo una mayor intensificación de la producción ganadera y una mayor eficiencia en las fincas. La NAMA de ganadería en Honduras promueve la implementación de sistemas silvopastoriles, bloques nutricionales, biodigestores, producción y aplicación de fertilizantes orgánicos. Con la implementación de estas prácticas y sistemas silvopastoriles se contribuirá a la reducción de emisiones netas de los GEI producidos por el sector ganadero en el país (Canu *et al.*, 2018).

En Honduras, la NAMA de ganadería sostenible tiene como objetivo la implementación de prácticas y sistemas silvopastoriles contribuyendo a la reducción de emisiones netas de GEI. Pretende la transformación entre el 20% - 30% de las pasturas degradadas en pasturas mejoradas, cercas vivas, rotación de potreros, bancos forrajeros,

fomentar el incremento de fertilizantes orgánicos en 1%/año y biodigestores. La NAMA podría contribuir en un 22% - 38% de las reducciones de emisiones netas (Canu *et al.*, 2018).

3.2 Priorización de prácticas o sistemas silvopastoril bajo el marco de este estudio

Dentro del marco de este estudio se define práctica silvopastoril como aquella actividad de manejo, alimentación o sanidad la cual hace que el animal esté confortable y en buen estado de salud y que asegure, además, que los recursos naturales no se vean expuestos a un peligro causado por dicha actividad (Morales *et al.*, 2011).

Y se define sistema silvopastoril como una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles y arbustos), e interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1997).

Los productores de las zonas de Olancho, Choluteca y Yoro fueron apoyados con técnicos de instituciones encargadas de diferentes actividades en beneficio del mejoramiento del sector ganadero en el país en 3 talleres realizados en dichas zonas priorizaron diferentes prácticas y sistemas silvopastoriles.

Se identificaron y priorizaron prácticas y sistemas silvopastoriles (Cuadro 2), donde su principal función es la adaptación y mitigación para el sector ganadero. Dichas prácticas surgen del resultado de consultas con productores y técnicos tanto de instituciones públicas como privadas dedicadas a mejorar el sistema ganadero de Honduras.

Cuadro 2. Prácticas y Sistemas Silvopastoriles elegidas por técnicos y productores de los departamentos de Olancho, Choluteca y Yoro

Sistemas Silvopastoriles (SSP)	
Árboles dispersos en potreros	Son árboles en diseños aleatorios u ordenados dentro de los potreros. Estos pueden resultar de la regeneración natural o ser establecidos mediante la siembra. Pueden ser maderables, frutales y árboles de diversos usos (p.ej., mejoradores del suelo, forrajeros, leña, medicinales) (Cordero, 2003).
Cercas Vivas	Las cercas vivas son un arreglo lineal de especies leñosas (árboles, arbustos y palmas) que sirven de soporte al alambre de púas o liso, cuya finalidad es delimitar la propiedad y marcar las divisiones de los diferentes usos del suelo presentes dentro de una misma propiedad o finca (Villanueva *et al*., 2010).
Bancos forrajeros energéticos y/o proteínicos	Sistemas de cultivo en el cual las leñosas o gramíneas perennes crecen en un bloque compacto y con alta densidad de siembra para maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva (Pezo e Ibrahim, 1999).
Sistemas silvopastoriles	Silvopastoril: Opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles y arbustos), e interactúan con los componentes tradicionales todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1997).
División y rotación de potreros	Dividir los potreros (con cercas) a manera de contar con suficientes "apartos" para permitir un pastoreo rotacional. Para permitir que cada potrero cuente con los días de ocupación y descanso apropiados para maximizar su eficiencia (Ibrahim, 2003).
Restauración ecológica o liberación de áreas	El proceso mediante el cual las áreas degradadas son restauradas hasta alcanzar la sucesión vegetal, estructura y función del ecosistema. Se realiza utilizando como marco de referencia el ecosistema original o pre-disturbio y la teoría ecológica (CROSLIN, 2004).
Prácticas Silvopastoriles	
Bloques-multi nutricionales	El bloque multi-nutricional es un suplemento alimenticio rico en

	nitrógeno, energía y minerales. Se presenta como una masa sólida que los animales solo pueden lamer y consumir en pequeñas cantidades. Por ello, el bloque es una forma segura para incorporar la úrea en la dieta del ganado (Fariñas *et al*., 2009).
Ensilaje	El ensilaje es una técnica de conservación de forraje verde mediante la fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno). Esta práctica permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto durante mucho tiempo (Reyes *et al*., 2009).
Biodigestor	La gestión integral del estiércol genera diversos beneficios al interior de la unidad productiva; reduce las emisiones GEI, mejora la fertilidad y el contenido de materia orgánica en los suelos, genera energía, incrementa los ingresos en la finca y reduce los costos de producción al disminuir la dependencia de insumos externos (p.ej., fertilizantes sintéticos). Además, reduce la contaminación de las fuentes de agua y la degradación de recursos naturales (Casasola y Villanueva, 2016).
Salas de ordeño	Es un ordeño en el nivel de piso con salida frontal de la vaca que ofrece mayor comodidad a la hora del secado (Rivera, 2011).
Cosechas de agua (pila de cemento y reservorios)	Estanques, lagunas, represas, tanques o cualquier mecanismo para capturar y almacenar agua en la época lluviosa y ser usada en época seca (Goetter, 2011).

***Fuente**: Informe de Proyecto Paisajes Productivos 2017.*

3.3 Descripción del proceso de priorización de buenas prácticas ganaderas en Honduras

La priorización de las prácticas y sistemas silvopastoriles se realizó por medio de 3 talleres de priorización de buenas prácticas ganaderas. Se realizó uno en cada departamento donde se está trabajando con la implementación de ganadería sostenible de Honduras. CATIE fue el encargado de socializar dichas prácticas y sistemas silvopastoriles, específicamente en los departamentos de Olancho, Yoro y Choluteca. Estos talleres tenían como objetivo "Priorizar las prácticas ganaderas con base en su potencial de mitigación, adaptación, y adopción en las zonas antes mencionadas de Honduras y generar insumos para el diseño de la NAMA de ganadería en el país".

Por medio de la ejecución de 3 talleres con productores y técnicos de dichas zonas de ejecución del proyecto, realizados durante el 2017 por CATIE, se obtuvo como resultado, de la lista de prácticas y sistemas silvopastoriles elegidas por técnicos y productores de los departamentos de Olancho, Choluteca y Yoro (Cuadro 3), la priorización de 7 en las cuales los productores definieron 4 de ellas y los técnicos llegaron a un acuerdo de priorizar 3 que son descritas en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Prácticas y sistemas silvopastoriles para la incorporación a la NAMA ganadera de Honduras.

Productores	Técnicos
1. Pasturas mejoradas con rotación de potreros y SSP (Cercas Vivas) (Árboles dispersos en potreros). 2. Bancos Energéticos 3. Ensilajes Forrajeros	4. Las cosechadoras de agua tipo lagunetas 5. Biodigestores 6. Biofertilizantes

***Fuente:** Ayuda de memoria de talleres Proyecto Paisajes Productivos/CATIE (2017).*

3.4 Selección de fincas para el muestreo

Inicialmente desarrollaron tres talleres con productores mediante entrevista semi estructurada (Anexo 1), y se obtuvo información para caracterizar a los productores e identificar las prácticas y sistemas silvopastoriles que están implementando ellos en su finca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Información de variables obtenidas en la entrevista con productores

Variable	Unidad de medida
Tamaño de la finca	Área (ha)
Tipo de usos del suelo	Área (ha) por uso de la tierra
Tamaño del hato ganadero	Cantidad de animales
Producción de leche diaria	Cantidad de Kg/día
Prácticas y SSP	Número de prácticas y SSP en finca
Costo mano de obra	US$/día
Implementación de prácticas y SSP	US$

A partir de los criterios de selección de las fincas, de las 58 fincas iniciales, se eliminaron 16 que no cumplían con las variables de interés (Cuadro 4), y quedó un número total de 42 fincas las cuales mediante un análisis de conglomerado basándose en la presencia y ausencia de las prácticas y SSP, permitió establecer cuatro grupos de fincas (Cuadro 5). Finalmente, de manera aleatoria fueron seleccionadas 5 fincas por grupo. En estas se desarrolló la caracterización de las fincas y se evaluó el potencial de mitigación, reducción de emisiones (CH_4, N_2O) o remoción de emisiones (CO_2). La Figura 4 muestra un resumen del proceso metodológico de esta fase.

Cuadro 5. Grupos de fincas de acuerdo con la presencia de prácticas y sistemas silvopastoriles

Sistemas silvopastoril dentro de la finca	**Código**
Sin Sistemas Silvopastoriles	Sin SSP
Pastos mejorados y Cercas Vivas	PM+CV
Pastos Mejorados +Cercas Vivas +Árboles Dispersos en Potreros	PM+CV+AD
Pastos Mejorados +Cercas Vivas +Árboles Dispersos en Potreros + Bancos Forrajeros	PM+CV+AD+BF

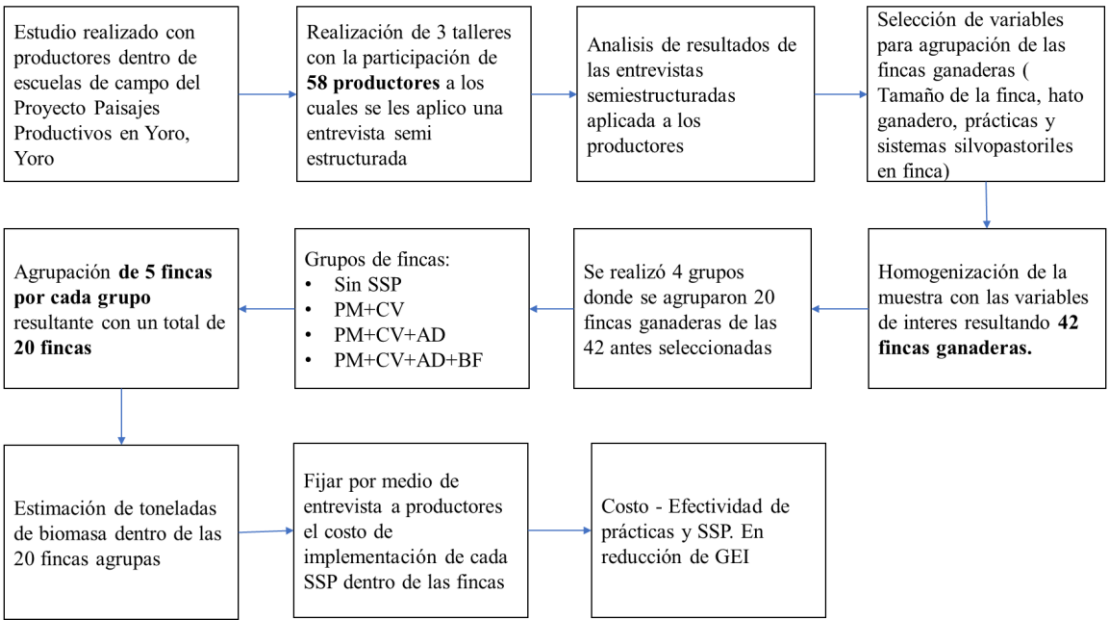

Figura 4. Esquema metodológico referente al levantamiento, análisis y resultado de datos en 42 fincas ganaderas en los municipios de Morazán y Yoro.

3.5 Análisis del potencial de mitigación de las prácticas y SPP

Con las 20 fincas ganaderas seleccionadas, se procedió con el análisis del potencial de mitigación el cual se estimó al calcular el carbono almacenado en cada una de las prácticas y SSP y el inventario de gases GEI. Para cada componente se detalla a continuación:

Biomasa en árboles dispersos en potreros

Para la estimación de carbono, en cada finca se identificaron las áreas de potreros con pasturas mejoradas, donde se realizó un inventario total de árboles dispersos en los potreros. En el componente arbóreo disperso en potreros se utilizó la ecuación alométrica general para bosques tropicales (Chave *et al.*, 2005) (Cuadro 6). Para esto, primero se hizo inventario de los árboles presentes en todos los potreros de cada una de las 20 fincas bajo análisis. A cada árbol medido se le registró la especie, el diámetro altura al pecho (DAP, en cm), altura comercial (m) y altura total (m). Además, para determinar la biomasa, fue necesario conocer la densidad de la madera de cada especie, la cual se obtuvo de fuentes de literatura científica (Carpio 1992, Soler 2001, Soler 2004, Chave *et al.*, 2005). Luego de obtener la biomasa seca en kilogramos para cada individuo, se aplicó el factor de conversión 0,47 para trasformar la biomasa a carbono.

