CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL

DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Balance de gases de efecto invernadero, diversidad arbórea y su efecto en las reservas de carbono en usos de suelo de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado

Como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Agroforestería y Agricultura Sostenible

Por:

Víctor Hugo Rodríguez-Salguera

Turrialba, Costa Rica

2017

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

***MAGISTER SCIENTIAE* EN AGROFORESTERIA Y AGRICULTURA SOSTENIBLE**

FIRMANTES:

Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Codirector de tesis

Claudia Sepúlveda, M.Sc.
Codirectora de tesis

Diego Tobar, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Mario Chacón, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Mario A. Piedra Marín, Ph.D.
Decano Programa de Posgrado

Víctor Hugo Rodríguez Salguera
Candidato

DEDICATORIA

A Dios por nutrir mi fe y ayudarme a creer en mí mismo.

A mi madre, que en paz descanse, por sus consejos que aún suenan en mi mente y mi corazón.

A mi esposa Yeli por todo su amor y comprensión, Dios te bendiga.

A mis hijos Valeria, Victoria y Mahatma por ser mi fuente de energía e inspiración.

AGRADECIMIENTO

Primero, a Dios por incluir en su creación las capacidades con las que hoy me permite terminar esta meta.

A la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y al Programa Regional de Cambio Climático (PRCC) por ser la fuente que financió mi beca de estudios de maestría[1].

A los miembros de mi comité de asesores por todo el apoyo brindado en este proceso de formación académica.

A todos y cada uno de los profesores de CATIE, quienes pusieron esmero y dedicación en mi proceso de formación.

Al equipo de la unidad de bioestadística de CATIE por su gran colaboración en el análisis de datos, especialmente a Sergio Vílchez.

Al equipo de trabajo de la Fundación Madera Verde por el apoyo incondicional brindado en la etapa de campo.

A Jaime Peralta, coordinador del PRCC en Honduras y a Osman Duarte, técnico del PRCC, por su valioso apoyo en mi fase de campo.

A todas las familias y productores que abrieron las puertas de sus hogares y propiedades y me permitieron llevar a cabo este estudio.

A mi asistente de campo, el Sr. Servando Mejía por poner a disposición su experiencia local y su labor tan crucial en la fase de campo de este estudio.

Al profesor José Linares y a todo el personal del herbario del Centro Universitario del Litoral Atlántico (CURLA) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), por su importante apoyo en la identificación de especies vegetales.

A Héctor Rojas, Aldo Flores y Luis Soto por la gran amabilidad y apoyo recibido durante el tiempo que estuve en Honduras.

[1] Este estudio ha sido posible gracias al apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Programa Regional de Cambio Climático. Los contenidos y opiniones expresadas aquí no son responsabilidad del Programa Regional de Cambio Climático y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos. CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por el autor. Las ideas del autor no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

CONTENIDO

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTO IV
CONTENIDO V
ÍNDICE DE CUADROS IX
DE FIGURAS XI
ÍNDICE DE ECUACIONES XIII
ÍNDICE DE ANEXOS XIV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS XV
Resumen XVII
CAPÍTULO I 1
1. Introducción 1
1.1. Objetivos 2
1.1.1. Objetivos generales 2
1.1.2. Objetivos específicos 2
1.2. Preguntas de Investigación 3
2. Revisión de Literatura 4
2.1. Cambio climático y Gases de Efecto Invernadero (GEI) 4
2.2. Emisiones de GEI en fincas ganaderas (FG) 6
2.3. Fermentación entérica, estiércol y gas metano (CH_4) 7
2.4. Estiércol, agregados antropogénicos y óxido nitroso (N2O) 8
2.5. Dióxido de carbono (CO_2) en fincas ganaderas y consumo energético 9
2.6. Métodos de cuantificación de emisiones de GEI en fincas ganaderas 9
2.6.1. Cuantificación de las emisiones de GEI a través de métodos directos 9
2.6.2. Estimación de las emisiones de GEI a través de métodos indirectos 11
2.7. Opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas 13
2.7.1. CH_4 y su mitigación en fincas ganaderas 14
2.7.2. CH_4 y N_2O del estiércol y su mitigación en fincas ganaderas 16
2.7.3. CO_2 y su mitigación en fincas ganaderas 17
2.8. Fincas ganaderas y diversidad arbórea. 18
2.9. Importancia de la diversidad arbórea en las fincas ganaderas 18
2.10. Métodos para evaluar la diversidad arbórea en fincas ganaderas 19
2.11. Índices de diversidad alfa 20

2.12. Árboles y reservas de carbono 22
2.13. Métodos de estimación de las reservas de C en el componente arbóreo. 23
2.14. Mecanismos que incluyen a los árboles dentro de las estrategias de mitigación de cambio climático 25
3. Resultados relevantes del estudio 26
4. Conclusiones 27
5. Bibliografía 29
CAPÍTULO II. 41
Artículo I. Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya Honduras 41
Resumen 41
1. Introducción 42
2. Metodología 44
2.1. Ubicación del área de estudio 44
2.2. Selección de las fincas ganaderas 45
2.3. Caracterización de las fincas ganaderas 46
2.4. Descripción de variables para caracterización 46
2.5. Clasificación de las fincas ganaderas según su carga animal 48
2.6. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero 48
2.6.1. Supuestos y consideraciones para la estimación de las emisiones y del balance de GEI en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya 48
2.6.2. Límites del estudio 48
2.7. Descripción de variables para emisiones 49
2.8. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por fermentación entérica 50
2.9. Emisiones de CH_4 y N_2O por deposición del estiércol en las pasturas 51
2.9.1. Emisiones de metano por deposición directa del estiércol en las pasturas 52
2.9.2. Emisiones directas de óxido nitroso por deposición de excretas y orina de animales en pasturas 52
2.9.3. Emisiones indirectas de N_2O por lixiviación debido a deposición de excretas y orina de animales en pasturas. 53
2.9.4. Emisiones indirectas de N_2O por volatilización debido a deposición de excretas y orina de animales en pasturas 53
2.10. Emisiones por consumo de combustibles fósiles en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya 54
2.11. Emisiones por consumo eléctrico en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya… 54

2.12. Intensidad de las emisiones en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya 54
2.13. Balance de gases de efecto invernadero y su relación de con un índice de conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya 55
2.14. Análisis de datos 56
3. Resultados y Discusión 56
3.1. Caracterización y clasificación de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya 56
3.1.2. Alimentación del ganado y manejo de pastura 58
3.1.3. Descripción sobre tipo de infraestructura, equipo y consumo energético 59
3.2. Clasificación de las fincas ganaderas en base a la carga animal 60
3.3. Emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras 61
3.3.1. Composición de las emisiones totales de GEI por categoría de fuente 61
3.4. Proporción de las emisiones totales de GEI según fuente de emisión 62
3.5. Emisiones de gases de efecto invernadero según tipo de fincas 64
3.6. Emisiones de GEI debidas a la composición del hato ganadero 65
3.7. Intensidad de las emisiones en kg de CO2e por kg de leche en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras 67
3.8. Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras 68
3.9. Relación entre las fuentes de emisión de GEI, balance de gases, CA, producción de leche, índice de conservación de la biodiversidad y la tasa de fijación de carbono en FG doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras 69
4. Conclusiones 71
5. Recomendaciones 72
6. Bibliografía. 73
CAPÍTULO III 82
Artículo II: Diversidad arbórea y su influencia en las reservas de carbono del componente leñoso de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras 82
Resumen 82
1. Introducción 83
2. Metodología 84
2.1. Ubicación del área de estudio 84
2.2. Selección y descripción de los sistemas ganaderos 86
2.3. Estrategia de muestreo 88
2.4. Parcelas de muestreo en ADP 89

2.5. Parcelas de muestreo en CV 90
2.6. Parcelas de muestreo en Bosques y ACH 91
2.7. Recolección de datos de campo 92
2.8. Cálculo de variables dasométricas, diversidad arbórea y carbono almacenado 92
2.9. Cálculo del carbono 93
2.10. Carbono en árboles podados 94
2.11. Diversidad y composición de especies 95
2.12. Análisis estadístico 97
3. Resultados y discusión 98
3.1. Riqueza y diversidad alfa y beta de especies por uso de suelo estudiado en el valle de Sico y Paulaya, Honduras 98
3.2. Riqueza de especies en cada uno de los usos de suelo estudiados en el valle de Sico y Paulaya, Honduras 100
3.3. Estructura y composición de especies presentes en usos de suelo de sistemas ganaderos del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Distribución de especies por clases diamétrica 103
3.3.1. Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) para especies presentes en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras 104
3.4. Reservas de carbono almacenado arriba del suelo en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras 108
3.5. Relación entre la diversidad arbórea y carbono almacenado en usos de suelo del valle de Sico y Paulaya, Honduras 109
4. Conclusiones 111
5. Recomendaciones 112
6. Bibliografía 113
7. Anexos 120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características biofísicas del municipio de Iriona, Sico-Paulaya, Honduras..... 44
Cuadro 2: Descripción de variables productivas y manejo para caracterización de fincas ganaderas del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 47
Cuadro 3: Descripción de variables de emisiones de gases de efecto invernadero (Mg CO2e) en fincas ganaderas del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 49
Cuadro 4: Ecuaciones para el cálculo de la energía bruta necesaria para estimar el factor de emisión en las fincas ganaderas del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 51
Cuadro 5: Tasas de fijación de carbono (t CO2 ha-1 año-1) e índice de conervacion de biodiversidad en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras..... 55
Cuadro 6: Características biofísicas y productivas de 30 fincas ganaderas del Valle de Sico y Paulaya, Honduras; donde se estimaron las emisiones de GEI y las reservas de carbono en árboles en diferentes usos del suelo. 57
Cuadro 7: Categorías animales, número de animales por categoría y peso de las mismas encontrado en fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras. 58
Cuadro 8: Características nutricionales de las especies forrajeras encontradas en fincas ganaderas doble propósito del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 59
Cuadro 9: Caracteristicas productivas de tipos de fincas doble proposito según carga animal en el valle de Sico y Paulaya, Honduras..... 60
Cuadro 10: Composición de las misiones de CO2e por categoría de fuente en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico-Paulaya, Honduras. 61
Cuadro 11: Emisiones totales, por unidad de área y por unidad animal en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras..... 64
Cuadro 12: Comparación de las emisiones (Mg año-1) por categoría animal proveniente de distintas investigaciónes en diferentes países. 66
Cuadro 13: Intensidad de las emisiones en kg de CO2e por unidad de producto (Leche) en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras..... 67
Cuadro 14: Comparación de las emisiones por unidad del presente estudio con estudios realizados en otros países del mundo..... 67
Cuadro 15: Matriz de coeficientes de correlación de Spierman para las fuentes de emisión, potreros y características productivas de las fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras. 70
Cuadro 16: Características biofísicas del municipio de Iriona, Sico-Paulaya, Honduras..... 85
Cuadro 17: Área total de usos de suelos del suelo presentes en sistemas ganaderos en el Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 88
Cuadro 18: Definición de los usos de suelo contemplados para la evaluación de la diversidad arbórea y el carbono en el valle de Sico-Paulaya, Honduras. 88
Cuadro 19: Características arbóreas de los usos de suelos presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 99
Cuadro 20: Valores relativos del Índice de Valor de Importancia ecológica (IVI) de las 10 especies más importantes en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya Honduras. 106