Para registrar las medidas de los árboles mencionados se trabajó con instrumentos de medición forestal como la cinta diamétrica y clinómetro para conocer la altura comercial y total de los árboles.

Cuadro 6. Ecuación alométrica utilizada en este estudio (Chave *et al.*,,. 2005)

Zona Húmeda	Y=p*exp(1.499+2.148*(LN(DAP)+(0.207*(LN(DAP)^2)) - 0.0281*(LN(DAP)*(LN(DAP)) ^3))

Y=biomasa seca (kg) p=densidad de la madera (g/m3) D=dap

Esta ecuación fue elegida puesto que es una ecuación generada con datos de países tropicales y además porque ha utilizado para estimar biomasa en árboles en potreros en países como Ecuador (McGroddy *et al.*, 2015), Nicaragua y Costa Rica (Chacón-León y

Harvey, 2013), en zonas con características geográficas y climáticas similares a las del atlántico hondureño.

Índice de valor de importancia (IVI) de los árboles en los potreros

En cada agrupación de las fincas ganaderas donde se encontraron árboles dispersos en las pasturas mejoradas se calculó el índice de valor de importancia de cada especie leñosa (IVI). El IVI permitió identificar las especies más importantes en las áreas de pastoreo de las fincas ganaderas. Este puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica, pues dentro del ecosistema es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (IVI).

La abundancia se refiere al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en total de los individuos del ecosistema) (Lamprecht, 1990).

Abundancia relativa (AR_x): (ni/N) *100
Donde:
ni: Número de individuos de la especie
N: Número de individuos totales en la muestra

La dominancia se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas, y se determinó por medio del área basal, ya que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de copa y fuste. Existen 2 tipos de dominancia: la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados, y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

Dominancia absoluta (Da)
Da: Gi/Gt
Donde:
Gi: Área basal en m^2 para cada especie
Gt: Área basal en m^2 de todas las especies
Dominancia relativa (D*x*)
Dx: (DaS/DaT) *100
Donde:
DaS: Dominancia absoluta de una especie
DaT: Dominancia absoluta de todas las especies

La frecuencia permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie en relación con el total de la muestra. La frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies. Frecuencia absoluta (FRa): Porcentaje de parcelas (Fincas) en las que aparece una especie, 100%: existencia de la especie en todas las parcelas.

Frecuencia absoluta (FRa)
FRa: (Fi / Ft) x 100
Frecuencia relativa (FRx)
FRx:(FRi/ FRt) x 100
Donde:

Fi: Frecuencia absoluta de las especie
Ft: Total de las frecuencias en el muestreo

(**I.V.I.**) se expresa en porcentaje y se estimó por medio de la siguiente fórmula:
IVI_X: $AR_X+D_X+FR_X$
Donde: IVI_X: Índice de valor de importancia de la especie x
AR_X = Número de individuos de la especie x
D_X = Dominancia de la especie x
FR_X = Frecuencia relativa de la especie x

Biomasa en cercas vivas en potreros

Para estimar las reservas de biomasa en las cercas vivas se utilizó la misma ecuación de (Chave *et al.*, 2005). Para esto, se midieron tres transectos de 50 m de largo de cerca viva por finca seleccionada al azar. Esta elección se realizó a través de la asignación de un número único a cada cerca viva presente en cada finca para luego, mediante sorteo, elegir las cercas donde se ubicarían los transectos, método adoptado de (Schelje, 2009). Se inventariaron todos los árboles presentes en cada transecto de 50 m y se registró la especie, el dap en cm), altura comercial (m) y la altura total. La densidad de la madera provino de literatura citada (Carpio 1992, Soler 2001, Soler 2004) y (Chave *et al.*, 2005).

Para determinar la biomasa almacenada en todas las cercas vivas de cada una de las fincas bajo análisis, se midió y contabilizó la cantidad total de cercas existentes en la finca, y se midió la extensión total en metros lineales. De igual forma se midió la distancia de cercas sin árboles en todas las fincas con el objetivo de conocer el potencial existente dentro de las fincas, si se llegase a implementar cerca viva; es decir, si se cambiaran todas las cercas sin árboles a cercas con árboles.

Luego del inventario en cercas vivas, se realizó la clasificación (Cuadro 7), tomando en cuenta número de especies en cerca viva y número de árboles en 50 metros con el que se clasificaron por densidades (alta, media, baja). A las cercas vivas que presentaron una especie dominante se les denominó homogéneas, y cercas vivas que presentaron tres o más especies se denominaron mixtas.

Cuadro 7. Tipología de cercas vivas en fincas

Cercas vivas	Densidad alta	15 o más árboles en 50 metros de cerca
	Densidad media	15-10 árboles en 50 metros de cerca
	Densidad baja	10-5 árboles en 50 metros de cerca
Cercas vivas	Homogéneas	1-2 especie de árboles dentro de la cerca
	Mixtas	3 o más especies de árboles dentro de la cerca
Cerca sin árboles	Menos de 5 individuos	

Biomasa en pasturas mejoradas y bancos forrajeros

Para obtener la cantidad de biomasa almacenada en las pasturas mejoradas y bancos forrajeros dentro de las fincas, se realizaron mediciones aplicando el método del botanal (Hargreaves y Kerr,1992). Para esto se realizó una división en 3 campos dentro del aparto o potrero acorde a la altura y abundancia de la especie. Seguidamente se colocó un marco cuadrado de 1 m x 1 m en cada una de las 3 divisiones. Dentro de estos marcos se cortó toda la pastura y vegetación palatable al ganado que se encontró. Luego de la recolección

de las muestras de material vegetal se pesó y se anotó el peso fresco de ellas. Las muestras frescas pesadas fueron llevadas al laboratorio del Centro Universitario del Litoral Atlántico (CURLA) para colocarlas al horno por 48 horas a una temperatura de 70^0C y conocer su peso seco. Con los distintos pesos (fresco y seco) se dividieron entre sí y se multiplica por 100 para obtener gramos de materia seca. Este resultado se multiplica por 1,000 para obtener kilogramos de materia seca para ser multiplicado por 0.47 y obtener el carbono en las muestras de pasturas mejoradas y bancos forrajeros dentro de la finca (Hargreaves y Kerr 1992).

3.6 Medición de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas

Para la medición de gases de efecto invernadero de las prácticas y sistemas silvopastoriles, se utilizó la herramienta de CATIE/FONTAGRO generada por la unidad de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente (GAMMA) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Esta herramienta se desarrolló por medio del Proyecto del Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), (Vega, 2016). Esta es una herramienta (modelo en hojas de trabajo en Excel).

La herramienta de cálculo considera la metodologia del IPCC, 2006, bajo los Niveles 1 y 2, con los siguientes factores de emisión:

Nivel 1:

- **Fertilizantes:** emisiones de óxido nitroso convertido en CO_{2e} por emisiones de nitrógeno proveniente del uso de fertilizantes.
- **Leña, combustible y energía**: emisiones de CO_{2e} provenientes del uso de la leña, combustible y consumo de energía eléctrica para actividades en el país.

Nivel 2:

- **Producción de leche:** se estiman las emisiones de CO_{2e} por metano entérico y por la gestión del estiércol de las vacas en producción.
- **Producción de carne:** se estiman las emisiones de CO_{2e} por metano entérico y por la gestión del estiércol de las diferentes categorías de animales existentes en el inventario de la finca.

Para la estimación de GEI, la herramienta empleada en el nivel de finca ha sido utilizando datos en los componentes de la cadena de producción de leche y carne (Figura 5). Ello dio resultados de emisiones provenientes de los GEI metano, óxido nitroso y dióxido de carbono. Las variables empleadas para la estimación de emisiones se presentan en el (Cuadro 8).

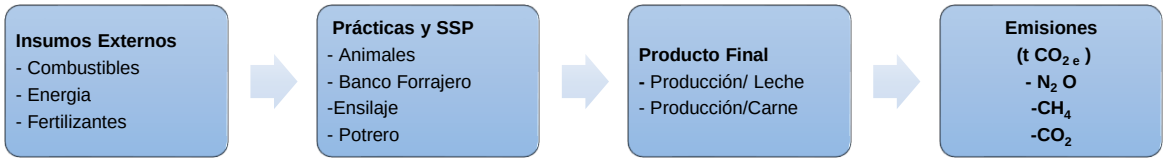

Figura 5. Componentes que conforman la herramienta CATIE/FONTAGRO

Cuadro 8. Variables consideradas por la herramienta para realizar las mediciones

Componentes	Variables	Tipo de gas
Ganado	- Categoría de hato - Número de animales - Peso Vivo (kg) - Ganancia de peso (g/animal/día) - Carga animal (UA/ha) - Leche Kg/ha/año - Kg/Vaca/día	Metano
Alimentación	- Pasturas (% DIVMS, % FDN) - Suplementación (kg suplemento, % DIVMS, Energía Digestible (Kcal/kg MS)) - Valores por defecto (Ym Suplemento, Factor de conversión de metano en Pasto (Ym)	
Fertilización	- kg fertilizante nitrogenado o compuesto aplicado - kg de Compost aplicado - Área de aplicación (ha)	Óxido nitroso
Combustibles	- Diesel (L/mes) - Gasolina (L/mes) - Leña (kg/mes)	Dióxido de carbono
Energía	- KWh/mes	

3.7 Análisis estadísticos

Análisis de la varianza (ANAVA) para las agrupaciones de fincas

Se realizaron comparaciones entre las agrupaciones de fincas con la prueba estadística LSD Fisher a través del análisis de la varianza (ANAVA), para conocer si existía diferencia significativa en las prácticas y/o sistemas silvopastoriles referente a captura de carbono y emisiones en las fincas ganaderas.

Análisis de costos de establecimiento y mantenimiento de prácticas ganaderas y SSP

En las 20 fincas seleccionadas, mediante una encuesta (Anexo 2) se obtuvo la información de los costos (fijos, permanentes y variables) del establecimiento y de mantenimiento de las prácticas y sistemas silvopastoriles (Cuadro 9).

Se generalizaron los costos de implementación de las prácticas y/o sistemas silvopastoriles, y se logró promediar un precio para pasturas mejoradas, cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros. Dichos costos están diseñados para una hectárea de tierra.

Los costos fijos son los que no varían independientemente del tamaño de la práctica y sistema silvopastoril porque se derivan de inversiones como es el caso de semilla mejorada, material genético, material para fabricación de silos, tal es el caso de (cercas vivas, pasturas mejoradas, bancos forrajeros). Además, se involucraron gastos permanentes como la mano de obra fija en la finca. Los costos variables fluctúan de acuerdo con mano de obra en la ubicación de la finca y el mantenimiento de cada una de las prácticas y sistemas silvopastoriles (fertilizantes, herbicidas, silos).

Cuadro 9. Costos/Variables de las Prácticas y Sistemas Silvopastoriles (Cuadro 4)

Prácticas y Sistemas Silvopastoriles	Costos de Implementación /Variables
Pasturas Mejoradas	• Costo de semilla (US$/kg) • Preparación del terreno (Chapeo de la zona) (US$ días/hombre) • Preparación de sitio (Fumigación) (US$ días/hombre) • Control de malezas pos-siembra.
Cercas Vivas	• Preparación del terreno (Chapeo de la zona) ($ días/hombre) • Corte de material vegetal (US$ días/hombre) • Transporte de material o sp. (US$/l/km o día/hombre) • Preparación de siembra (Hoyos para estacas) (US$ día/hombre) • Días de trabajo y cantidad de empleados (Mano de obra) (US$ días/hombres)
Bancos forrajeros	• Cercado de sitio: Alambre, Postes muertos, grapas (sujetar, alambré en postes, días.) (US$) • Preparación de terrero: Desmalezado (fumigación, chapeo, limpieza) (US$ días/hombre) • Material vegetal que introducir en el banco energético. (Transporte del material, siembra de la especie seleccionada) (US$ días hombre y l/km) • Fertilización (US$ días/ hombre y kg de fertilizante) • Días de trabajo y cantidad de empleados (Mano de obra) (US$ días/ hombre)
División De Potreros con Pastoreo Rotacional	• Cercado de sitio: alambre, postes muertos, grapas. (US$ costo en mercado) • Corte de pasto donde ira la división ($ día/hombre) • Siembra de postes (US$ día/hombre) • Días de trabajo y cantidad de empleados (mano de obra) (US$ día/hombre)

Análisis de costo-efectividad de prácticas y sistemas silvopastoriles

El análisis de costo-efectividad (ACE) es un método analítico que se emplea con frecuencia en investigaciones operativas para ayudar a los encargados de la adopción de decisiones a evaluar y comparar los costos y la efectividad de diversos medios para lograr un objetivo, determinando el uso más efectivo de recursos limitados (Reynolds y Gaspari, 1985).

Para este trabajo se consideraron como variables los costos de implementación y mantenimiento de las prácticas y SSP, representado en (US$), y para la efectividad las variables consideradas son el almacenamiento de carbono (t C/ha/año), obteniendo como resultado el valor del costo de almacenar una tonelada de carbono por práctica y SSP.

El ACE en realidad comprende tres procesos distintos que se analizan:

1. Análisis de los costos de cada alternativa (en este caso práctica y sistema silvopastoriles)
2. Análisis de la efectividad de cada alternativa (potencial de mitigación)
3. Análisis de la relación entre los costos y la efectividad de cada alternativa; dicha relación generalmente se expresa como un coeficiente.

El coeficiente de costo-efectividad (CE) se calcula dividiendo el costo de una alternativa (que generalmente se expresa en términos monetarios) por la efectividad de esa alternativa (que por lo general se expresa en términos no monetarios) (Reynolds y Gaspari, 1985).

Cuadro 10. Ejemplo de metodología para analizar costo/efectividad

Prácticas y SSP	Costos/US$	Efectividad/reducción Emisiones (t/año)	Costo/efectividad de la práctica/SSP (US$/t/año
A	B	A/B	C

Donde;
A: Es la práctica y/o sistema silvopastoril
B: Los costos monetarios por implementación + manteniendo de la práctica y SSP
C: Precio de cada tonelada almacenada al año

3.8 Recomendar la incorporación de prácticas y sistemas silvopastoriles según los análisis de costo/efectividad en cuanto a reducciones de emisiones de gases por efecto invernadero

Referente al tercer objetivo en el presente trabajo, es el resultado del análisis costo-efectividad de las prácticas y sistemas silvopastoriles, luego de conocer la cantidad de emisiones en las fincas ganaderas y el carbono que se encuentra almacenado dentro de ellas, se procedió con las recomendaciones técnicas para aumentar el potencial de almacenamiento de cada práctica y sistema silvopastoril.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las fincas ganaderas de doble propósito en la zona de estudio

En las 20 fincas del estudio se reportó mayor área con pasturas naturales (231 Ha), seguido por pasturas mejoradas (101 Ha), y con poca disponibilidad de bancos forrajeros (10 Ha). Los bancos mostraron presencia en 5 fincas ganaderas bajo estudio (Cuadro 11).

Cuadro 11. Distribución de usos del suelo(hectáreas) en 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro

Usos de la tierra	Tamaño (Ha)
Pasturas naturales	231
Pasturas mejoradas	101
Bancos forrajeros	10
Total de cobertura	**342**

El promedio de producción de leche presentó valores de 3.5 – 7.5 kg/día. Según estudios realizados por (Espinal, 2012), en fincas doble propósito ubicadas en el departamento de Olancho, Honduras, la producción promedio de las fincas fue de 3.4 kg /día. Pero según (Luna *et al.*, 2008), la producción de leche por vaca durante un día se encuentra entre 5 y 8 Kg para vacas doble propósito en el trópico, donde los niveles de producción están influenciados por factores ambientales, de alimentación y genéticos. Esto quiere decir que las fincas dentro del estudio tienen un rango de producción similar a valores estimados en otras zonas del país.

Cuadro 12. Caracterización de fincas ganaderas (n=20) por grupo y zona de estudio

Variable	Grupos de fincas			
	Sin SSP	PM+CV	PM+CV+AD	PM+CV+AD+BF
Área total (ha)	60	144	106	79
Rango del tamaño de finca (ha)	8 - 20	9 - 58	6 – 48	6 – 28
Promedio tamaño de finca (ha)	12	28	21	15
Área de PM (ha)	0	40	31	30
Rango área de PM (ha)	0	3-20	2-14	1-13
Área promedio de PM (ha)	0	8	6	6
Rango de producción de leche (l/día)	5-15	25-45	25-50	50-75
Promedio de producción de leche (l/día)	10	37	31	70
Promedio de producción de leche/día/vaca	3.5	6.4	7.0	7.5
Rango carga animal (AU/ha)	0.2-1.1	0.3-1.5	0.8-1.4	1.4-2.8
Promedio carga animal (AU/ha)	0.6	0.9	1.1	2.3
Promedio vacas en producción	3	6	5	10

Rango de vacas en producción	2-4	3-10	2-10	8-12
No. Total de vacas en producción	16	30	26	48

4.2 Potencial de mitigación de fincas ganaderas

El potencial de mitigación al cambio climático puede lograrse con el aumento de biomasa en las fincas, incorporación de árboles dispersos en potreros y en las cercas vivas. Además, a través de los bancos forrajeros como fuente de alimento para el ganado se reducen las emisiones provenientes del tracto digestivo (CH_4).

A continuación, se presentan los hallazgos con mayores detalles:

Prácticas y sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas

Las prácticas y SSP, dentro del estudio, están distribuidas en las fincas de la siguiente manera: el 75% de las fincas contaron con presencia de pasturas mejoradas y cercas vivas; mientras que el 50% incluyó árboles dispersos en potreros y el 25% bancos forrajeros de gramíneas (Figura 6). La implementación de pasturas mejoradas y cercas vivas muestra mayor presencia dada la intervención del Proyecto Paisajes Productivos que ha realizado donaciones a los productores de las fincas de semilla de pasto mejorado y plantas para ser utilizadas en cercas vivas.

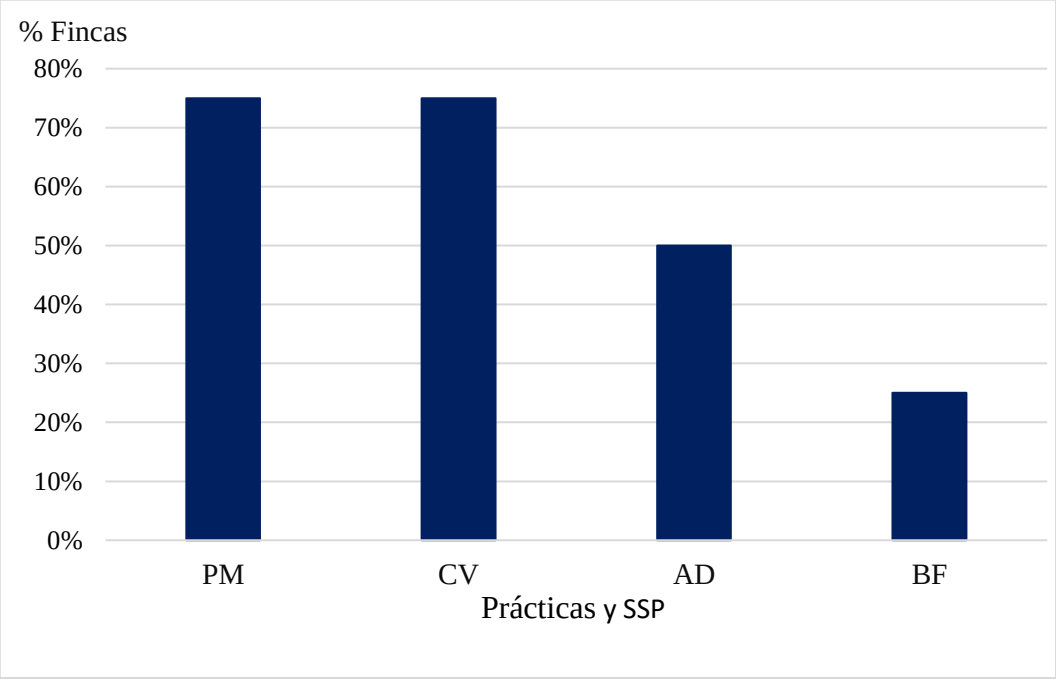

Figura 6. Prácticas identificadas e implementadas en (n=20) fincas ganaderas del municipio de Yoro, Yoro, Honduras. **Nota:** PM: Pasturas mejoradas, C.V: Cercas vivas, A.D: Árboles dispersos en potreros, BF: Bancos forrajeros.

Especies de árboles dispersos en potreros y cercas vivas en fincas ganaderas

La cantidad de árboles censados en un área de 112 hectáreas de pastoreo presentes en las 20 fincas bajo estudio fue de 197 y que representaron 20 especies (Cuadro 13). La altura promedio de estos fue de 17.2 metros con un DAP promedio de 23.8 cm. Las

especies de mayor abundancia) fueron el *Quercus lineata, Pinus oocarpa, Quercus petraea, Enterolobium cyclocarpum.*

Cuadro 13. Características de los árboles dispersos en potreros en 15 fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras

Especie	No. árboles	DAP (cm)			Altura(m)		
		Mix	Max	Promedio	Mix	Max	Promedio
Bombacopsis quinata	6.0	6.0	15.6	15.0	6.0	21.0	12.3
Bursera simaruba	6.0	14.0	28.0	21.5	10.0	26.0	19.1
Byrsonima crassifolia	12.0	5.0	40.0	14.9	7.0	24.0	14.1
Ceiba pentandra	1.0	37.0	37.0	37.0	16.0	16.0	16.0
Crataegus monogyna	1.0	14.0	14.0	14.0	21.0	21.0	21.0
Enterolobium cyclocarpum	14.0	27.0	67.0	50.8	8.0	48.0	24.5
Ficus insipida	5.0	3.0	13.0	8.6	5.0	16.0	8.2
Genipa americana	1.0	10.0	10.0	10.0	32.0	32.0	32.0
Guazuma ulmifolia	6.0	10.0	14.0	12.0	6.0	10.0	7.6
Inga edulis	3.0	9.0	15.0	12.0	11.0	18.0	14.6
Mangifera indica	1.0	18.0	18.0	18.0	20.0	20.0	20.0
Pinus oocarpa	32.0	9.0	64.0	30.9	11.0	34.0	23.2
Pithecellobium arboreum	1.0	4.0	4.0	4.0	10.0	10.0	10.0
Psidium guajava	3.0	17.0	19.0	18.0	15.0	15.0	14.0
Quercus lineata	45.0	4.0	51.0	22.0	6.0	28.0	15.6
Quercus petraea	19.0	6.0	28.0	18.7	6.0	25.0	17.6
Salix alba vitellina	6.0	16.0	42.0	30.8	18.0	28.0	23.1
Schinopsis balansae	1.0	3.0	3.0	3.0	15.0	15.0	15.0
Spondias mombin	5.0	12.0	23.0	17.6	8.0	14.0	10.0
Swietenia macrophylla	5.0	5.0	17.0	11.8	8.0	14.0	12.0

Se midieron 1,800 metros lineales de cerca viva en las fincas y se registraron 417 árboles y 12 especies. La altura promedio resultó ser de 6.3 metros con un DAP promedio de 10.9cm. Las especies de mayor abundancia (Cuadro 14) en las cercas vivas fueron *Gliricidia sepium* con 315 árboles *y Jatropha curcas* con 42.