Cuadro 21: Carbono total y por hectárea almacenado en usos de suelos presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 109
Cuadro 22: Coeficiente de determinación y P-valores que explican la ausencia de relación entre la diversidad (Riqueza y Equidad) y el carbono almacenado en fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras. 110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de efecto invernadero ocacionado por GEI emitidos en actividades antropogénicas. Fuente: Elaboración propia. 5
Figura 2: Absorciones de carbono y fuentes de emisión de GEI en sistemas agropecuarios. (Fuente: IPCC 2006). 7
Figura 3: Métodos directos para la cuantificación de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas. a) Cámaras de respiración. b) Hexafluoruro de Azufre (FS6). c y d) Método INTA Castelar. e) Metano Detector Laser (MDL). f) Cámaras estáticas para cuantificación de N2O y CH4 11
Figura 4: Mapa de ubicación y distribución de los sistemas ganaderos en el Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 45
Figura 5: Análisis de conglomerado para la selección de los 30 sistemas ganaderos evaluados en el valle de Sico-Paulaya, Honduras. 46
Figura 6: Proporción de las emisiones en fincas ganaderas doble propósito del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. a) Emisiones de gases de efecto invernadero según fuente de emisión. b) emisiones de gases de efecto invernadero por demanda energetica. c) emisiones de gases de efecto invernadero por consumo de combustibles fósiles. 62
Figura 7: Comportamiento de las emisiones de GEI por fermentación entérica (Fe) y deposición de estiércol en el suelo (Des) (CH4 y N2O) para cada categoría animal presente en las fincas ganaderas en estudio. 65
Figura 8: Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 68
Figura 9: Analisis de regresión entre el balance de gases de efecto invernadero y el area total de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 69
Figura 10: Regresión lineal simple entre fuentes de emisiones de GEI y variables productivas: a) Regresión entre el total de emisiones de CO2e por Fe (Fermentación entérica) y CA. b) Regresión entre las emisiones de CO2e por Des (Deposición de excretas en el suelo) y CA. c) Regresión entre las emisiones de CF (Combustibles fósiles) de CO2e y CA. d) Regresión entre las emisiones totales de CO2e y CA. e) Regresión entre el total de emisiones de CO2e por Fe y leche por ha. f) Regresión entre las emisiones de CO2e por Des y leche por ha. g) Regresión entre las emisiones de CF de CO2e y leche por ha. h) Regresión entre las emisiones totales de CO2e y leche por ha. i) Regresión lineal entre el balance de GEI y la tasa de carbono anual fijado. 71
Figura 11: Mapa de ubicación y distribución de las fincas ganaderas en el Valle de Sico-Paulaya, Honduras. 86
Figura 12: Análisis de conglomerado para la selección de las 30 fincas ganaderas evaluados en el valle de Sico-Paulaya, Honduras. 87
Figura 13: Método de muestreo en potreros con árboles dispersos en fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras. a) Potreros divididos en secciones para ubicar transectos. b) Coordenadas de ubicación de los transectos dentro de cada sección. 90
Figura 14: Métodos de muestreo en cercas vivas de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 91
Figura 15: Establecimiento de PM en bosques (a) y áreas de conservación hídricas en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 91

Figura 16: Diversidad específica e Índices de diversidad para cada US en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico-Paulaya, Honduras: a) Índice de diversidad de Piellou para cada US. b) Índice de diversidad de Shannom para cada US. c) Índice de diversidad de Simpson para cada US. d) Comparación de individuos vs especies en cada uso de suelo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LCD de Fisher (p > 0.05). ADP: Árboles Dispersos en Potreros. CV: Cercas Vivas. Bosques y ACH: Áreas de Conservación hídrica. 101
Figura 17: Curvas de rarefacción por individuo en diferentes US presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Curva de rarefacción en bosques (S=140; Chao1 = 160-218). Curva de rarefacción en áreas de conservación hídrica (S=92; Chao1 = 140-271). Curva de rarefacción en potreros con árboles dispersos (S=158; Chao1 = 186-200). Curva de rarefacción en cercas vivas (S=26; Chao1 = 31-35). 103
Figura 18: Número promedio de individuos (a) y especies (b) con DAP ≥ 3,5 cm por clase diamétrica para los usos de suelo Árboles dispersos en potreros (ADP), bosque, Áreas de conservación hídrica (ACH) y cercas vivas (CV), en el valle de Sico-Paulaya, Honduras. Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LCD de Fisher (p > 0.05). ADP: Árboles Dispersos en Potreros. CV: Cercas Vivas. Bos: Bosques y ACH: Áreas de Conservación hídrica. 104
Figura 19: Relación entre el carbono almacenado y la diversidad arbórea presente en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya Honduras. a) Relación entre diversidad y carbono (R2=0.07; P=0.0227). b) Relación entre individuos y carbono (R2=0.74; P<0,0001). ADP: Árboles Dispersos en Potreros. CV: Cercas Vivas. Bos: Bosques gestionados y ACH: Áreas de Conservación hídrica. 110

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Emisiones totales por fermentación entérica del ganado. 50
Ecuación 2: Factor de emisión de CH4 por fermentación entérica del ganado. 50
Ecuación 3: Emisiones de CH4 provenientes del estiércol depositado en las pasturas por el ganado. 52
Ecuación 4: Emisiones directas de N2O del estiércol (orina y heces) depositado por animales de pastoreo en pasturas. 52
Ecuación 5: Emisiones indirectas por lixiviación de N2O de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas. 53
Ecuación 6: Emisiones indirectas por volatilización de N2O de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados o praderas. 53
Ecuación 7: Leche corregida a 4% de su contenido graso y 3.3% de proteína. 54
Ecuación 8: Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 55
Ecuación 9: Cálculo de diámetro a la altura del pecho para árboles muestreados en sistemas ganaderos del valle de Sico y Paulaya Honduras. 92
Ecuación 10: Cálculo del diámetro cuadrático medio (DCM) en árboles bifurcados por debajo de 130 cm. 93
Ecuación 11: Modelo alométrico desarrollado por Chave *et al.*(2005) para el cálculo de biomasa sobre el suelo en sistemas ganaderos del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 93
Ecuación 12: Cálculo de la fracción de carbono presente en la biomasa aérea de los usos de suelo de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 93
Ecuación 13: Cálculo del volumen en árboles podados presentes en CV de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 94
Ecuación 14: Cálculo del carbono en la biomasa del fuste de árboles podados encontrados en cercas vivas de fincas ganaderas del Valle de Sico y Paulaya Honduras. 94
Ecuación 15: Fórmula para el cálculo del índice de Shannon (H') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 95
Ecuación 16: Fórmula para el cálculo del índice de Pielou (J') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 95
Ecuación 17: Fórmula para el cálculo del índice de Shannom (D') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 95
Ecuación 18: Fórmula para el cálculo del índice de valor de importancia ecológica (IVI) en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 96
Ecuación 19: Fórmula para el cálculo abundancia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 96
Ecuación 20: Fórmula para el cálculo dominancia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 96
Ecuación 21: Fórmula para el cálculo del área basal en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 97
Ecuación 22: Fórmula para el cálculo de la frecuencia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. 97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Listado general de especies y sus familias. 120
Anexo 2: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en potreros con Árboles dispersos de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 126
Anexo 3: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en cercas vivas de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 130
Anexo 4: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en areas de conservación hídrica de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 130
Anexo 5: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en bosques gestionados de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 133
Anexo 6: Ilustracion de las densidades de Árboles con las cuales los productores establecen las cercas vivas de Erythrina spp (a) y G. sepium (b) en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. 136

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACH: Áreas de Conservación Hídrica

ADP: Árboles Dispersos en Potreros

AFOLU: Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, por sus siglas en inglés

AR: Abundancia Relativa

Bg: Bosques gestionados

C: Carbono

CA: Carga Animal

CAE: Curva de Acumulación de Especies

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CC: Cambio Climático

CD: Clase Diamétrica

CE: Consumo Energético

CP: Conferencia de las Partes

CF: Combustibles Fósiles

CH_4: Metano

CMNUCC: Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático

CO_2e: Dióxido de Carbono Equivalente

CV: Cercas Vivas.

CURLA: Centro Universitario del Litoral Atlántico

D': Índice de Simpson

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

DCM: Diámetro Cuadrático Medio

Des: Emisiones por Deposición de Estiércol por los Animales en las Pasturas

DR: Dominancia Relativa

DIVMS: Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca

EF: Factor de Emisión

FDN: Fibra Detergente Neutro

Fe: Fermentación Entérica

FG: Finca Ganadera

FR: Frecuencia Relativa

GEI: Gases de Efecto Invernadero

Gt: Gigatoneladas

H': Índice de Shannom

HFC: Hidrofluorocarbonos

IPCC: Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático, por sus siglas en inglés

IVI: Índice de Valor de Importancia Ecológica

J': Índice de Piellou

LDM: Laser Detector de Metano

Mg: Megagramo

NAMA: Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas

N_2O: Óxido Nitroso

PC: Proteína Cruda

PFC: Perfluorocarbonos.