Cuadro 14. Características de especies arbóreas con mayor abundancia en cercas vivas de 20 fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras

Especie	Nº. árboles censados	DAP (cm)			Altura(m)		
		Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
Bursera simaruba	3	12.0	32.0	20.0	14.0	18.0	15.0
Byrsonima crassifolia	1	5.0	5.0	5.0	8.0	8.0	8.0
Cedrela odorata	9	19.0	22.0	36.0	16.0	18.0	17.1
Gliricidia sepium	315	5.0	18.0	9.5	2.0	10.0	4.8
Jatropha curcas	42	5.0	21.0	5.3	2.0	10.0	3.8
Leucaena leucocephala	1	7.0	7.0	7.0	3.0	3.0	3.0
Persea schiedeana	1	19.0	19.0	19.0	7.0	7.0	7.0
Psidium guajava	2	10.0	16.0	13.0	6.0	8.0	7.0
Pinus oocarpa	12	15.0	36.0	28.3	7.0	21.0	16.4
Quercus ilex	8	5.0	36.0	18.3	3.0	14.0	10.0
Quercus petraea	16	5.0	34.0	16.8	4.0	18.0	11.5
Swietenia macrophylla	1	5.0	4.0	4.0	2.0	2.0	2.0

Índice de valor de importancia (IVI)

Árboles dispersos en potreros

El IVI apreció que en los 2 grupos de fincas G3 (PM+CV+AD) y G4 (PM+CV+AD+BF), (Cuadro 15), de las 21 especies registradas en el inventario general, 11

de estas se observaron en el grupo G3, y 19 se observaron en G4. Aunque en los grupos de finca se presentaron diferencias tanto en la riqueza y abundancia, las especies de importancia ecológica que son preferidas por los productores fueron similares, por lo general ellos prefieren especies maderables*: Enterolobium cyclocarpum, Pinus oocarpa, Quercus lineata, Q. ilex, Q. petraea* y representan más del 70% del total de individuos registrados (Cuadro 15).

Cuadro 15. Valores del Índice de Importancia (IVI) de las especies arbóreas, según los grupos de fincas en Yoro, Yoro, Honduras. Únicamente se registraron árboles en los grupos G3 (PM+CV+AD) y G4 (PM+CV+AD+BF).

G3	Abundancia relativa	Dominancia Relativa	Frecuencia relativa	IVI
Quercus lineata	**28.9**	**16.6**	**43.8**	**29.8**
Pinus oocarpa	**26.5**	**36.0**	**15.6**	**26.0**
Quercus ilex	**10.8**	**16.7**	**3.1**	**10.2**
Enterolobium cyclocarpum	**6.0**	**17.5**	**6.3**	**9.9**
Quercus petraea	**10.8**	**6.6**	**9.4**	**8.9**
Byrsonima crassifolia	6.0	1.4	6.3	4.5
Bursera simaruba	2.4	2.2	3.1	2.6
Guazuma ulmifolia	3.6	0.8	3.1	2.5
Spondias mombin	2.4	1.4	3.1	2.3
Mangifera indica	1.2	0.7	3.1	1.7
Ficus insipida	1.2	0.1	3.1	1.5
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

G4	Abundancia relativa	Dominancia	Frecuencia relativa	IVI
Pinus oocarpa	**16.7**	**33.4**	**8.6**	**19.5**
Quercus lineata	**20.2**	**20.0**	**14.3**	**18.2**
Enterolobium cyclocarpum	**8.8**	**21.4**	**8.6**	**12.9**
Quercus petraea	**10.5**	**4.9**	**8.6**	**8.0**
Byrsonima crassifolia	4.4	3.2	8.6	5.4
Bombacopsis quinata	7.0	2.1	5.7	5.0
Salix alba vitellina	5.3	6.3	2.9	4.8
Ficus insipida	4.4	0.4	5.7	3.5
Spondias mombin	3.5	1.0	5.7	3.4
Bursera simaruba	2.6	1.3	5.7	3.2
Swietenia macrophylla	4.4	0.8	2.9	2.7
Psidium guajava	2.6	1.0	2.9	2.2
Inga edulis	2.6	0.4	2.9	2.0
Guazuma ulmifolia	2.6	0.4	2.9	2.0
Ceiba pentandra	0.9	1.4	2.9	1.7
Genipa americana	0.9	1.0	2.9	1.6
Crataegus monogyna	0.9	0.4	2.9	1.4
Schinopsis balansae	0.9	0.2	2.9	1.3
Pithecellobium arboreum	0.9	0.1	2.9	1.3
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

Las especies con alto valor de importancia ecológica (IVI) en las pasturas de estas fincas puede estar relacionado con que las especies más importantes son especies de regeneración natural cuya distribución es por el viento. Según Esquivel (2005), las especies pioneras o colonizadoras de claros en bosques secos y subhúmedos se dispersan por el viento o por el ganado, presentan tolerancia a las interacciones con el ganado y a las actividades de manejo y mantenimiento de los potreros y utilidad para los productores. Mientras que en *Enterolobium cyclocarpum* sus frutos son utilizados como alimento para el ganado y su copa es empelada para brindar sombra a los animales, principalmente en los periodos de verano lo cual reduce el estrés calórico de los animales (Betancourt *et al.*, 2003 Agroforestería de las Américas).

Estudios realizados en Costa Rica observaron que en Cañas y Esparza reportaron 99 especies de árboles en potreros; sin embargo los productores mostraron afinidad para mantener en las áreas de pasturas especies para obtener productos como madera, frutos y forraje para alimentación animal (Esquivel *et al.*, 2003 y Villanueva *et al.*, 2007). Estas fueron (*Tabebuia rosea*), guácimo, (*Guazuma ulmifolia*), laurel (*Cordia alliodora*), coyol (*Acrocomia vinifera*), nance (*Byrsonima crassifolia*), (*Tabebuia ochracea*).

En las fincas ganaderas dentro del estudio mostraron baja presencia de árboles en las áreas de pastoreo comparando con estudios realizados por (Villanueva, 2007; Esquivel, 2003; Chacón – Harvey, 2013).

Cuadro 16. Estructura de árboles dispersos en potreros por grupo de fincas, Yoro, Yoro, Honduras

Grupo de fincas	Área de pasturas mejoradas (ha)	No. árboles/ grupo	No. árboles/ ha	Promedio DAP (cm)	Promedio Altura (m)
Sin SSP	0	0	0	0	0
PM+CV	20	0	0	0	0
PM+CV+AD	41	83	2.0	23.6	17.6
PM+CV+AD+BF	51	114	2.2	24.3	16.4

Cercas vivas

El IVI mostró que en las cercas vivas presentes en las 3 agrupaciones G2, G3, G4 de fincas ganaderas (Cuadro 17), de las 14 especies registradas, las especies de mayor importancia y de preferencia por los productores fue *Gliricidia sepium*, la cual se caracteriza por ser una especie de rápido crecimiento y puede ser utilizada como forraje para los animales, aporta beneficios a la finca como madera, postes, leña, fijación de nitrógeno (Villanueva *et al.*, 2008). Las otras especies con los valores de importancia son *Jatropha curcas, Q. petraea, Q. ilex*, las cuales son de importancia para el uso de madera para construcción en la finca. Aunque en los grupos de finca se presentaron diferencias tanto en la riqueza y abundancia, las especies de importancia ecológica que son preferidas por los productores fueron*: Gliricidia sepium, Jatropha curcas, Q. petraea*, y representan el 80% de los individuos registrados. En el G2 Y G3 los productores mostraron preferencia en su mayoría por la especies *Gliricidia sepium, J. curcas;* sin embargo en G4 existe la presencia de cercas mixtas (3 o más especies).

Cuadro 17. Valores del Índice de Importancia (IVI) de las especies arbóreas, en cercas vivas de fincas ganaderas en Yoro, Yoro, Honduras. Especificar aquí los grupos de finca.

Especies	Abundancia relativa	Dominancia	Frecuencia relativa	IVI
Gliricidia sepium	**63.3**	**79.5**	**75**	**72.61**
Jatropha curcas	36.7	20.5	25	27.39
G2	**100.0**	**100**	**100**	**100**
Gliricidia sepium	**71.1**	**78.0**	**44.4**	**64.51**
Jatropha curcas	**26.2**	**10.6**	**22.2**	**19.66**
Quercus petraea	1.3	8.9	11.1	7.13
Quercus ilex	0.7	1.9	11.1	4.56
Bursera simaruba	0.7	0.6	11.1	4.13
G3	**100.0**	**100**	**100.0**	**100**
Gliricidia sepium	**60.5**	**41.1**	**23.5**	**41.71**
Cedrela odorata	**6.1**	**17.3**	**5.9**	**9.78**
Quercus petraea	**9.5**	**11.3**	**5.9**	**8.90**
Jatropha curcas	**11.6**	**2.6**	**11.8**	**8.65**
Quercus ilex	**4.1**	**11.6**	**5.9**	**7.20**
Pinus oocarpa	2.7	11.6	5.9	6.73
Psidium guajava	1.4	1.3	5.9	2.84
Bursera simaruba	0.7	1.4	5.9	2.66
Persea schiedeana	0.7	1.3	5.9	2.61
Byrsonima crassifolia	0.7	0.2	5.9	2.26
Leucaena leucocephala	0.7	0.2	5.9	2.25
Cassia grandis	0.7	0.1	5.9	2.21
Swietenia macrophylla	0.7	0.1	5.9	2.21
G4	**100.0**	**100**	**100.0**	**100**

Especies de pasturas mejoradas y bancos forrajeros dentro de las fincas ganaderas censadas en el municipio de Yoro, Yoro, Honduras

Luego de la recolección de información en las fincas ganaderas se notó que los productores prefirieron usar como pasturas mejoradas las especies de *Brachiaria decumbens* y *Panicum máximum* (Mombaza). Este resultado puede inferir por el apoyo del Proyecto Paisajes Productivos que está donando este tipo de especies a los productores para que las introduzcan en sus fincas. La Figura 7 muestra la distribución de las fincas (n=15) en cuanto a la implementación de pasturas mejoradas mostrando que el 44% de los productores implementaron en sus áreas de pastoreo *B. decumbens* y un 36% *P. máximum* , para los bancos forrajeros y su distribución en las fincas, las especies *Pennisetum sp.* (Maralfalfa) mostró 16% y *Pennisetum purpureum* (Morado) el 4%. Las especies antes mencionadas fueron introducidas por su fácil adaptación a las características físicas y climáticas en las fincas ganaderas.

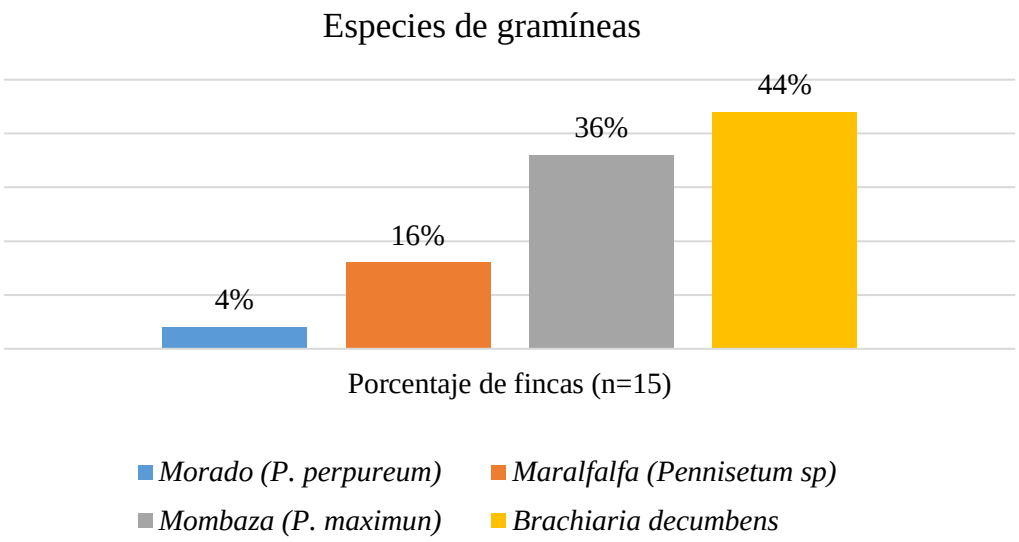

Figura 7. Especies de pasturas mejoradas y bancos forrajeros encontrados en (n=15) fincas ganaderas del municipio de Yoro, Yoro, Honduras

Caracterización de los árboles presentes en cercas vivas en fincas ganaderas, Yoro, Honduras

Las cercas vivas estuvieron presentes en los grupos G2, G3, G4. mostrando rangos en cuanto al DAP entre 5 – 16 cm, y alturas entre 2 – 18 metros (Cuadro 18), en las cercas simples para las cercas mixtas los rangos en DAP 5 – 36 cm y alturas entre 2 – 21 m. Presencia de individuos entre 6 - 17 árboles en 50 metros para las cercas simples, en cercas mixtas se documentó 5 – 12 árboles en 50m. Estudios realizados en Costa Rica por Villanueva *et al.*, 2015, mostraron densidades mucho más altas con resultados de 111 árboles por cada 100 metros. Harvey *et al.*, 2003 en Nicaragua, reportaron 13.7 árboles en 100 metros. La cantidad de individuos en las cercas vivas implementadas por los productores evaluados son menores que estudios mencionados anteriormente, lo que significa que en Yoro se puede aumentar el almacenamiento de carbono por medio del incremento en la densidad de árboles en cercas vivas.

Cuadro 18. Caracterización de las variables dasometricas de los árboles en cercas vivas en fincas ganaderas, Yoro, Honduras.

Tipo	Densidad árboles	No. de especies			No. de árboles			DAP (cm)			Altura (m)		
		$\bar{X}$	Min	Max	$\bar{X}$	Min	Max	$\bar{X}$	Min	Max	$\bar{X}$	Min	Max
Simples	Alta	1	1	1	15.6	12	17	9.8	5	16	5.0	2	8
	Media d	1	1	2	11.0	7	14	7.8	5	13	5.0	2	8
	Baja	1	1	2	3.0	6	9	6.7	5	12	4.5	2	7
Mixtas	Alta d	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0	0
	Media	3	3	6	8.0	6	12	11.7	5	36	7.6	2	18

Baja	2	3	4	7.0	5	8	14.1	5	36	9.1	2	21

Carbono almacenado según tipos de cercas vivas

Las cercas vivas más comunes en la región son las simples con una densidad media de árboles. Las cercas simples presentaron valores de carbono almacenados entre 1.0 -6.8 t C/km (cuadro 19). Resultados similares han sido observados en otras regiones en Centro América, donde han estimado valores de carbono almacenado entre 0,44 – 1.01 (t C/km) en Costa Rica (Castillo *et al.*, 2013; Nájera *et al.*, 2011), en Guatemala entre (4 - 4,41 t C/km) (Moscoso *et al.*, 2018). Mientras con las cercas vivas mixtas, por tener características dasometricas mayores en altura y dap, los valores de carbono almacenado por kilómetro fueron más altos que los obtenidos en las cercas vivas simples (Cuadro19).

Cuadro 19. Carbono almacenado y tasas de secuestro por tipo y densidad de cerca viva en fincas ganaderas

Tipo de cercas	Densidad de árboles	N. de CV	Carbono almacenado actual (3 años) (t/50 m)			Carbono almacenado actual (3 años) (t/km)			Tasa de almacenamiento de carbono t /año/km			Tasa de almacenamiento de carbono t totales
			Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	
Todas las cercas		15	0.12	0.05	0.17	2.65	1.00	6.80	12.40	7.80	17.80	37.20
Simples	Alta densidad	2	0.25	0.16	0.34	5.00 B	3.20	6.80	1.66 B	1.06	2.26	6.73
	Media densidad	6	0.12	0.05	0.17	2.23 A	1.00	3.40	0.74 A	0.33	1.13	8.97
	Baja densidad	3	0.06	0.05	0.06	1.10 A	1.00	1.20	0.36 A	0.33	0.40	2.23
Mixtas	Alta densidad	0	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	Media densidad	2	0.15	0.13	0.17	3.00 B	2.60	3.40	1.00 B	0.86	1.13	6.34
	Baja densidad	2	0.14	0.12	0.16	2.80 A	2.40	3.20	0.93 A	0.80	1.06	3.81

Potencial existente de almacenamiento de carbono en fincas ganaderas

Con el fin de conocer el potencial existente en las cercas vivas dentro de las fincas ganaderas se realizó la medición del total de cercas sin árboles, y resultaron 19.38 Km, potencial que al incorporar árboles se aumentaría hasta un 55% del carbono almacenado por km de finca. Para el grupo (Sin SSP), no hubo presencia de división de potreros. El (Cuadro 20) detalla los valores que se pueden alcanzar si los productores deciden implementar árboles en todas las cercas existentes dentro de su finca.

Cuadro 20. Potencial de aumentar carbono en cercas vivas por agrupación de fincas

Grupos	Promedio Km/finca	Km totales/grupo	Promedio Km/grupo	Promedio t C/km	Carbono finca	t C/grupo
Escenario actual de cercas vivas (3 años)						
Sin SPP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PM+CV	0.4	2.1	1.5	1.9	0.9	3.9
PM+CV+AD	0.8	4.1	2.3	2.3	1.8	9.0
PM+CV+AD+BF	0.8	4.3	3.6	3.5	3.1	15.2
Escenario futuro de cercas vivas (3 años)						
Sin SSP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PM+CV	2.2	18.5	3.7	2.2	8.3	41.4
PM+CV+AD	1.8	21.3	4.3	2.5	10.8	53.9
PM+CV+AD+BF	1.8	29.8	5.9	3.8	22.8	114.1

Carbono capturado en área de pasturas

El carbono almacenado en áreas de pasturas mejoradas consideró la sumatoria del componente de árboles más gramíneas, en el cual se apreció que las fincas pertenecientes al grupo (PM+CV+AD) y (PM+CV+AD+BF) son las que almacenan más carbono por hectárea (Cuadro 21). El carbono almacenado en las gramíneas registraron valores entre 9.7 – 10.4 t/ha. Estos valores son similares a los registrados en otros estudios en Centroamérica (Ramírez *et al.*, 2017, Castillo *et al.*, 2013).

Se realizó ANAVA y resultó que los grupos (PM+CV+AD) y (PM+CV+AD+BF) mostraron diferencia significativa de los demás grupos en estudio en relación con el almacenamiento de carbono en áreas de pastoreo con pasturas mejoradas y árboles dispersos.

Cuadro 21. Carbono almacenado en pasturas según grupos de fincas en Yoro, Honduras. Prueba estadística LSD Fisher

Grupo de fincas	Carbono almacenado (t C/ha)		
	Árboles	Pasturas mejoradas	Total carbono
Sin SSP	0.0 A	0.0 A	0.0 A
PM+CV	0.0 A	9.7 B	9.7 B
PM+CV+AD	1.6 B	9.9 B	11.7 C
PM+CV+AD+BF	1.8 B	10.4 C	11.9 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nota: El G1(Sin SSP) no evidenció presencia de pasturas mejoradas (Variable de interés en el estudio).

Carbono almacenado en bancos forrajeros en fincas ganaderas ubicadas en Yoro, Yoro

El grupo 4 es el único que emplea bancos forrajeros para la suplementación animal, en el que las especies implementadas son Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) y Morado (*Pennisetum purpureum*). El carbono almacenado en estos bancos forrajeros fue de 9.54 t C/ha (Cuadro 22). Gutiérrez (2018) reporto en su estudio situaciones similares realizando en México valores de 27 t/ha en bancos forrajeros de la especie *P. purpurem*. Ramírez en (2006) reportó valores de 9.54 t/ha de carbono. Aunque estas gramíneas tienen alto potencial para la captura de carbono, este carbono no es considerado como componente para la obtención del carbono almacenado, debido a que es empleado para la suplementación animal; por lo tanto es considerado como carbono no permanente. No obstante, el uso de los bancos forrajeros es de gran importancia para ayudar a reducir las emisiones provenientes del ganado.

Cuadro 22. Carbono almacenado en bancos forrajeros en 5 fincas ganaderas en Yoro, Yoro

Fincas	Área de BF (ha)	Sp. de Banco Forrajero	Promedio t C/ha	Promedio t C/finca
F1	1	Maralfalfa (*Pennisetum sp*)	9.68	9.68
F2	3	Maralfalfa (*Pennisetum sp*)	10.38	31.16
F3	4	Maralfalfa (*Pennisetum sp*)	9.97	39.91
F4	3	Maralfalfa (Pennisetum sp)	9.90	29.70
F5	1	Morado (*Pennisetum purpureum*)	7.80	7.80
Grupo/Fincas	12	Ambas	9.54	23.65

Almacenamiento total de carbono por agrupación de fincas ganaderas en Yoro, Yoro

Los resultados del almacenamiento de carbono en las fincas ganaderas por agrupación (Cuadro 23), muestran que no existe diferencia significativa entre los grupos (PM+CV) (PM+CV+AD) y (PM+CV+AD+BF), respecto de la cantidad de carbono almacenado, pues aceptó el grupo 1 que por no presentar prácticas ni SSP no registra valores de almacenamiento de carbono. Pese a este análisis de varianza, el grupo cuatro (agrupación con mayor número de prácticas y/o sistemas silvopastoriles) refleja la mayor cantidad de toneladas de carbono por hectárea (7.94). En lo que respecta al almacenamiento de carbono por hectárea el G3 Y G4 con valores promedios entre 5.64 – 7.94 t C/ha, mostraron diferencia significativa del G1 Y G2 ($p > 0.05$).

Cuadro 23. Carbono almacenado en grupos de finca

Grupo	Promedio t C/ha	Promedio t C/Finca
Sin SSP	0.00 A	0.00 A
PM+CV	2.96 A B	63.56 B
PM+CV+AD	5.64 B C	67.15 B
PM+CV+AD+BF	7.94 C	87.37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.3 Emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Yoro, Yoro

La principal fuente emisora de GEI es la fermentación entérica proveniente de la ingesta de los animales con 72 % (Figura 8). La segunda fuente de emisión fueron el estiércol producido en las fincas con 17%, y en tercer lugar se registran las emisiones de N_2O provenientes de los fertilizantes químicos utilizados en las distintas actividades realizadas por los productores con 11%. Los valores más bajos fueron los registrados por las emisiones a través de la gestión del estiércol y el uso de energía eléctrica, pues no representan ni el 1% de las emisiones reportadas en el estudio.

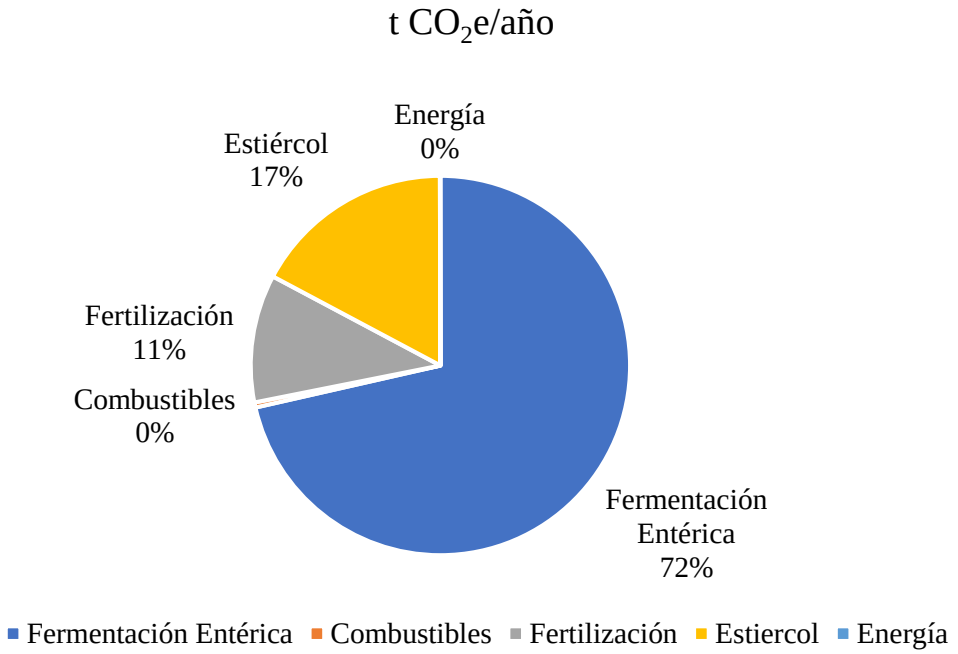

Figura 8. Emisiones de GEI en fincas ganaderas de Yoro, Yoro, Honduras

Emisiones de metano por categoría animal

Las emisiones de GEI debido a la producción ganadera varía según la población bovina. En las fincas bajo análisis se documentó la cantidad de 117 vacas en producción, donde la mayor distribución se encuentra en el grupo (PM+CV+AD+BF) (Cuadro 24). Seguido de las vacas secas o vacas adultas que no están en producción dentro de las fincas con 75 individuos y su mayoría se encuentran en el (PM+CV). Se puede observar que en la categoría de las terneras se encuentran 80 animales e igual que todo el estudio el grupo (PM+CV+AD+BF) presentó el mayor número. Siempre considerando los valores más altos se encuentran novillas con edad de 1-2 años en una cantidad de 78 cabezas. Los demás individuos se distribuyeron en las categorías que se detallan en el (Cuadro 24) para hacer un total de 582 cabezas de ganado de donde resulta el grupo (PM+CV+AD+BF) con el mayor número de animales: 210, seguido del grupo (PM+CV+AD) con 167. El grupo (PM+CV) presentó valores de 157 cabezas de ganado y muy por debajo de los grupos antes mencionados se encuentra el G1 con 48 animales.