PRCC: Programa Regional de Cambio Climático

PM: Parcela de Muestreo

SF6: Exafluoruro de azufre

SSP: Sistemas Silvopastoriles

UA: Unidades Animales

UNAH: Universidad Nacional Autónoma de Honduras

US: Uso de Suelo

USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, por sus siglas en inglés

Resumen

Este estudio estimó el balance de emisiones de GEI y evaluó la relación entre la diversidad arbórea y el carbono aéreo almacenado en fincas ganaderas (FG) doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Se seleccionó 30 FG y se les aplicó encuestas semiestructuradas para conocer sus características biofísicas, productivas y/o de manejo y con ello determinar las emisiones anuales de GEI utilizando métodos de nivel 1 y 2 del IPCC; con esto y con base en tasas anuales de fijación de carbono en usos de suelo determinadas para la zona de estudio, se realizó el balance de GEI de las FG. Para analizar la diversidad arbórea (DA) y su relación con el carbono (C) aéreo almacenado en los árboles, se estableció parcelas de muestreo (PM) en potreros con árboles dispersos (ADP), cercas vivas (CV), áreas de conservación hídricas (ACH) y bosques. En cada PM, se registraron los individuos mayores a 8 cm de DAP. Haciendo uso de índices de diversidad como Shannon, Piellou, Simpson y parámetros que expresan el valor de importancia ecológica de cada especie (IVI), se pudo estimar la diversidad y composición específica. El C se estimó mediante un modelo alométrico genérico (Chave *et al.* 2005). Las FG en total emitieron 4,397.7 Mg año^{-1} de CO_2e, cuyas emisiones promedio por hectárea fueron de 3,9 Mg ha^{-1} año^{-1} y por finca de 146,6 Mg año^{-1}de CO_2e. El 64,8% de las emisiones totales se debe al CH_4 emitido por fermentación entérica y un 22,7% proviene del N_2O emitido por excretas, la diferencia es atribuida al consumo energético (12.5%). De este último porcentaje, un 90,7% es atribuida al consumo dendroenergético, lo que a su vez representa un 10,3% de las emisiones totales. Mediante técnicas de coeficientes de correlación, se identificó una relación altamente positiva entre las emisiones totales y la carga animal. En cuanto al balance de GEI, de las 30 FG estudiadas 4 presentaron un balance negativo con un rango de emisiones netas de -31,1 y -109,1 Mg año^{-1} de CO_2e. Las emisiones de CO_2e por unidad de producto de las 30 FG fueron en promedio de 2,3 kg de CO_2e por kg de leche producido. Asimismo, se registró 4.585 árboles pertenecientes a 248 especies, de estas, 158 fueron encontradas en ADP, 27 en CV, 92 en ACH y 140 en bosques. Los bosques y las ACH tuvieron el mayor C almacenado (Mg ha^{-1}), seguido por las CV y ADP. La evaluación de la relación de la riqueza de especies sobre el C almacenado no evidenció ningún efecto significativo; sin embargo, el número de individuos sí influenció las reservas de C en las FG del valle. Se recomienda, para reducir las emisiones, cambiar el sistema de pastoreo continuo a uno rotacional, incluir especies forrajeras leguminosas e implementar estufas ecoeficientes; para incrementar la diversidad arbórea y el C, se sugiere incluir otras especies útiles como CV además de las que ya existen y que se pueden adaptar a las condiciones locales e incrementar la cobertura arbórea dentro de los potreros.

Palabras clave: Balance de gases de efecto invernadero, CH_4, N_2O, CO_2, carga animal, usos de suelo, tasas de fijación de carbono, índices de conservación de la biodiversidad, índices de diversidad, C almacenado

CAPÍTULO I

Introducción

La ganadería extensiva basada en praderas de gramíneas en las zonas tropicales y subtropicales de América ha tenido un impacto ambiental negativo en los ecosistemas. Esto como consecuencia de la asociación de este sistema con la deforestación, la pérdida de biodiversidad y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO 2015). Reducir o mitigar estos impactos modela entre los retos más importantes relacionados con esta actividad (Rao *et al*. 2015).

Se señala a la producción ganadera como una actividad emisora de GEI como el metano (CH_4) resultante de la fermentación entérica (Fe), el óxido nitroso (N_2O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado y dióxido de carbono (CO_2) por consumo energético, a tal punto que se estima que un porcentaje significativo de las emisiones antropogénicas se derivan de este sector (Steinfeld *et al.* 2009). Es por eso que muchos países han implementado políticas en el sector ganadero, encaminadas a remover el C emitido y al mismo tiempo reducir sus emisiones con buenas prácticas de manejo (Sepúlveda 2015). En Cuba, por ejemplo, se ha logrado demostrar que los sistemas silvopastoriles (SSP) almacenan más C que los sistemas ganaderos tradicionales; esto, es atribuido a la cobertura arbórea presente en los SSP (Miranda *et al*. 2007). Esta misma experiencia se repite en países como Colombia, Costa Rica, Nicaragua, México, entre otros (Casasola 2015).

Desde esta perspectiva, la ganadería juega un papel clave en la mitigación del cambio climático (CC), ya que ocupa un área considerable, tanto en América tropical como en el mundo entero, representando un rubro importante en la economía y la seguridad alimentaria de muchos países al proveer de carne, leche y sus derivados; siendo una de las fuentes de ingreso principales de muchas familias de pequeños, medianos y grandes productores (FAO 2015).

La ganadería puede emitir GEI, pero dichas emisiones pueden ser compensadas si se implementan buenas prácticas de manejo del sistema; entre las que se pueden mencionar, balance de dietas, incorporar SSPi, manejo de apartos (rotación), mejoramiento genético y manejo del estiércol. A sí mismo, manejar bien los distintos usos del suelo (US) contribuye significativamente a la remoción de C, ya sea por la conservación de bosques, reforestación o establecimiento de pasturas mejoradas o la presencia de cercas vivas y árboles en potrero (Ibrahim *et al.* 2010).

En países como Costa Rica, Nicaragua y Colombia, se han realizado investigaciónes con resultados importantes en diferentes zonas ganaderas (Matiguás, Quindío y Esparza) que mostraron que el C total almacenado (arriba y bajo el suelo) en bosques secundarios y en SSP fue más alto que lo encontrado en pasturas degradadas. En Esparza, Costa Rica, la cantidad media total de C almacenado en las pasturas con cobertura alta de árboles fue 4 veces mayor, comparados con las pasturas degradadas. El componente arbóreo de las pasturas de Matiguás, almacenó en promedio más C que las de Esparza (11,8 vs 7,5 Mg C ha^{-1}); esto se debió a la

mayor densidad de árboles en las pasturas de Matiguás, estos resultados demuestran el papel de los árboles en la mitigación de las emisiones y, por ende, del CC (Ibrahim *et al*. 2007).

Sin embargo, a excepción de Costa Rica, Nicaragua y Panamá, en el resto de países de América Central no existen estudios científicos en el sector ganadero intencionados a evaluar las emisiones y flujos de C, por lo que se hace necesario desarrollar estudios de este tipo en aras de conocer el estado del sector en materia de C almacenado y emisiones de GEI.

Honduras cuenta con una estrategia relacionada a CC, la cual refleja la vulnerabilidad de este país en materia de medioambiente y seguridad alimentaria. Dicha estrategia incluye dentro de sus objetivos aspectos relacionados con la reducción y remoción de emisiones de GEI producidos en el sector agricultura, en el cual se incluye al sector ganadería (SERNA 2010).

La zona de Sico y Paulaya, en el departamento de Colón, es caracterizada por ser estrictamente productora de ganado, esto está teniendo repercusiones negativas en reservas de biosferas como Río Plátano y demás ecosistemas aledaños. Es importante realizar investigaciónes en dicha zona, las cuales hagan ver a los pobladores como el reemplazo de los bosques por el incremento de la ganadería está teniendo impactos importantes en el CC y en la biodiversidad en general del ecosistema local (Flores y Manzanares 2014).

En esa búsqueda, el propósito de este estudio es estimar el balance de GEI y su relación con la diversidad arbórea en FG del valle del Sico y Paulaya, esperando que los resultados de este contribuyan a las metas de objetivos planteados en estrategias de mitigación al CC y desarrollo humano sostenible en este país centroamericano.

Esta tesis se divide en 3 capítulos: El capítulo I incluye una síntesis general acompañada de los objetivos, preguntas de investigación, revisión de literatura, resultados relevantes y conclusiones. El capítulo II comprende el artículo I “Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya Honduras”. El capítulo III contiene el artículo II “Diversidad arbórea y su influencia en las reservas de carbono aéreo en usos de suelo de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras”. En ambos artículos, se cuenta con la ubicación y descripción del área de estudio, metodología y análisis de variables, presentación de resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, así como también su respectiva bibliografía.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos generales

- ✓ Estimar el balance de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.
- ✓ Evaluar la relación entre la diversidad arbórea y el carbono aéreo almacenado en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

1.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar productiva y biofísicamente las fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

- ✓ Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la composición del hato y de la demanda energética de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.
- ✓ Determinar las emisiones de gases de efecto invernadero por kg de leche producido en las fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.
- ✓ Estimar el balance de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.
- ✓ Determinar la relación entre variables productivas, índices de conservación de biodiversidad y la tasa de fijación de carbono con las fuentes de emisiones y el balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.
- ✓ Evaluar la diversidad arbórea presente en usos de suelo de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya Honduras.
- ✓ Estimar el carbono almacenado en la vegetación arbórea presente en usos de suelo de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya Honduras.
- ✓ Analizar la relación entre la diversidad arbórea y abundancia de individuos con las reservas de carbono en usos de suelo de sistemas ganaderos doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

1.2. Preguntas de Investigación

Caracterización

¿Qué características tienen las FG de acuerdo con usos de suelo, manejo, carga animal y producción en el valle de Sico y Paulaya, Honduras?

Emisiones

¿Cuántos Mg de CO_2e totales y netos (Mg $ha^{-1}año^{-1}$) son emitidos por fuentes de emisiones en las FG doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

¿Cuál de las categorías que componen el hato ganadero está emitiendo mayores cantidades de CO_2e en las FG doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

¿Cuántos kg de CO_2e se están emitiendo por cada kg de leche producido en los FG del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

¿Contribuye la cobertura vegetal de los usos de suelo de las FG a que el balance de gases de efecto invernadero sea positivo?

¿Qué relación hay entre la carga animal, producción de leche, índice de conservación de biodiversidad y la tasa de fijación de carbono con las fuentes de emisiones y el balance de gases de efecto invernadero?

Diversidad arbórea

¿Cuál es la diversidad taxonómica de la vegetación presente en usos de suelo de sistemas ganaderos doble propósito del valle de Sico-Paulaya, Honduras?

¿Cuáles son las especies más importantes desde el punto de vista ecológico en los usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

Carbono almacenado y su relación con la diversidad arbórea

¿Cuáles de los usos de suelo presenta mayores reservas de carbono por ha en el componente arbóreo en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras?

¿Cuál es la relación entre la diversidad taxonómica y las reservas de carbono existente en los diferentes usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

¿Cuál es la relación entre abundancia de individuos y las reservas de carbono existente en los diferentes usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras?

Revisión de Literatura

1.3. Cambio climático y Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Se le conoce como cambio climático (CC) a la variación del clima en todo el mundo, el cual es provocado por causas naturales y antropogénicas. Dicho fenómeno afecta a todos los países por igual y se ve reflejado en cambios de variables climáticas (precipitación y temperatura), incremento en el nivel del mar y en eventos climáticos extremos como sequías, huracanes, tornados, etc (IPCC 2001).

Nunca la evidencia en materia de CC había sido tan contundente, el quinto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) revela que la temperatura global incrementará 2°C en este siglo, aún en un escenario optimista de bajas emisiones, dejando claro que dicho incremento es inevitable y la única opción ante esta situación es la mitigación y adaptación (IPCC 2014).

Otra evidencia clara es el efecto de las emisiones antropogénicas de GEI en el calentamiento global; se estima que desde la era preindustrial las concentraciones de CO_2 en el ambiente se han incrementado en un 40% (IPCC 2014b), esto a la par del crecimiento económico global, cuyo PIB mundial entre 1995 y 2014 se incrementó en un 68,5% (Banco Mundial 2016).