Cuadro 24. Estratificación del hato bovino (número de cabezas) por grupo de fincas doble propósito en Yoro, Yoro.

Categoría de animal	Sin SSP	PM+CV	PM+CV+ AD	PM+CV+ AD+BF	Cantidad	Emisiones t CO_2 e/año	Emisiones t CO_2 e/h/año

Vacas en producción	13	31	25	48	**117**	**11.95**	**0.93**
Vacas secas	0	29	21	25	**75**	**9.08**	**0.65**
Terneras	7	24	23	26	**80**	**7.56**	**0.50**
Novillas 1-2 años	7	18	17	36	**78**	**5.36**	**0.28**
Novillas +2 años	6	15	19	18	**58**	**4.13**	**0.16**
Terneros	1	7	16	18	**42**	**2.79**	**0.13**
Novillos 1-2 años	3	12	20	12	**47**	**2.20**	**0.14**
Novillos +2 años	3	7	4	7	**21**	**2.48**	**0.18**
Toros	4	6	8	6	**24**	**2.87**	**0.19**
Caballos	4	6	8	6	**24**	**1.74**	**0.07**
Bueyes	0	2	6	8	**16**	**1.82**	**0.08**
Total	**48**	**157**	**167**	**210**	**582**	**51.98**	**3.31**

Las emisiones de metano presentes en este estudio reportó que la categoría que emitió mayor cantidad de gas fueron las vacas en producción con 11.95 t CO_2/año, seguido de las vacas secas 9.08 t CO_2/ año. En las categorías restantes su rango de emisiones fue de 7.56 - 1.82 t CO_2/año. En estudios realizados en el 2014 en Costa Rica, los resultados fueron de 11.43-19.44 t CO_2/año, en tres fincas ganaderas ubicadas en la zona alta de Cartago. Tomando como referencia estos resultados de estudios anteriores se puede constatar que las fincas analizadas están en valores similares con países vecinos.

Emisiones de combustibles fósiles provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro

Los resultados para las emisiones en combustibles fósiles (Figura 9) mostraron que el 88% de las emisiones provino del uso de la leña que es utilizada para la preparación de los alimentos de los empleados de la finca. Seguido del uso de gasolina 10% y Diesel 2%, empleados por los productores en diversas ocupaciones dentro de la finca como la entrega de la leche en los centros recolectores, movilizándose con motocicletas o sus automóviles diariamente.

En las fincas ganaderas donde se realizó el estudio la mayor cantidad de ellas cuentan con el servicio de energía eléctrica, y por ello el resultado tan bajo de las emisiones en este sector.

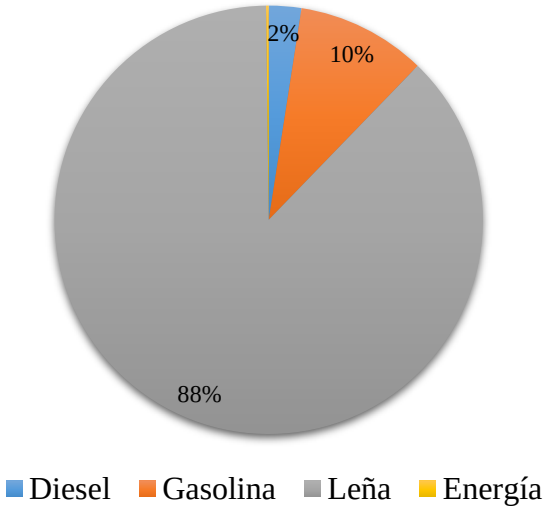

Figura 9. Porcentaje de t CO_2e/año de emisiones de combustibles fósiles provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro

Emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes de 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro

En el caso de las emisiones provenientes del N_2O, el principal emisor en las 20 fincas doble propósito ubicadas en Yoro fueron los fertilizantes químicos, emitiendo 94% (t N_2O e/año) (figura 10). También se observa el aporte de los herbicidas con 6% (t e/año).

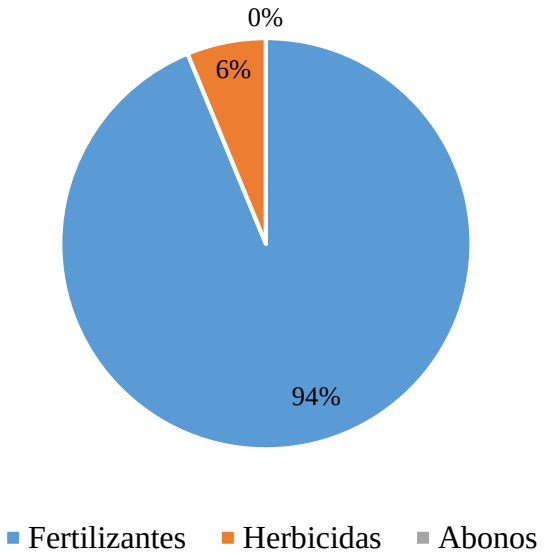

Figura 10. Emisiones de GEI provenientes de óxido nitroso en 20 fincas ganaderas doble propósito en Yoro, Yoro

Emisiones de GEI por grupo de fincas ganaderas

Como resultado de la cuantificación de emisiones de GEI por cada grupo de fincas, se concluye luego de realizar el análisis de varianza y prueba de LSD Fisher (Cuadro 25), que en las emisiones por fermentación entérica no existe diferencia significativa entre los grupos (p valor > 0.05). En las emisiones provenientes por el estiércol, el grupo PM+CV+AD+BF se diferenció de los demás grupos, y esto se puede atribuir a que en este grupo se encuentra el mayor número de vacas (Cuadro 24) en producción (48 vacas).

Respecto de las emisiones por fertilizantes químicos provenientes de la fertilización y fumigación de pasturas mejoradas y bancos forrajeros, sí existe diferencia significativa entre los grupos sin prácticas y SSP, y los grupos que presentaron la implementación en sus fincas de prácticas y SSP. En las emisiones provenientes de los combustibles no se reportó diferencia significativa entre los grupos (p valor > 0.05). El grupo G4 (PM+CV+AD+BF) sí representó diferencia significativa de los demás grupos en cuanto a emisiones por el uso de energía eléctrica.

Cuadro 25. Emisiones de gases de efecto invernadero según distintos grupos de fincas con distintas prácticas silvopastoriles (Diferencias según prueba de LSD Fisher)

Grupo de fincas	Fermentación entérica (tCO_2e/año)	Estiércol (t CO_2e/año)	Fertilizantes (t CO_2e/año)	Combustibles (t CO_2e/año)	Energía (t CO_2e/año)	Totales t CO_2e/año
Sin SSP	27.69 A	0.17 A	0.00 A	8.36 A	0.00 A	39.16 A
PM+CV	56.89 A	0.32 AB	6.68 AB	10.97 A	0.00 A	77.91 B
PM+CV+AD	42.10 A	0.26 AB	9.57 AB	11.30 A	0.01 A	60.31 AB
PM+CV+AD +BF	58.91 A	0.36 B	12.07 B	14.01 A	0.08 B	82.39 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

En las emisiones totales CO_2e/año los grupos (PM+CV), (PM+CV+AD) (PM+CV+AD+BF) presentaron diferencias significativas respecto del grupo sin SSP. En este estudio los valores de emisiones de GEI están entre 39.16 – 82.39 t CO_2e/año. Resultados de estudios en Costa Rica por Vega 2016 reportaron valores en fincas doble propósito de 42.03 – 139.48 t CO_2e/año. De esta manera se demuestra que las emisiones en las fincas ganaderas bajo este estudio presentaron valores de emisiones de GEI y fueron menores.

Cuadro 26. Emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la producción de leche para los distintos grupos de fincas (Diferencia según prueba de LSD Fisher)

Grupo de finca	Promedio t CO_{2e} /año/finca	Promedio t CO_{2e}/ ha/año	t CO_{2e}/Kg leche
Sin SSP	39.16 A	3.59 A	4.15 B
PM+CV	77.91 B	3.53 A	1.80 A
PM+CV+AD	60.31 AB	3.26 A	2.30 A
PM+CV+AD+BF	82.39 B	7.25 B	1.48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Las emisiones de GEI en los grupos de fincas reportaron valores de t CO_2e/ha/año de 3.26 – 7.25 (Cuadro 26), mostrando el grupo G4 (PM+CV+AD+BF) una diferencia significativa entre los demás grupos. Vega en su estudio realizado en Costa Rica reportó valores de 0.16 – 2.57 t CO_2e/ha/año, y luego de esta comparación se puede decir que las fincas dentro del estudio muestran valores altos de emisiones.

Costo de implementación de prácticas y sistemas silvopastoriles internalizados por los productores en el municipio de Yoro, Yoro, Honduras

Los resultados de las entrevistas semiestructuradas (mostraron que los bancos forrajeros presentaron costo económico US$ 549.64). Las pasturas mejores se encuentran con un valor promedio económico de 442.71. US$/ha. Las cercas vivas presentaron un valor económico promedio de implementación de 102 US$/ha. Se notó que acerca de los árboles dispersos en los potreros los productores no realizaban ningún gasto económico

para implementarlo, y la respuesta a ello fue que son árboles obtenidos por regeneración natural (Figura 11).

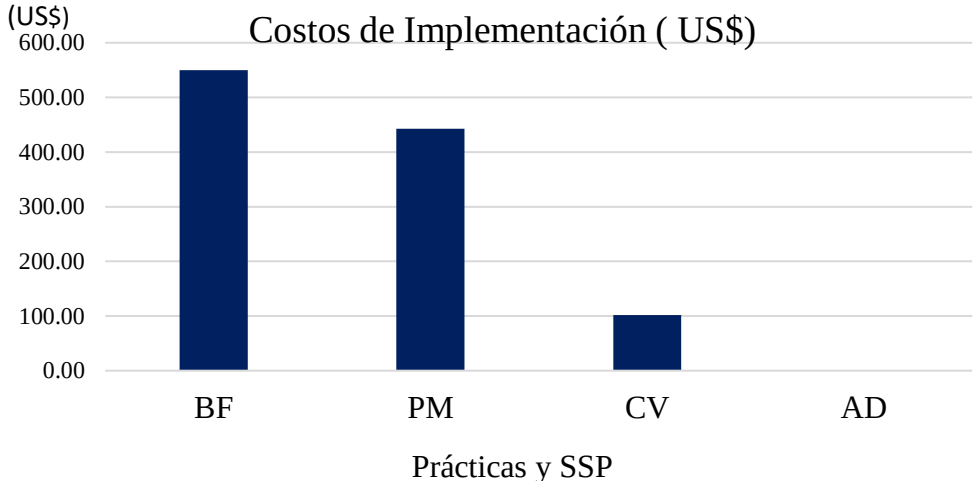

Figura 11. Costos de implementación de prácticas y sistemas silvopastoriles

Costo de mantenimiento de prácticas y sistemas silvopastoriles implementados en grupos de fincas ganaderas

La práctica y/o SSP dentro de cada grupo de fincas con mayor costo económico son los bancos forrajeros US$ 30, seguido de las pasturas mejoradas lo cual presentó un costo de mantenimiento de US$21.50; mientras las cercas vivas y árboles dispersos en los potreros no presentaron gastos para los productores (Figura 12).

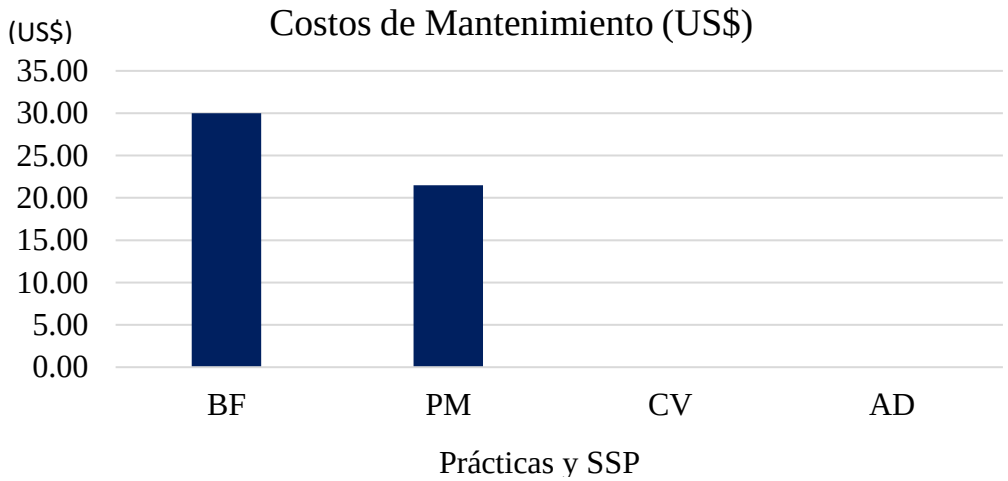

Figura 12. Costos de mantenimiento de prácticas y sistemas silvopastoriles

Costo - efectividad de prácticas y sistemas silvopastoriles

Los bancos forrajeros ocupan el valor más de costo – efectividad con valores de 67.05 US$/t/año. Las pasturas mejoradas presentaron costo económico (US$ 51.13), seguidamente las cercas vivas (US$ 15.00) (Cuadro 27). Los árboles dispersos en los potreros no reportaron gastos monetarios en este estudio por el motivo de que los árboles dentro de las fincas son por regeneración natural y el productor no realizó ningún gasto en implementarlos. Estudios reportados en México, por Gutiérrez y Lopera (2001), reportaron

valores de carbono capturado entre 4.6 – 50.4 US$ /t C/año. En México también, Gutiérrez (2018) reportó valores por tonelada de carbono capturado entre 12.4 y 137.2 US$/ US$ /t C/año. Con los resultados se puede concluir que la práctica más costo eficiente en cuanto a reducción de emisiones de GEI son las cercas vivas.

Cuadro 27. Relación Costo-Efectividad de prácticas y/o sistemas silvopastoriles

Práctica/SSP	Costos monetarios (US$)			Efectividad t/C/ha	Costo -Efectividad US$/ t C/año
	Inversión (US$)	Mantenimiento (año)	Total		
PM	442.71	43.00	485.71	9.50	51.13
CV	102.00	0.00	102.00	6.80	15.00
AD	0.00	0.00	0.00	7.01	0.00
BF	549.64	90.00	639.64	9.54	67.05

PM: Pasturas mejoradas, CV: Cercas vivas, AD, Árboles dispersos en potreros, BF: Bancos forrajeros

5 CONCLUSIONES

Las prácticas y sistemas silvopastoriles tienen alto potencial de almacenamiento de carbono, y las cercas vivas sobresalen con 6.80 t C/km. La transformación de 19.38 km de cercas muertas (cercas sin árboles) a cercas vivas podría aumentar hasta 7 veces la cantidad de carbono almacenado a los 3 años de implementación.

La incorporación de árboles en las áreas de pastoreo también incrementa el almacenamiento de carbono, coincidiendo con lo descrito por Moscoso *et al.* 2018, Chacón y Harvey 2013, Castillo y Mauricio 2013, Gutiérrez, 2018, los cuales afirman que la presencia de árboles dispersos en áreas de pastura favorece la cantidad de carbono almacenado.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, la fermentación entérica resultó ser la principal fuente emisora con el 72% de las emisiones cuantificadas. El grupo (PM+CV+AD+BF) con mayor producción y mayor número de animales mostró un promedio de emisiones de 82.39t CO_2e/año/finca, y 7.25 t CO_2e/ha/año.

Se actualizaron los costos de implementación de las prácticas y SPP del área de estudio, y se encontró que los bancos forrajeros significan un mayor costo económico (US$549.64/ha), seguido por las pasturas mejoradas (US$ 442.71), y respecto de las cercas vivas su costo económico de implementación es de (102 US$/ha). En relación con los árboles dispersos dentro de las fincas surgieron por medio de regeneración natural, por este motivo no mostraron costos de implementación para los productores.

Respecto de los costos de mantenimiento de las prácticas y SSP, los bancos forrajeros representan el mayor costo de mantenimiento en las fincas ganaderas (US$ 90.00/año), seguido de las pasturas mejoradas (US$ 43.00/año), y las cercas vivas no presentaron gastos de mantenimiento para los productores, igual que los árboles en áreas de pastoreo.

Luego del análisis de costo-efectividad se concluye que las cercas vivas representaron los valores menores (US$ 15.00 t C/año); es decir, que tienen un menor costo para almacenar una tonelada de carbono; las demás prácticas presentaron valores más altos donde los bancos forrajeros registran valores de (US$ 67.05 t C/año).

Los productores no llevan un control ordenado de los insumos en la actividad ganadera, y esto dificulta en el momento de realizar este tipo de estudios donde se les solicita mostrar los gastos realizados por dicha actividad.

6 RECOMENDACIONES

Promover la incorporación de árboles en los potreros para aumentar el almacenamiento de carbono con especies pioneras como son *Enterolobium cyclocarpum, Pinus oocarpa, Quercus lineata, Q. ilex, Q. petraea*. Estas especies se caracterizan por ser las más abundantes en la zona mostrando la capacidad de propagarse naturalmente en las áreas de pastoreo. Coincidiendo lo anterior con lo descrito por (Love y Spaner 2005, Zomer *et al.* 2009, Harvey *et al.* 2010, Soto-Pinto *et al.* 2010, Grande *et al.* 2010), respecto de las especies *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum,* pues son especies de árboles dispersos e identificados en los potreros comunes en América Central, México y Panamá.

Crear un sistema de monitoreo donde se esté recolectando información sobre aumento del almacenamiento de carbono en las prácticas y SSP, implementadas en las fincas ganaderas incluyendo variables como crecimiento de árboles (DAP, Altura), emisiones de GEI en las fincas y costos de insumos realizados por el productor en la actividad ganadera.

Dar mayor seguimiento a las prácticas y sistemas silvopastoriles implementadas para lograr eficiencia en la ejecución y asegurar que los productores siguen con el mantenimiento de estas o en escenarios mejores aumentando su implementación.

Para la NAMA, al corto plazo, se recomienda ser agresivo en la incorporación y aumento de árboles en potreros, las cercas muertas transformarlas en cercas vivas y cercas simples de bajas densidades, convertirlas en alta densidad y en cercas mixtas.

Se recomienda para la NAMA diseminar los resultados de este trabajo mediante presentación a las entidades que conforman la mesa de trabajo (FENAGH, SAG, DNCC, ICF, Cámara de leche y carne), para que evalúen el uso de esta información y poder incorporarla en la fase de pilotaje.

Concientizar a los productores dueños de las fincas ganaderas dentro del estudio y demás fincas de la zona que implementen bancos forrajeros para afrontar la época seca y disponer de alimento para su hato ganadero. Sobre todo a productores de zonas ganaderas del país: Atlántida, Yoro, Colón, Olancho, Copan, ya que estos departamentos representan un índice alto en producción de leche y carne para Honduras (SAG, 2010).

7 LITERATURA CITADA

Barahona, R.; Sánchez, S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. 82p.

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. (2016). Catálogo de Tecnologías Silvopastoriles, Buenas Prácticas de Manejo, e Infraestructura en Busca de una Ganadería Sostenible en Honduras.

Castro, (2017). Compromisos y Oportunidades para Honduras ante la firma del Acuerdo de París sobre Cambio Climático. 12 P.

CANU, Federico Antonio., Wretlind, P. H., Audia, I., Tobar, D., & Andrade, H. J. (2018). NAMA para un sector ganadero bajo en carbono y resiliente al Clima en Honduras.

Calle, Z., Murgueitio, E., & Chará, J. (2012). Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. Unasylva, 31-40 p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: síntesis 2010. Naciones Unidas, Santiago de Chile.115p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2016). La Economía del Cambio Climático en Honduras. Ciudad de México. 228 p.

CEPAL, N. (2017). Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe 2017: la movilización de recursos para el financiamiento del desarrollo sostenible. 115 p.

Chacón-León, M., & Alice-Harvey, C. (2013). Reservas de biomasa de árboles dispersos en potreros y mitigación al cambio climático. Agronomía Mesoamericana. 10 p.

Chará, J., Murgueitio, E., Zuluaga, A., & Giraldo, C. (2011). Ganadería Colombiana sostenible. Mainstreaming Biodiversity in Sustainable Cattle Ranching. Cali, Colombia: CIPAV Foundation. 45 p.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, MA, Chambers, JQ, Eamus, D., ... & Lescure, JP (2005). Alometría de árboles y estimación mejorada de las reservas de carbono y balance en bosques tropicales.13 P.

Cramer, L., Huyer, S., Lavado, A., Loboguerrero, A. M., Martínez Barón, D., Nyasimi, M. & van Wijk, M. (2017). Métodos propuestos para evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana.58 P.

CROSLIN, William D. (2004). Integración de un sistema de restauración de red centralizado con un sistema de restauración de red distribuida. 15 P.

Morales Díaz, C., Barrios, G., Solís, Á., Rivera, P., & Nahed Toral, J. (2011). Evaluación experimental de prácticas para establecer plantaciones de *Glyricidia sepium* en la REBISE, Chiapas.

Douxchamps S; Rao IM; Peters M; van der Hoek R; Schmidt A; Martens S; Polania J; Mena M; Binder C; Scholl R; Mosimann A; Holman F; Quintero M; Kreuzer M; Frossard E; Oberson A. (2014). Farm-scale tradeoffs between legume use as forage versus green manure: The case of Canavalia brasiliensis. Agroecology and Sustainable Food Systems.48 p.

Finanzas & Carbono. (2017). Acerca de las INDC. BID, P (ed.) Consultado 10/03/2017. Disponible en http://finanzascarbono.org/financiamiento-climatico/canales-multilaterales-definanciamiento/acerca-de-las-indc/

Espinal, S. (2012). Situación actual de la ganadería de Honduras. 27 pág.

Espinal, S; Flores, M. (2013). Plan de capacitación y asistencia técnica. Producción sostenible de leche y carne en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sierra de Agalta (PNSA). 28 pág.

Esquivel, M. J.. (2005). Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. 158 pág.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2008). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. La Ganadería, a examen. Roma, Italia.48p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería: una evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. 9 p.

FAO, (2006), Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, Food and Agriculture Organization, Roma, Italia. 89 P.

FENAGH (Federación Nacional de Agricultores y Ganaderos de Honduras). (2013). Desempeño reciente del sector agroalimentario y propuesta de medidas para mejorar su competitividad y acelerar su crecimiento. Tegucigalpa, Honduras.

FENAGH (Federación Nacional de Agricultores y Ganaderos de Honduras). (2013). Desempeño reciente del sector agroalimentario y propuesta de medidas para mejorar su competitividad y acelerar su crecimiento. Tegucigalpa, Honduras.

Galindo, L. M., & Samaniego, J. (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: algunos hechos estilizados. Revista CEPAL.28p.