El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) plantea que son 6 los GEI que mayormente están contribuyendo al calentamiento global: CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC y SF_6 (CMNUCC 1998); de estos, el CO_2 es considerado el gas que más contribuye al CC (IPCC 1997); este, en el 2013, alcanzó 400 ppm por primera vez en por lo menos los últimos 800 mil años (IPCC 2014b). Estos gases son emitidos por los distintos sectores económico-productivos de todas las naciones del mundo: energía, industria, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) y desechos (IPCC 2006).

El efecto invernadero es un fenómeno natural que durante millones de años ha sido el que ha hecho posible la vida en el planeta al mantener una temperatura adecuada (15°C); sin embargo, este fenómeno, después de que el hombre empezó a usar maquinarias demandantes de combustibles fósiles como medios de producción, empezó un incremento considerable de las

concentraciones de GEI en la atmósfera (Landa *et al.* 2010), causando lo que hoy se conoce como calentamiento global.

Por un lado, el sol es la principal fuente de energía en el planeta, cuya radiación en gran parte atraviesa la atmósfera y llega hasta la superficie terrestre, permitiendo de esta manera una regulación climática (Benavides y León 2007), luego el planeta absorbe una parte de esa energía y otra es reflejada al espacio, donde las concentraciones de las moléculas de los GEI retienen una cantidad considerable y la regresan a la superficie terrestre ocasionando el efecto invernadero, y con ello el CC (Figura 1).

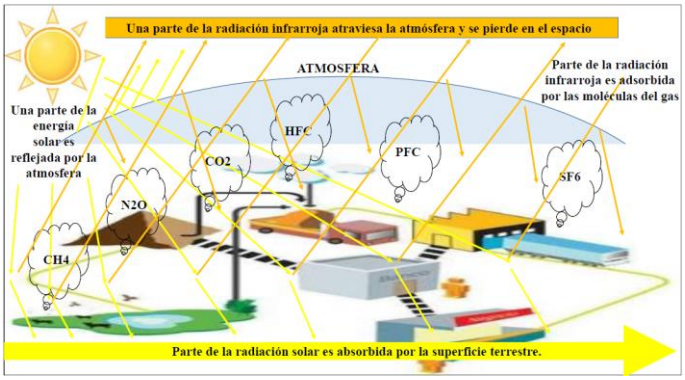

Figura 1: Esquema de efecto invernadero ocasionado por GEI emitidos en actividades antropogénicas. Fuente: Elaboración propia.

Conscientes de que el CC representa una amenaza global para el ser humano y la vida en el planeta y reconociendo la necesidad global de reducir las emisiones mundiales, en diciembre de 2015 se dieron cita 193 representantes de estados en lo que se conoció como el Acuerdo de París en la 21 reunión oficial de la conferencia de las partes (CP 21) donde se definió un horizonte de trabajo en materia de desarrollo sostenible de 15 años (Agenda 2030) (CMNUCC 2015). Dicha directriz está compuesta de 17 objetivos y 169 metas de los cuales el objetivo 13 (*Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*) contempla 5 metas relacionadas con estrategias de educación, resiliencia, adaptación y mitigación del CC que conllevan a una serie de soluciones viables para que los países puedan ejercer sus actividades económicas de manera sostenible y con responsabilidad ambiental (CEPAL 2016).

De no adoptarse las medidas derivadas de la CP 21, las consecuencias pueden ser nefastas para el planeta. La región de América Latina y el Caribe no será inmune a tales efectos, a pesar de que sus emisiones no superan el 10% (9,25%) (Tudela 2014) de las emisiones globales. El quinto informe del IPCC, amparado en un escenario optimista de bajas emisiones, estima un incremento en la temperatura a finales de siglo de 1 a 1,5°C y una alta variabilidad de las precipitaciones acompañadas de un incremento en el nivel del mar para la región (IPCC 2014).

Más vulnerable es la región centroamericana cuya contribución a las emisiones globales no supera el 1% (0,8%); sin embargo, es una de las regiones del mundo más afectada por el CC (Bárcenas *et al.* 2012). La organización German Watch (2015), en su índice de riesgos globales

relacionados con eventos extremos derivados del CC en 183 países, resalta que entre 1994 y 2013 Honduras fue el país a nivel mundial más afectado por eventos climáticos extremos, seguido muy de cerca por Nicaragua y Guatemala, que en ese orden ocupan los puestos cuatro y nueve del ranking (Kreft *et al*; 2015).

En la región CA, el sector agrícola sobresale como una de las actividades económicas más vulnerables ante el CC, dicho sector es de suma importancia, ya que de él depende un 10% del PIB regional. La producción de granos básicos, y la ganadería se han visto afectados, sobre todo en el corredor seco, lo cual atenta contra la seguridad alimentaria y nutricional de la región, sobre todo en los núcleos familiares más vulnerables (Aguilar 2011).

En resumen, el CC es un reto común para todos los seres humanos, que no respeta fronteras, raza ni religión. Es un problema que requiere coordinación en todos los niveles globales donde, los países cooperantes deben centrar sus esfuerzos en reducir sus propias emisiones y a la vez contribuir para que los países en desarrollo avancen hacia una economía baja en carbono. El sector ganadero, a nivel mundial enfrenta un doble reto, por un lado, debe de satisfacer la demanda de alimentos de una población creciente y por otro, debe ser determinante su contribución en la reducción de las emisiones (FAO 2016).

1.4. Emisiones de GEI en fincas ganaderas (FG)

El último dato sobre las emisiones globales corresponde al año 2014, en ese año, se estimó en cerca de 52,7 Gt CO_2e, de las cuales 35,5 Gt de CO_2 se originaron de la quema de combustibles fósiles (67,4%) (UNEP 2015). El IPCC atribuye un 22% (~10-12 Gt CO2eq $año^{-1}$) de las emisiones globales al sector AFOLU. En América Latina, este sector es el que mayor aporta a las emisiones (58%), correspondiendo al sector agrícola un 21% de las emisiones de la región, la diferencia (37%) es atribuida solo al sector silvicultura y otros usos de suelos (IPCC 2014; Tudela 2014).

De las emisiones globales del sector AFOLU (22% mundial), se estima que un 66% (7,1 Gt CO2eq $año^{-1}$) proviene de la ganadería; la especie vacuna es la que más aporta dentro de este subsector, correspondiendo a la producción de carne y leche un 41 y 29% respectivamente (Gerber *et al.* 2013).

Las emisiones de GEI en el sector agricultura, a diferencia de los demás sectores productivos que sustentan la economía de las naciones, se caracteriza por emitir, además de CO_2, mayormente otros gases distintos como son metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) (Gerber *et al.* 2013). Ambos gases con un poder de calentamiento global superior al del CO_2, equivalente a 21 CO_2e en el caso del CH_4 y 310 CO_2e en el caso del N_2O en un horizonte temporal de 100 años (IPCC 2006).

Dichos GEI son emitidos en un 49%, principalmente durante procesos intrínsecos a la actividad ganadera (Fermentación entérica, gestión del estiércol, riego, etc.) y elaboración de alimento animal (45%); el resto es debido a las distintas etapas de elaboración y transporte de los productos pecuarios (Gerber *et al.* 2013). En el primer caso, la Fe representa la principal fuente

de emisión de la ganadería. Además, se estima que el 29% del metano antropogénico producido a nivel global es derivado de esta fuente (GMI 2015) (Figura 2).

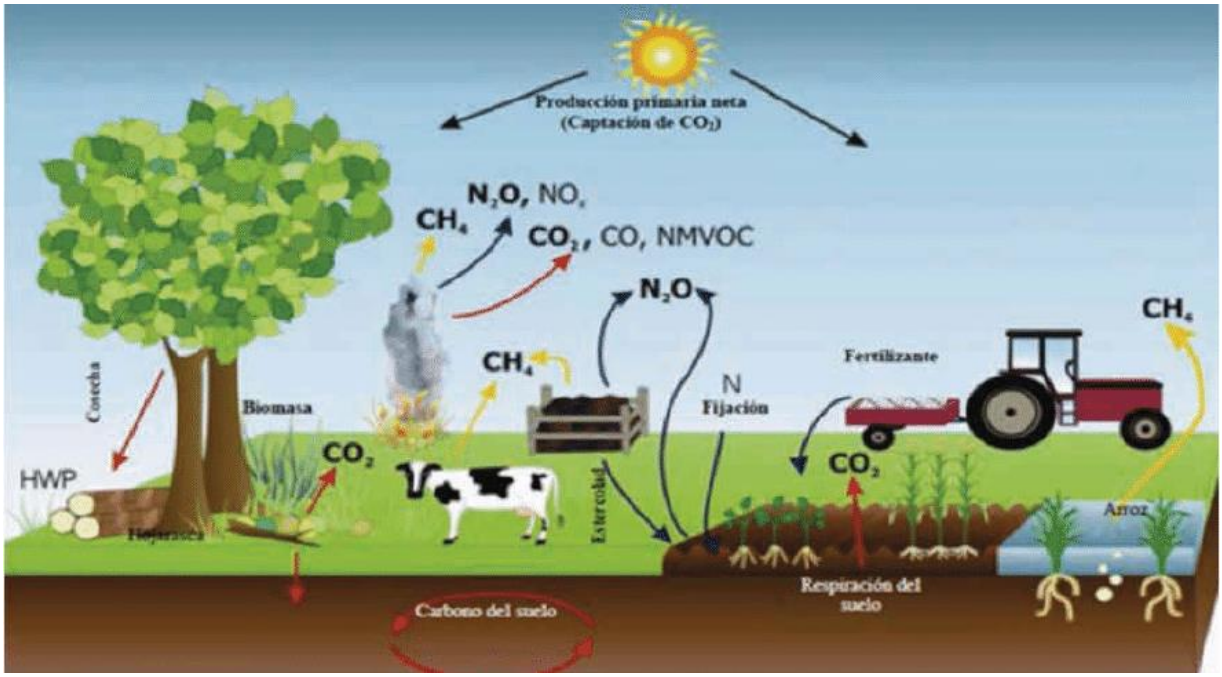

Figura 2: Absorciones de carbono y fuentes de emisión de GEI en sistemas agropecuarios. Fuente: IPCC 2006.

1.5. Fermentación entérica, estiércol y gas metano (CH_4)

La fermentación entérica (Fe) es un proceso fisiológico propio de los rumiantes. Durante el cual, se emiten CH_4, que se deriva de la fermentación ruminal producida por microorganismo metanogénicos como parte de un proceso digestivo anaeróbico, el cual busca la degradación o descomposición de los carbohidratos ingeridos en la dieta en moléculas más simples que los animales puedan digerir (Carmona *et al*. 2005).

Del total de emisiones de CO_2e derivadas de los distintos GEI en la ganadería, un 44% se atribuye al CH_4; específicamente, en el ganado vacuno, esta proporción asciende al 65%. Esto debido principalmente a que la Fe representa una fuente de emisión importante en los rumiantes (Gerber *et al.* 2013).

Inicialmente, se creía que las emisiones de CH_4 durante la Fe eran excretadas vía rectal; tal creencia llevó a muchos estudios que buscaban cuantificar las emisiones de este gas en el ganado a realizar fisuras en la cavidad izquierda de los bovinos con el objetivo de lateralizar el gas y poderlo cuantificar (Berra 2007; Berra 2009). Tiempo después, otros estudios corroboraron que el método era parcial y evidenciaron que las emisiones de CH_4 provenientes de la Fe era excretado por el esófago a través de eructos (Berra *et al.* 2012). Muños *et al*. (2012) comparando métodos de cuantificación de emisiones de metano con trazadores de hexafluoruro de azufre (SF_6) y cámaras de respiración en vacas lecheras determinó que solo un 3% del total de metano emitido por una vaca procedía vía rectal y la diferencia era emitida vía eructos por la nariz y la boca.

La literatura concuerda en afirmar que las emisiones de CH_4 derivadas de la Fe difieren entre dieta consumida, asegurando que cuanto mayor es el contenido de fibra las emisiones se incrementan (Pinares-Patiño 2012). Otro hallazgo importante es la diferencia existente entre las emisiones de CH_4 entre dietas a base de plantas C3 y C4. Los animales alimentados con plantas C3 emiten menos CH_4 por unidad de energía digestible consumida que aquellas alimentadas con plantas C4; esto es atribuido a las diferencias anatomofisiológicas entre este tipo de plantas, dado que las plantas C3 están compuestas por una mayor proporción de tejidos de alta digestibilidad respecto a las C4 (Vargas *et al.* 2012).

Además, es válido mencionar que las emisiones de CH_4 durante el proceso de Fe también se traducen en pérdida energética; lo que, a su vez, equivale a pérdidas económicas. Estudios han demostrado que aproximadamente un 6,5% de la energía consumida en la dieta de los rumiantes se pierde en la metanogénesis producida por los microorganismos dentro del rumen (Johnson y Johnson 1995); sin embargo, este porcentaje puede variar entre 2-12% dependiendo de la dieta consumida (Beauchemin *et al.* 2004; DeRamus *et al.* 2003).

Otra fuente de emisión en la ganadería es a través del estiércol, se estima que un 10% de las emisiones totales de la actividad ganadera proviene de dicha fuente, de este porcentaje un 1,2% aproximadamente es atribuida al CH_4 del estiércol (Gerber *et al.* 2103). Sin embargo, esta cifra puede variar dependiendo del manejo aplicado en cada FG. En las FG, el estiércol puede tener varios destinos: algunos optan por almacenarlo (líquido o sólido), otros por depositarlo en las pasturas con propósitos de fertilización o también pueden ser depositados en las pasturas directamente por los animales (IPCC 1996; IPCC 2006).

El proceso de fermentación del alimento que comienza con la ingesta y posterior Fe continúa aún cuando los rumiantes (y otros animales monogástricos) excretan los desechos. Las excretas conservan microorganismos metanogénicos que al igual que en la Fe siguen descomponiendo la celulosa y con ellos emitiendo CH_4. Debido a que la condición para que se produzca CH_4 es estrictamente anaeróbica, las emisiones de este en el estiércol dependen de su manejo (Hristov *et al.* 2013).

1.6. Estiércol, agregados antropogénicos y óxido nitroso (N2O)

Las emisiones de N_2O provienen de distintas prácticas pecuarias como son: manejo del estiércol (sólido o líquido), aplicación de fertilizantes nitrogenados a las pasturas, aplicación de estiércol a las pasturas, y deposición directa de las heces en las pasturas por el ganado (IPCC 1996; IPCC 2006). Se estima que del total de las emisiones de CO_2e producidas en la ganadería vacuna, aproximadamente un 29% corresponde a N_2O (Gerber *et al*. 2013).

Tanto en las emisiones debidas a los distintos métodos de manejo del estiércol, como las derivadas de agregados al suelo (fertilización o deposición del estiércol en pastizales), el N_2O se emite de forma directa e indirecta.

Las emisiones directas son consecuencia de la nitrificación y desnitrificación del N contenido en el estiércol (bosta y orina) o fertilizante. La nitrificación es un proceso de oxidación microbiana a través del cual el amoniaco (NH_3) es convertido en nitrato (NO_3), dicho proceso

es un prerrequisito para la formación de N_2O. La nitrificación no es posible bajo condiciones anaeróbicas; a diferencia, la desnitrificación es un proceso microbiano de óxido-reducción estrictamente anaeróbico en el cual NO_3 y NO_2 (nitritos) son transformados en N_2O y nitrógeno mineral (N_2). En el proceso de emisiones de N_2O, tanto la nitrificación como la desnitrificación son complementarios (Hristov *et al.* 2013; IPCC 2006).

Por otro lado, las emisiones indirectas son consecuencia de la volatilización en forma de CH_3 (amoniaco) o NO_x (óxido de nitrógeno) del N orgánico excretado (Urea o NH_4) o agregado al suelo, aunque además es válido mencionar a la lixiviación como otra forma de emisión indirecta debidas a agregados antropogénicos al suelo o bien a deposiciones directas de estiércol por el ganado, especialmente en zonas con altas precipitaciones (IPCC 2006).

1.7. Dióxido de carbono (CO_2) en fincas ganaderas y consumo energético

El CO_2 es otro gas producido en la actividad ganadera, este se emite producto de la demanda energética necesaria en toda la cadena de producción, ya sea leche o carne. Dentro de las principales fuentes de emisión de este gas identificadas en una FG, se puede mencionar: consumo eléctrico, consumo de combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas licuado), consumo dentroenergéticos (leña) y quema de sabanas y estiércol.

Estas emisiones se derivan de distintas actividades desarrolladas en el proceso de producción como transporte de insumos y producto, riego, establecimiento de pastizales, etc. Para el caso de carne especializada, esta fuente representa aproximadamente un 1% de las emisiones vacunas, en el caso de leche esta proporción asciende hasta el 8,3%, incluidas acá tanto las emisiones dentro, como fuera de la granja (Gerber *et al*. 2013).

1.8. Métodos de cuantificación de emisiones de GEI en fincas ganaderas

Cuantificar las emisiones en las FG es un preámbulo para el diseño y desarrollo de estrategias de mitigación. Los métodos de cuantificación o estimación de las emisiones de GEI pueden dividirse en directos e indirectos. Dentro de los métodos directos, existe una serie de técnicas implementadas con el propósito de cuantificar las emisiones in vitro o in situ (Carmona *et al.* 2005), en cambio los métodos indirectos son desarrollados a partir de información relacionada con el número de animales, el peso y las características de la dieta; lo cual sirve para predecir la producción de metano por cada rumiante. Ambos métodos se describen a continuación:

1.8.1. Cuantificación de las emisiones de GEI a través de métodos directos

En lo que respecta a CH_4 producido por Fe, existe una serie de técnicas utilizadas para cuantificar las emisiones. Una de ellas es la cámara de respiración. Esta metodología contempla diseños que van desde cámaras cerradas, cajas en la cabeza, o capuchas ventiladas y máscaras faciales, cuyo principio común es conocer la diferencia entre las concentraciones del aire inspirado y expedido (Figura 3a). Dicha técnica tiene la desventaja de ser costosa y además restringe el movimiento natural de los animales, lo cual incrementa su incertidumbre en cuanto a la precisión del cálculo de las emisiones (Carmona *et al.* 2005).

La cámara metabólica es otro método directo de cuantificación de las emisiones en FG que permite conocer *in vitro* la producción de CH_4, mediante la simulación de las condiciones del

rumen y la Fe. Esta técnica consiste en inocular una determinada dieta con fluido ruminal bajo condiciones de temperatura controladas (39°C) y en un periodo determinado (24, 48, 72, 96 o 144 horas) extraer el gas y conocer su concentración mediante cromatografía (Moura *et al.* 2015).

Otra técnica de estimación del CH_4 producido durante la Fe es el uso de hexafluoruro de azufre (SF6), un gas inerte colocado en forma de bolo ruminal, cuya principal ventaja es la de no limitar al animal en su comportamiento normal en pastoreo (DeRamus *et al.* 2003). Dicha técnica consiste de la instalación de tubos capilares en los cuales muestras de gas eructado son continuamente obtenidas a través de un tubo capilar, conectado a un colector localizado en el cuello del animal (Figura 3b). Luego de la recolección de las muestras, el colector es presurizado con nitrógeno (N2) y con cromatografía de gases se determina el metano y el SF6 (Moura *et al.* 2015; Carmona *et al.* 2005).

Una técnica novedosa ha sido desarrolla en Argentina por el INTA Castelar para determinar el metano emitido por las vacas en tiempo real, la cual consiste en la colación de una tubuladora intranasal por donde circula el gas emitido hacia un aparato conectado a una serie de sensores que miden el volumen y concentración de metano que circula, los cuales están acoplados a un sistema de registro compuesto por un módem celular el que con ayuda de un chip telefónico puede transmitir el metano registrado en tiempo real a ordenadores, el cual puede ser visto desde cualquier lugar o momento (Figura 3c,d). Esta técnica, aunque un poco costosa, reduce la incertidumbre que puede ser ocasionada por manejo operario, como sucede en otras técnicas como el SF6 (Berra *et al.* 2012).

Otra técnica relativamente reciente es el del láser detector de metano (LDM), esta se basa en la absorción espectroscópica de rayos infrarrojos. La concentración de gas se determina según la cantidad de luz infrarroja absorbida por el gas (Figura 3e). Esta técnica tiene la gran ventaja de ser sensible a las moléculas de metano; lo cual reduce incertidumbre en ambiente abierto donde la atmósfera contiene muchos otros gases; además, mediante el LDM es posible conocer la concentración de gas emitida en tiempo real. Sin embargo, esta técnica ha sido mayormente utilizada en ambientes estabulados con vacas lecheras, siendo su principal desventaja la falta de precisión en ambientes en pastoreo, donde las condiciones ambientales y ciclos de respiración de los animales pueden influir negativamente en la cuantificación del gas (Chagunda 2013).

El método de muestreo más usados en la cuantificación de emisiones de N_2O en estiércol (bosta y orina) en FG son las cámaras de medición estáticas de flujo cerrado (Figura 2f). Estas consisten de una base y una tapa circular cuyas dimensiones en diámetro y altura dependen de factores como humedad y temperatura (Clough *et al.* 2015). La base se inserta en el suelo unos 10 cm de la superficie, sobre la cual se adhiere la tapa de unos 40 cm de diámetro y 25 cm de altura. El gas se muestrea diariamente durante un lapso determinado (4 semanas, dos veces al día) por medio de jeringas (10ml) que se insertan en una válvula de la tapa de la cámara, cuyo contenido (gas) se evacúa en viales al vacío para su posterior análisis cromatográfico (Rochette y Eriksen-Hamel 2008).