Gerber, P; Hristov, A; Henderson, B; Makkar, H; Oh, J; Lee, C; Meinen, R; Montes, F; Ott, T; Firkins, J. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review Animal. 234p.

Gerber, P; Hristov, A; Henderson, B; Makkar, H; Oh, J; Lee, C; Meinen, R; Montes, F; Ott, T; Firkins, J. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review Animal. 234p.

Goetter, J., Picht, H. J., & PROAGRO, G. (2011). Adaptación al cambio climático: Cosecha de agua de lluvia con "Atajados" en Bolivia. Agencia de Cooperación Alemana-GTZ. (Bolivia). 5p.

Gutiérrez, VH; Lopera, GJ. (2001). Valoración Económica de la Fijación de Carbono en Plantaciones Tropicales de Pinus patula. Colombia, UNd (ed.). Bogotá, Colombia.

Gutiérrez, (2018). Relación Costo-efectividad de prácticas silvopastoriles, como insumo para la elaboración de la Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada – NAMA – de ganadería bovina en México. 81 P.

Harmeling, S., & Eckstein, D. (2011). Global climate risk index 2010. Who suffers most from extreme weather events, 1-26 P.

HARGREAVES, J.N.; KERR, J.D. BOTANAL - A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. II. Computacional package. St. Lucia: CSIRO, Division of Tropical Crops and Pastures, (1978). 88p. (Tropical agronomy technical memorándum). 10 P.

Harvey, C. A., Saborio-Rodríguez, M., Martinez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Chain-Guadarrama, A., Vignola, R., & Alpizar, F. (2018). Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. Agriculture & Food Security, 7(1), 57. Harmeling, S., & Williams, C. K. (2011). Greedy learning of binary latent trees. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 33(6), 1087-1097.

Holdridge, LR, y Grenke, WC (1971). Ambientes forestales en zonas de vida tropical: un estudio piloto. Ambientes forestales en zonas de vida tropical: un estudio piloto.

Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. Proceedings of the national academy of sciences, 104(50), 19691-19696.75p.

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45:27 – 36p.

Ibrahim, M., Villanueva, C., & Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América.

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45:27 – 36p.

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45:27-36.

Ibrahim, M; Villanueva, C; Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. 39 p.

Ibrahim, M; Villanueva, C; Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. 39 p.

Imbach, P., Chou, S. C., Lyra, A., Rodrigues, D., Rodriguez, D., Latinovic, D., ... & Georgiou, S. (2018). Future climate change scenarios in Central America at high spatial resolution. PloS one, 13(4), e0193570.

IPCC. (2007). Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers. Contribución del grupo de trabajo II al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Cuarta evaluación. Ginebra, Suiza, Secretaría del IPCC.

IPCC (2013), "Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. 143 p.

IPCC, 2014: Cambio climático (2014): Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 p.

IPCC, (2018). La protección de la vida en el planeta, a partir de la revisión de los acuerdos de las cumbres mundiales del clima y de los informes del IPCC, mediante análisis de contenido. Energía y Sostenibilidad, Perez, j. i. c., López, s. l., Alique, p. m., & Martin, a. f. 7(1).

Honduras, I. N. E. (2013) Instituto Nacional de Estadística de Honduras.[En línea]. INE Honduras.

Honduras, I. N. E. (2018) Instituto Nacional de Estadística de Honduras.[En línea]. INE Honduras.

INTA, A. T. (2018). Emisión de metano por fermentación entérica en vacas bajo pastoreo de la lechería tropical. Alcances Tecnológicos, 12(2), 47-56.

LAMPRECHT, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. Deutsche Geesellschaft für technische zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Cooperación Técnica República Federal de Alemania, 126 P.

Lütken, S., Dransfeld, B., Wehner, S., Agyemang-Bonsu, W., Avendaño, F., Babu, D., ... & Kelly, R. (2013). Guidance for NAMA Design-building on country experiences. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Moscoso *et al.,* (2018). Balance de carbono en fincas ganaderas de la región suroriente de Guatemala. 60 P.

Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17 p.

Naranjo, JF; Cuartas, CA; Murgueitio, E; Chará, J; Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala en Colombia Livestock Research for Rural Development. 12 p.

O´Mara, F., (2011), “The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future”, en Ani-mal Feed Science and Technology. 14 P.

Ordaz, J. L., Mora, J., & Ramírez, D. (2010). Istmo Centroamericano: Efectos del cambio climático sobre la agricultura. 34. P.

Palm C. A. K. Hariah y M. van Noordwijk. Junio (1999). Muestreo revisado de Carbono para ABS. Mimeografado. Documento de Trabajo. 7 p.

Pezo, D., & Ibrahim, M. (1997). Sistemas silvopastoriles. Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. FIRA Boletín Informativo, 29(290).

Rao, I. M., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., ... & Tapasco, J. (2015). LivestockPlus: The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics.

Reynolds, J., & Gaspari, K. C. (1985). Cost–effective Analysis. Primary Health Care Operations Research (PRICOR) Monograph Series, Operations Research Methods. Chevy Chase, Maryland: Center for Human Services, May.

Reisinger, A., y Clark, H. (2018). ¿Cuánto contribuyen realmente las emisiones ganaderas directas al calentamiento global? Biología del cambio global, 24 (4), 1749-1761.

Ruiz, F; Gómez, R; Harvey, C. (2005). Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás, Nicaragua. Managua, Nicarágua, TROPITECNICA –NITLAPAN. 40 p.

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 º 4 1 - 4 2: Disponible en http://www.sidalc.net/repdoc/A2407e/A2407e.pdf

Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). (2010). Caracterización del sector Agropecuario. 7 P.

Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., ... Bolwig, S. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 811- 922). Cambridge University Press.

Sánchez, B. 2014. Sistemas silvopastoriles en Honduras: Una alternativa para mejorar la ganadería. FAO, Tegucigalpa, Ho. 2014. 36 p.

Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: 78 P.

SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras). (2010). Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Tegucigalpa, Honduras.

Serna, L., Escobar, D., Tapasco, J., Arango, J., Chirinda, N., Chacón, M. & Villanueva, C. (2017). Retos y oportunidades para el desarrollo de la NAMA Ganadería en Colombia y Costa Rica. 5 p.

Solórzano, J. L., Neira Cuadra, O. A., Altamirano Guerrero, R., Guevara Flores, R. S., García, M. Á., Osejo, N., ... & Acosta Martínez, M. A. (2016). Perspectivas sobre

la seguridad alimentaria en Nicaragua en el contexto del cambio climático. Reflexiones y propuestas. UCA Publicaciones.

Toruño Morales, I., Villanueva, C., López, M., Tobar, D., & Louman, B. (2014). Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de Nicaragua. CATIE, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Managua. 105 p.

Toruño Morales, I., Villanueva, C., López, M., Tobar, D., & Louman, B. (2014). Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de Nicaragua. CATIE, (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Managua. 105 p.

USDA (United States Department of Agriculture). (2016). Economic Research Service. Natural Resources & Environment.

Villanueva, C; Ibrahim, M; Haensel, G. (2010). Producción y rentabilidad de Sistemas Silvopastoriles: Estudios de caso en América Central. ed. – Turrialba, Costa Rica: CATIE, 78 p.

Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Sinclair, F; Gómez, R; López, M; Esquivel, H. (2004). Tree Resources on Pastureland in Cattle Production Systems in the Dry Pacific Region of Costa Rica and Nicaragua. In Mannetje, L; Ramírez, L; Ibrahim M; Sandoval C; Ojeda N; Ku J. eds. The Importance of Silvopastoral Systems for Providing Ecosystems Services and Rural livehoods. Mérida, México. 183–188 p.

Vega, (2018). Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica. 138 P.

Vine, E., & Sathaye, J. (1999). Guidelines for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of energy-efficiency projects for climate change mitigation. Lawrence Berkeley National Laboratory. 147 p.

8 ANEXOS

ANEXO 1. Entrevista semiestructurada

ENCUESTA PARA DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE GEI EN FINCAS GANADERAS

1- Información de la finca

Fecha: _____Técnico: _____
Productor: _____ Edad: _____ Tel: _____
Ubicación coordenada X, _____Y, _____ Altitud: _____
Localización de la finca: _____
Departamento: _____ Municipio: _____ Aldea/Caserío: _____
Reside en finca Sí _____ No _____

MANEJO DE LA FINCA

2- ¿Cuál es el sistema de producción de la finca?

Sistema	Marque con X
Lechería especializada	
Doble propósito	
Carne_cría	
Carne_cría_engorde	
Carne_engorde	
Mixto (Agricultura _ Ganadería)	

USOS DE SUELO

3- Área de los diferentes usos de suelo presentes en la finca

Uso de la tierra	Área (ha)	Observaciones**
Pasturas naturales		
Pasturas mejoradas		
Bancos forrajeros de gramíneas		
Bancos forrajeros de leñosas		
Cultivos anuales		
Cultivos permanentes		
Plantaciones forestales		
Tacotales o charrales		
Bosques ribereños		

Bosques secundarios		
Otros		
Total (Has)		

** Anotar información complementaria, por ejemplo, especies de pastos predominantes.

4- **¿El ganado lo maneja en una sola finca?** **Sí _____ No_____** (si responde Sí, pasar a la pregunta **8**)

HATO GANADERO

5- **Inventario completo de animales bovinos respecto de las diferentes categorías de hato en su finca**

Categoría de ganado	No. de animales
Vacas en producción	
Vacas paridas (pero no en producción de leche)	
Vacas secas	
Novillas > 2 años	
Novillas 1-2 años	
Terneras	
Toros	
Machos > 2 años	
Machos 1-2 años	
Terneros	
Caballos	
Bueyes	
Total	

ALIMENTACIÓN

6- **Tiene bancos forrajeros Sí _____ No_____**

Producción número de vacas y producción de leche

Variable	cantidad
Número de vacas en ordeño	
Producción total de la finca en kg/día	

No de ordeños	

Prácticas ganaderas

7- ¿Posibles prácticas que emplean en las fincas?

Prácticas empleadas en la finca	**Marque con una X**
Alquiler de pasturas en fincas vecinas	
Aprovechamiento de los frutos que producen los árboles y palmas para alimentación animal	
Arborización de pasturas y cultivos	
Asocio de leguminosas con gramíneas	
Bancos forrajeros de corte y acarreo	
Bancos forrajeros para ramoneo	
Cercas vivas	
Cosecha de agua	
Descarga de animales (Venta)	
Ensilaje	
Heno	
Uso de fertilizantes orgánicos	
Pastoreo rotacional	
Técnicas para la captura, almacenamiento y distribución del agua (cosechas de agua, jagüeyes, lagunetas) en las fincas	
Riego para cultivos y/o pastos	
Uso de biodigestores	
Compostaje	

ANEXO 2. Encuesta de Costos de prácticas y/o sistemas silvopastoriles

TOMA DE DATOS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS Y SISTEMAS SILVOPASTORILES

Nombre de la finca_____
Nombre del productor_____
Fecha de evaluación_____
Coordenadas X _____Coordenadas Y _____
Práctica o sistema silvopastoril en finca_____
Tamaño de la práctica_____
Precio día de trabajo_____ Lps
Número de empleados de la finca_____

1. Trabajo de implementación de práctica o sistemas silvopastoril

Trabajo realizado	Día trabajado	No. de empleados	Gasto Lps	Observación
Limpieza del terreno				
Fumigación antes de siembra				
Destronconado				
Arado o volteado				
Cercado				
Agujeros para siembra				
Siembra				
Fertilización				
Desmalezado/Fumigación				
Total				

2. Materiales, semillas para implementación

Trabajo realizado	Kilo/Litro/Rollo	Costo Unitario	Costo Total	Observación
Semilla				
Fungicida				
Fertilizante				
Alambre				
Grapas				
Postes				
Total				
Total de Implementación				

3. Costos de mantenimiento

Trabajo realizado	Dia trabajado	No. empleados	Gastos Lps	Observación
Desmalezado				
Fertilización				
Total				
Materiales (Fungicidas y fertilizantes)				
Insumo	**Cantidad**	**Costo unidad**	**Costo total**	**Observación**
Fungicida				
Fertilizante				
Total				
Gran total				