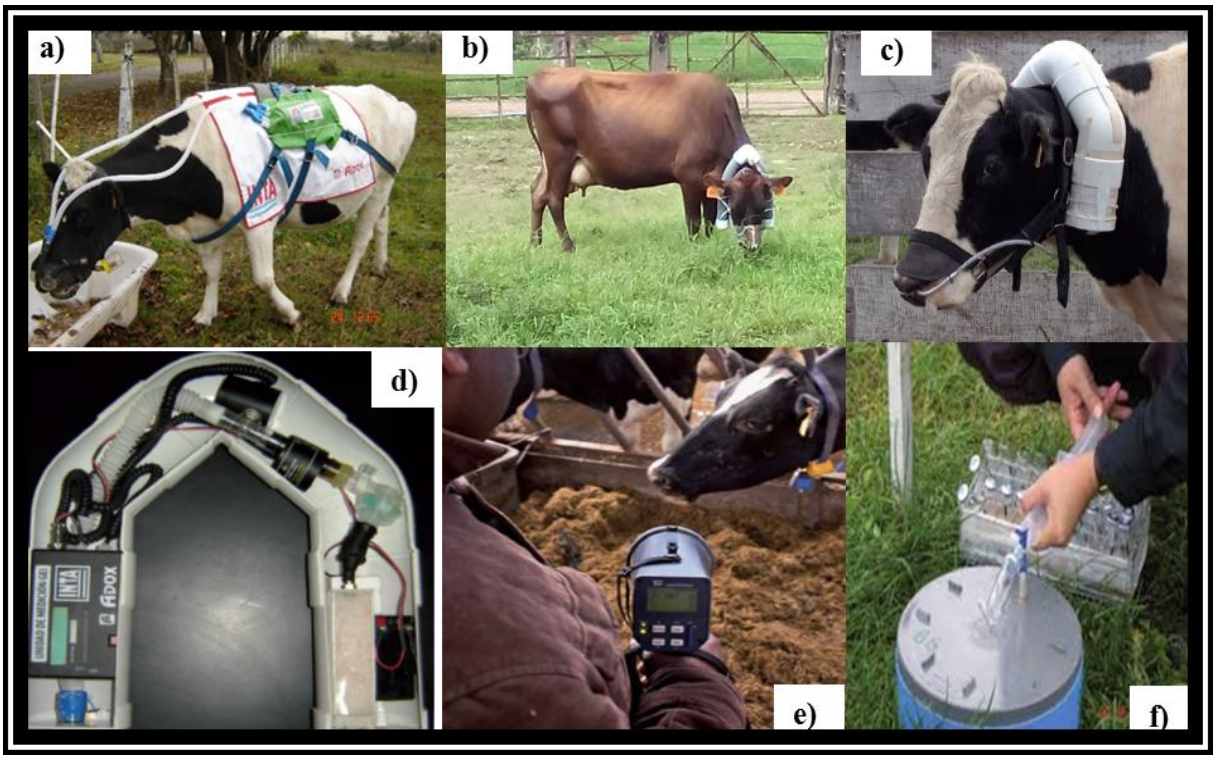

Figura 3: Métodos directos para la cuantificación de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas. a) Cámaras de respiración. b) Hexafluoruro de azufre (FS6). c y d) Método INTA Castelar. e) Metano Detector Laser (MDL). f) Cámaras estáticas para cuantificación de N2O y CH4

1.8.2. Estimación de las emisiones de GEI a través de métodos indirectos

Dentro de los métodos indirectos para la cuantificación de emisiones de GEI en FG están las ecuaciones o modelos de predicción de emisiones. En el caso de la estimación de CH_4, se han desarrollado modelos de predicción que contemplan las características de la ingesta diaria de los animales. Dentro de las más usadas, se encuentran las publicadas por Blaxter y Claperton en 1965 y Moe y Tyrrel en 1979. Las características de la dieta más consideradas en la predicción de las emisiones de CH_4 sobre salen la digestibilidad, fibra detergente neutro, materia seca y porcentaje de proteína cruda (Carmona *et al*. 2005).

Las ecuaciones desarrolladas para la predicción de las emisiones de CH_4 y N_2O en estiércol, consideran aspectos como: cantidad de sólidos volátiles en las heces (Mangino *et al.* 2001), sistema de manejo del estiércol (Wagner-Riddle y Marinier 2003; Külling et al.2003), tasa de excreción de nitrógeno, fracción de conversión de N (IPCC 2006) y factores ambientales como temperatura (Dustan 2002).

La disponibilidad de ecuaciones de predicción de emisiones de GEI hoy en día ha dado lugar al desarrollo de una serie de protocolos, metodologías y herramientas para el cálculo de emisiones de GEI en FG y en otros ámbitos productivos. Para mencionar algunos, se encuentra el Livestock Proyect Protocol (de Climate Action Reserve-livestock en EEUU), el cual ha sido desarrollado bajo un proceso de mejoras continuas y su última versión es la 4,0 del 23 Julio del 2016. Este

proporciona una guía para calcular, monitorear, reportar y verificar las emisiones de GEI asociadas al manejo del estiércol en granjas lecheras y porcinas (CAR 2016).

Otro recurso disponible para la cuantificación de los GEI en FG ha sido desarrollado en Australia por Greenhouse in agriculture. Este cuenta con una serie de herramientas (hojas de cálculo) diseñadas con el propósito de facilitar técnicas de investigación en emisiones de vacas, ovejas y cereales; y con ello desarrollar y comunicar alternativas rentables para la reducción de metano y óxido nitroso en la agricultura (Greenhouse in agricultura 2016).

Asimismo, otro protocolo, no exclusivo de la agricultura, es el Greenhouse Gas Protocol, desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council on Sustainable Development (WBCSD); este establece un estándar global para medir, administrar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero. GHP está disponibles para diferentes empresas, organizaciones y gobiernos que deseen mantener actualizados sus inventarios de GEI y volverse instituciones ambientalmente responsables. La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una de las muchas organizaciones que han adoptado este protocolo como base para su norma ISO 14064 (WRI 2016); la cual, a su vez, contempla una serie de requisitos internacionales de calidad de los datos de los inventarios de GEI que también son reflejados en las directrices del IPCC (FAO 2015).

Las directrices del IPCC (1996 y 2006) han sido las más usadas en inventarios de emisiones por los gobiernos que conforman la CMNUCC, dichas directrices se elaboraron con el propósito de poner a disposición de las partes (países) metodologías que permiten estimar, de manera indirecta, las emisiones de los distintos sectores productivos, haciendo uso de ecuaciones de predicción.

Las directrices del IPCC del 2006 nacen como una versión mejorada de las primeras directrices de 1996. Estas contemplan tres metodologías o niveles cuya elección depende de la cantidad de información disponible. El nivel 1 es basado en emisiones estimadas a partir de factores de emisión por defecto, los cuales nacen del análisis de diferentes investigaciónes llevadas a cabo en diferentes regiones del planeta; en cambio, el nivel 2 es un método más preciso cuya incertidumbre es menor al tomar en cuenta parámetros específicos como composición del hato, dieta, manejo de residuos, productividad, entre otros. El nivel 3 se basa en factores de emisión construidos a las condiciones locales e incluye parámetros obtenidos en campo basado en las condiciones específicas del sistema en análisis (IPCC 2006).

Estos métodos o niveles propuestos por el IPCC en sus directrices han servido de base para el desarrollo de una serie de herramientas u hojas de cálculo disponibles de forma gratuita hoy en día para el desarrollo de inventarios de GEI, realizar balances de GEI o bien para determinar la huella de carbono de un producto derivado de la ganadería. Dentro de estas herramientas, se pueden mencionar a Ex – ante Carbon balance Tool (EX – ACT), Cool Farm Tool (CFT) y ALU Tool (Agriculture and Land Use National Greenhouse Gas Inventory Software).

EX – ACT fue diseñada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion (FAO), cuya aplicación es válida en balance de GEI y mide las existencias (línea

base) y los cambios en las existencias de carbono en sistemas agropecuarios, útil en diseños de proyectos de mitigación de emisiones. En cambio, CFT fue desarrollada por Unilever y los investigadores de la Universidad de Aberdeen con el propósito de poner en manos de productores una herramienta sencilla para medir y comprender las emisiones de GEI a nivel de finca.

Por otro lado, ALU Tool fue desarrollada bajo el liderazgo del Dr. Stephen M. Ogle (PhD.) del Laboratorio de Ecología de Recursos Naturales y el Departamento de Ciencia y Sostenibilidad de Ecosistemas de la Universidad del Estado de Colorado, bajo el financiamiento de la Agencia de los Estados unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), la Agencia de los Estados Unidos de Protección Ambiental (EPA) y el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de EEUU. El programa ha sido utilizado para apoyar los proyectos regionales de la Convención Marco de inventario de GEI en el Sudeste de Asia y África meridional y oriental. El software también se ha utilizado en América Central.

Para finalizar este apartado, es válido mencionar que son muchos los avances logrados hoy en día a nivel mundial en materia de desarrollo de herramientas de cálculo para la cuantificación o inventarios de GEI. Sin embargo, en América Latina y el caribe aún no se han desarrollado herramientas de este tipo apropiadas a las condiciones tropicales de la región, pero algunos países ya han empezado a dar pasos en ese sentido. En Costa Rica por ejemplo, el Instituto Nacional de Transferencia y Tecnología Agropecuaria (INTA) ha producido un modelo que permite realizar balance de gases de efecto invernadero en fincas lecheras basado en la directrices del IPCC; otro esfuerzo en desarrollo, es el que actualmente ejecuta el Programa de Manejo de la Ganadería y el Medio Ambiente (GAMMA) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) bajo el marco del proyecto FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria), el cual tiene entre sus metas poner a disposición de empresas ganaderas del país una herramienta de cálculo de GEI que además de cuantificar los gases permita hacer comparaciones gráficas entre FG y tipos de gases emitidos por época del año (Vega 2016).

1.9. Opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas

Entre la ganadería y el CC, existe una relación bidireccional: por un lado, la ganadería emite GEI que a su vez contribuyen al CC y; por otro lado, el CC afecta a la ganadería al alterar patrones de temperatura y precipitación necesarios en el buen funcionamiento de las FG (Oyhantçabal *et al*. 2010). Para hacer frente a esta relación desde la propia actividad ganadera y encaminarla hacia un modelo productivo sostenible y comprometido con el medio ambiente, hace falta entender a cabalidad de qué manera dicha actividad está contribuyendo a las emisiones y al CC, y en ese sentido, desarrollar e implementar estrategias que contribuyan a mitigar su impacto.

Como ya se mencionó, la ganadería es fuertemente señalada por emitir dos gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global. Dichos gases son emitidos como parte de la naturaleza de los animales manejados en las granjas de producción (CH4 de la Fe) y

además por las diferentes prácticas pecuarias de manejo de desechos (N_2O), donde la dieta y el método de gestión del estiércol juegan un papel importante. Otra fuente de emisión menos significativa en las FG proviene del consumo energético en actividades de procesamiento de la producción y transporte de insumos.

Todas estas fuentes de emisión de GEI presentan oportunidades de mitigación; sin embargo, la adopción de una práctica de mitigación (PrM) debe ser cuidadosamente analizada para su recomendación (Hristov *et al*. 2013). Una forma de analizar la adopción de una PrM de emisiones es considerar su potencial de mitigación a la par de aspectos económicos como los costos de implementación y, a su vez, el nivel de sostenibilidad de dicha práctica, donde la contribución en el uso eficiente de los recursos, la seguridad alimentaria y los medios de vida de las familias productoras juegan un papel importante en dicho análisis en pro de la atenuación de emisiones (GRA y SAI 2013).

1.9.1. CH_4 y su mitigación en fincas ganaderas

La literatura recientemente es vasta en cuanto a estudios relacionados con las emisiones de CH_4 en las FG y su mitigación, probablemente, se deba a que es el gas mayormente emitido en la ganadería, especialmente vacuna (65%). Dichos estudios se han centrado en aspectos como la manipulación alimenticia, manipulación microbiana y manipulación animal (Pinares-Patiño 2015), los cuales no son excluyentes uno del otro y pueden ser integrados para obtener mejores resultados en los esfuerzos de mitigación (Gerber *et al.* 2013).

La dieta animal juega un papel importante en las emisiones de CH_4, se ha demostrado que la cantidad y el tipo de alimento ingerido por los animales son un factor importante en las emisiones de CH_4. Blaxter y Clapperton (1965) sugieren que incrementar el consumo de alimento de los animales contribuye a reducir las emisiones de CH_4 como consecuencia del incremento de la tasa de pasaje y, por ende, la disminución de la actividad celulolítica, lo cual se traduce en mayor CH_4 total emitido; pero, a su vez, en menor cantidad de gas emitido por unidad de producto.

Otro aspecto que contempla la manipulación de la dieta radica en el tipo y su calidad. Las pasturas mejoradas, por ejemplo, son consideradas como una opción de mitigación si se comparan con especies nativas o naturales, debido a las diferencias nutricionales (digestibilidad, proteína, materia seca, FDN) que estas presentan (Vargas *et al.* 2012).

También, las plantas C3 (especialmente leguminosas) han demostrado disminuir hasta en 14,3% las emisiones de CH_4 en comparación con las plantas C4. Esto debido a sus diferencias fisiológicas; las C3 están compuestas por una mayor proporción de tejidos de alta digestibilidad (carbohidratos solubles) respecto a las C4, lo cual se traduce en mayor pasaje de alimentos, equivalente a menor metanogénesis (Margan *et al.* 1988). Asimismo, se atribuye a las leguminosas una serie de compuestos secundarios como taninos y saponinas que inciden positivamente en las emisiones de metano (Pinares-Patiño 2015; Pinares-Patiño *et al.* 2003); en este sentido, incluir especies forrajeras tanto arbóreas como arbustivas C3 puede incidir

significativamente en las emisiones de CH_4, a la par de muchos otros beneficios como reducción de estrés calórico y mayor producción (Gerber *et al.* 2013).

Otra práctica a considerar, sobre todo en sistemas de pastoreo, está relacionada con la maduración del forraje, debido a que su calidad disminuye con el avance en su estado fenológico, por lo consiguiente, es fundamental un buen diseño rotacional en los SG. DeRamus *et al.* (2003), reporta una disminución en las emisiones de CH_4 en sistemas intensivos de hasta un 22%, en comparación con sistemas de pastoreo continuo. Esto se debe a que, a una mayor calidad del forraje, hay una mayor nutrición en los animales y, por consiguiente, una menor emisión por unidad de producto (Pinares-Patiño 2015).

La tasa de pasaje (tiempo en que el animal procesa el alimento) es fundamental en la producción de metano y depende del tipo y la calidad de alimento; una manera de contribuir a reducir las emisiones de CH_4 es propiciar una buena tasa de pasaje por medio de prácticas como el picado y peletizado de los forrajes (Carmona *et al.* 2005).

La suplementación, el uso de compuestos grasos (lípidos o aceites) y el uso de ionóforos (estimuladores del crecimiento) son otras alternativas de la manipulación alimenticia que ha demostrado ser eficaz en la reducción de las emisiones de CH_4 (GRA y SAI 2013); sin embargo, recomendar estas técnicas como métodos de mitigación puede tener consecuencias externas a las FG en materia de seguridad alimentaria, debido a que muchos concentrados son elaborados a base de granos que también son consumidos por el ser humano, aparte de todas las emisiones liberadas durante el proceso de producción. Por otro lado, se les atribuye a los estimuladores del crecimiento, tales como los inóforos, efectos secundarios a tal punto que su uso en la Unión Europea es restringido en producción animal (Hristov *et al.* 2013; Carmona *et al*. 2005).

A nivel de manipulación microbiológica en el rumen hay muchos intentos por desarrollar un mecanismo de mitigación de las emisiones; sin embargo, hace falta mucho camino por recorrer tomando en cuenta el grado de resiliencia del rumen y la diversidad de microorganismos metanogénicos que se pueden encontrar en él. En ese sentido, se pueden citar algunos recientes logros sobre el desarrollo de vacunas e inhibidores de metanogénicos en el rumen por medio de la inactivación enzimática desarrollados por Kumar *et al.* (2013) y Attwood (2014).

El uso de bacteriófagos (virus) y la defaunación del rumen (eliminación de protozoarios) son otras de las técnicas aun en desarrollo que buscan reducir las emisiones por medio de la reducción de las poblaciones de ciertos microrganismos en el rumen responsable de metanogénesis (Pinares-Patiño 2015).

Otro método de mitigación, que debe de ser atendido desde ya para poder obtener resultados más rápidos debido al tiempo que supone su desarrollo, es el mejoramiento genético. Se ha documentado una alta variabilidad interanimal en cuanto a la producción de metano, con dietas idénticas (Pinares-Patino *et al.* 2003), lo cual es hereditario (Pinares-Patino *et al.* 2013) y representa un potencial de mitigación por medio del mejoramiento genético tomando como carácter o rasgo de selección animales con poca producción de CH_4. Otro aporte de la genética es el hecho de que si se quiere disminuir producción de metano por unidad de producto, además

de integrar una serie de prácticas ya mencionadas, es recomendable incluir en las FG razas con alta producción ya sea de leche o carne, lo que puede implicar una reducción en el número de animales en la FG sin comprometer los niveles de producción de este (Pinares-Patino 2015).

Otro factor que influye significativamente en las emisiones de CH_4 proveniente de la Fe, es la sanidad animal; en este sentido, mantener un buen programa sanitario dentro del hato ganadero, puede contribuir significativamente a la salud de este y con ello a menores emisiones por unidad de producto (Hristov *et al.* 2013), esto puede ayudar también a incrementar la vida productiva en el ganado de leche y reducir la edad de sacrificio en el ganado de carne, lo cual es otra manera de atenuar las emisión de CH_4 por unidad de producto (GRA y SAI 2013; Hristov *et al.* 2013).

1.9.2. CH_4 y N_2O del estiércol y su mitigación en fincas ganaderas

La recolección, el acopio, el procesamiento y el almacenamiento de los excrementos animales (heces y orina) y su consecuente aplicación en las pasturas, es una práctica pecuaria que pone a disposición de los productores o empresarios ganaderos oportunidades de mitigación de las emisiones de CH_4 y N_2O en las FG intensivas.

La fermentación de la materia orgánica de las heces y con ello las emisiones de GEI está fuertemente influenciada por factores como la humedad, la temperatura y la aireación, etc. Las bajas temperaturas y la aireación del estiércol almacenado pueden significar una merma en las emisiones de CH_4, ya que la digestión anaeróbica se disminuye por parte de los microorganismos, sin embargo la aireación puede también significar alta producción de N_2O debido a la desnitrificación (Dustan 2002).

Una práctica común en las FG, sobre todo en las intensivas, es la de incorporar el estiércol al suelo, esta práctica es recomendable debido a que además que disminuye las emisiones también contribuye a una mayor disponibilidad de N amoniacal para las plantas, lo que se traduce en menor fertilización nitrogenada con productos sintéticos (Hristov *et al*. 2013).

Una disminución en el N consumido por medio de la dieta es otro factor a tomar en cuenta si se quieren disminuir las emisiones de N_2O, esto debido a que las emisiones de N_2O se correlacionan positivamente con el nitrógeno ingerido por lo cual reducir el consumo de proteínas puede ser una opción recomendable para la mitigación del N_2O (Ambus *et al*. 2007).

El pH es un factor importante en los procesos de desnitrificación, se estima que un pH óptimo para dicho proceso oscila entre 7 y 9; por lo tanto, una acidificación del estiércol puede significar una reducción considerable en las emisiones del N_2O, debido a la formación de ácido nitroso, compuesto muy tóxicos para los microorganismos nitrificantes (Cervantes-Carrillo *et al*. 2000).

El compostaje del estiércol es otra técnica interesante en la mitigación de las emisiones de CH_4, esto debido al proceso de aireación necesario para la degradación de la materia orgánica en el estiércol, lo cual suprime la actividad metanogénica; por otra parte, las condiciones del compostaje como temperatura, aireación, pH y humedad hacen que las emisiones de N_2O no sean tan significativas (Hristov *et al*. 2013).

Considerar las emisiones por fertilización nitrogenada es fundamental en la mitigación de las emisiones, en ese sentido, se sugiere que la fertilización se haga basada en análisis de suelo, lo que garantizará una aplicación precisa con base en requerimientos de las pasturas (CATIE 2015), en todo caso incluir o asociar plantas fijadoras de N puede ser una buena alternativa a la fertilización nitrogenada, máxime si estas son de cobertura, lo que le da un potencial de disminuir la acumulación de nitrato, además de reducir la producción de N_2O por la regulación de la temperatura (Hristov *et al*. 2013).

Además, el uso de biodigestores es otro método con un alto potencial de mitigación de las emisiones. Se estima que la adopción de esta tecnología puede contribuir hasta en un 60-80% de reducción de las emisiones de CH_4 que podrían generarse del estiércol sin su uso (GRA y SAI 2013).

1.9.3. CO_2 y su mitigación en fincas ganaderas

Las emisiones debidas al consumo energético son atribuidas a una serie de prácticas desarrolladas en las FG que demandan electricidad, combustibles fósiles y dendroenergía (leña) principalmente. Hoy en día la adopción de tecnologías amigables con el ambiente es una alternativa para reducir las emisiones de CO_2 en las actividades domésticas de las FG.

Una práctica muy difundida es el aprovechamiento del estiércol en la generación de electricidad y calor para las cocinas por medio de la implementación de los biodigestores; esta práctica, además de evitar las emisiones de CH_4, tiene el potencial de contribuir a la mitigación de las emisiones de CO_2, por lo cual en países como en la región centroamericana, también puede tener un efecto positivo en la reducción de las emisiones por consumo de leña, lo que a su vez contribuirá a la reducción de las emisiones por deforestación.

Otra alternativa recomendada para mermar el consumo de leña y sus consecuentes emisiones es el uso de estufas mejoradas o ecoestufas. Estas tienen el potencial de concentrar el calor y conservarlo, lo que significa una disminución en el consumo de leña (OLADE, 2014, Zamorano 2012) y a su vez en las emisiones derivadas de estas.

Finalmente, el consumo eléctrico y las emisiones que de él se derivan puede ser disminuidas por la adopción de otras alternativas renovables como la implementación de paneles solares en actividades como el bombeo en riego, calentadores de agua para lavado de utensilio, preparación de alimentos, etc. (CATIE, 2015).

En términos generales, es crucial a la hora de decidir implementar una práctica de mitigación considerar el contexto en su totalidad de cada sistema de producción. La mayoría de las interacciones entre las prácticas de mitigación, la nutrición animal, el manejo del estiércol almacenado y la aplicación en el campo pueden ser eficientes; sin embargo, la mitigación de una fuente de emisión puede significar el incremento de otro. Por ejemplo, tomado en cuenta que el CH_4 es emitido si se dan condiciones anaeróbicas, para lo cual se decide aplicar el estiércol al suelo, esto puede desencadenar mayores emisiones N_2O al presentarse condiciones de oxigenación propicias para el proceso de desnitrificación.

1.10. Fincas ganaderas y diversidad arbórea.

La agricultura, y en ella la ganadería, es ampliamente señalada como una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad, especialmente en la región latinoamericana. La manera en que esta actividad contribuye con este flagelo es debido a la fragmentación del bosque o cambio de uso de suelo por pastizales, lo cual tiene consecuencias irreversibles en el ecosistema original al afectar las funciones de este, por la pérdida de hábitat y degradación de recursos como el suelo y el agua (Harvey *et al.* 2005; Benet 1998).

El último informe de FAO (2016) relacionado con el estado mundial del recurso forestal reporta que en los países tropicales y subtropicales la pérdida de bosque es debida en un 73% a la agricultura, donde el pastoreo, entre otros factores, tiene un aporte significativo.

Un análisis del sector ganadero titulado*: "La larga sombra de la ganadería"* publicado en 2006 es un esfuerzo de concientización dirigido a técnicos y al público en general sobre la gran responsabilidad que la producción animal tiene en el cambio climático, en la contaminación atmosférica, en la degradación de la tierra, del suelo y del agua y, por ende, en la reducción de la biodiversidad (Steinfeld *et al*. 2009).

Dicho estudio considera que un 30% de la superficie del planeta que hoy está habitada por ganado, estuvo antes dominada por vida silvestre, lo cual ubica a la ganadería como el primer responsable de la pérdida de biodiversidad como consecuencia de ser la primera causa de desforestación en el mundo. Para revertir este problema, es necesario redoblar esfuerzos en pro de la integración de la ganadería en la gestión de paisajes sostenibles y con ello en la conservación de la biodiversidad. (Steinfeld *et al.* 2009).

Estudios recientes revelan que países como Chile, Costa Rica, Gambia, Georgia, Ghana, Túnez y Vietnam sobresalen por frenar la pérdida de cobertura forestal y en algunos casos incrementarla como consecuencia de un abordaje integral de la problemática donde la ganadería es uno de los factores a considerar entre otras causas subyacentes como la falta de gobernanza, crecimiento poblacional, tenencia de la tierra y el desarrollo agrícola (FAO 2016).

1.11. Importancia de la diversidad arbórea en las fincas ganaderas

Incrementar los niveles de producción, para una población creciente, sin comprometer la pérdida de cobertura forestal, está entre los principales retos que hoy en día enfrenta la actividad ganadera. Actualmente, muchos países apuntan a la reconversión de dicha actividad hacia un modelo de Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi), cuyos programas y proyectos están orientados a las estrategias nacionales de mitigación y adaptación al CC (MAGFOR 2008), donde los árboles en las fincas son un elemento necesario en la consecución de un sistema de producción sostenible.

En regiones tropicales con periodos de verano largos (5-6 meses), como el corredor seco centroamericano, especies arbóreas como *Enterolobium cyclocarpum, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia, Samanea saman,* entre otras, se desempeñan como fuente de alimento animal complementando el déficit forrajero de la época (Villanueva *et al.* 2013; Sánchez *et al*. 2013; Pérez 2011).

En otro aspecto, tomando en cuenta que las diferencias térmicas entre la sombra y el pleno sol puede llegar a ser de hasta 3°C los árboles juegan un rol importante como fuente de atenuación del estrés calórico (García e Ibrahim 2013), al cual se le atribuyen mermas en la producción de leche, lo cual afecta el índice reproductivo del hato ganadero de las fincas. En ese sentido, la sombra es un ejemplo claro de adaptación al CC y a la vez representa una entrada adicional de ingresos por el aprovechamiento de madera, leña o frutos (CATIE 2015; García e Ibrahim 2013; Ibrahim *et al*. 2007).

Además, los potreros con alta cobertura arbórea han mostrado resultados significativos en la protección del suelo, ciclaje de nutrientes y disponibilidad del recurso hídrico. Los parches de bosques, las pasturas arboladas y las áreas de conservación hídricas dentro de las FG dan su aporte al evitar la erosión de los suelos y el ingreso de nutrientes a las fuentes de agua, ya que propician la infiltración, reduciendo de esta manera las escorrentías (Ríos *et al*. 2006; Auquilla 2005, MAG y FAO 1996).

Se ha demostrado que es posible hacer ganadería y al mismo tiempo conservar la biodiversidad, dado que agroecosistemas como los sistemas silvopastoriles albergan árboles remanentes del bosque original, plantaciones y en algunos casos regeneración natural; los cuales ejercen funciones de conexión, dispersión, alimentación y hábitat para fauna silvestre; estimándose que entre el 48 y 90% de especies animales encontrados en áreas protegidas también puede estar presente en la matriz pecuaria adyacente (Harvey *et al*. 2008).

La conectividad puede entenderse como un conjunto de arreglos espaciales y elementos que permiten que los procesos ecológicos entre poblaciones y comunidades de un paisaje no se vean tan afectados por la fragmentación (Benet 1998). Dentro de esos elementos funcionales, se pueden mencionar a las cercas vivas o setos, parches de bosques, bosque ripários y por supuesto árboles dispersos dentro de la matriz pecuaria. Dichos componentes han demostrado tener un valor de conservación en las FG, no solo por su función dentro del paisaje, sino también, porque muchas veces albergan especies arbóreas amenazadas o de preocupación especial para un país (Sánchez *et al*. 2005).

En síntesis, se puede asegurar que los árboles dentro de las FG son un recurso esencial en el funcionamiento de procesos ecológicos que a su vez están contribuyendo en el desarrollo de sistemas productivos resilientes y sostenible. Considerar el análisis de los árboles y su composición específica dentro de las fincas es un paso importante para el desarrollo de estrategias de conservación que incluyan a la ganadería.

1.12. Métodos para evaluar la diversidad arbórea en fincas ganaderas

Analizar la diversidad arbórea en ecosistemas o agroecosistemas requiere de todo un protocolo que contemple una serie de procedimientos en campo con el propósito de lograr un estudio representativo del paisaje o la región en estudio. Dichos procedimientos están basados en metodologías de implementación de parcelas de muestreo (PM) para inventarios forestales, ya sean estas temporales o permanentes (CATIE 2013; Detlefsen *et al*. 2012).

Las dimensiones de las PM son variables y dependen del tipo de vegetación a estudiar. Los tamaños de PM más utilizados para individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayores a 10 cm son 100, 200 o 500 metros cuadrados (Rodríguez 2013, Louman 2000). El número de PM está relacionado con la intensidad de muestro; el cual, a su vez, depende del área bajo cobertura vegetal (Andrade e Ibrahim 2003).

Las PM pueden ser lineales (Transectos o segmentos) cuadradas, rectangulares o circulares, dependiendo del arreglo espacial de la vegetación en estudio. Para cultivos agroforestales como café, cacao o plantaciones naturales como bosques secundarios se recomiendan parcelas rectangulares; en el caso de sistemas silvopastoriles (SSP), se opta por parcelas circulares (Andrade e Ibrahim 2007), transectos (Caicedo 2016; Louman 2000) o segmentos (Hassan 2011; Hassan 2015) dependiendo del tipo de SSP a evaluar. Para plantaciones forestales, se pueden usar PM rectangulares o circulares; sin embargo, estas últimas consideran una serie de ajustes de radios y áreas en lugares de pendientes pronunciadas, lo que equivale a una mayor demanda de mano de obra traduciéndose en mayores costos y tiempo (MAGAP 2015).

Otro aspecto importante a considerar en campo es la identificación específica de todos los individuos monitoreados. Esto se logra con la ayuda de un especialista en identificación de especies, el cual puede ser taxónomo o parataxónomo con experiencia en inventarios forestales o bien con la ayuda de manuales dendrológicos, siempre y cuando estos, hayan sido desarrollados en la zona de estudio. De no contar con estos recursos, se hace necesario la recolección y el montaje de muestras de hojas, flores o frutos, para su posterior identificación por un especialista en el herbario más cercano.

Luego de la fase de campo, un siguiente paso en la evaluación de la diversidad arbórea es sistematizar los datos para su análisis e interpretación (CATIE 2013). Analizar la diversidad arbórea depende de las variables consideradas en el estudio y, por ende, de los objetivos del mismo. Lo común en el análisis de la diversidad de especies es conocer su riqueza y cómo esta cambia de una comunidad a otra. Esto es posible gracias a una serie de índices disponibles en las literaturas y que pueden ser aplicados en distintas dimensiones geográficas.

En ese sentido, se entiende por diversidad biológica a un conjunto o número de especies y su abundancia relativa interrelacionadas a nivel de comunidad o ecosistema (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad Beta) o a nivel de paisaje o región (diversidad Gamma) (Magurran 2004). Para esta investigación, se considera solo la diversidad alfa ya que es suficiente para alcanzar los objetivos de investigación.

1.13. Índices de diversidad alfa

Medir la biodiversidad es un ejercicio que va más allá de un simple listado de especies, esto debido a la imposibilidad de conocer en los ecosistemas naturales el número de especies totales y su abundancia relativa con un número o intensidad limitada de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

Un primer intento para conocer la diversidad a nivel de comunidad (alfa) es a través del uso de índices que permitan describir a los individuos registrados por medio de la riqueza específica y su estructura o distribución proporcional (importancia ecológica) (Moreno 2001).

Otra herramienta ampliamente usada para representar la riqueza específica de una comunidad en particular, es por medio de curvas de acumulación específica o rarefacción (Martella *et al*. 2012). Esta metodología es empleada, tanto para conocer la acumulación de especies muestreadas (empírico) y esperadas (estimado) en una comunidad, como para hacer comparaciones del número de especies entre comunidades aun cuando el tamaño de la muestra difiere, por medio de la generación gráfica de curvas suavizadas con promedios estadísticos de adición de especies (especies esperadas) mediante el aumento del esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal 2003; Moreno 2001).

Dichas herramientas ponen a disposición dos alternativas de análisis de las especies con solo tener la lista y su respectiva abundancia relativa (Kraker-Castañeda y Cóbar-Carranza, 2011). El primero es el método de rarefacción basado en individuos; el cual estandariza bases de datos para un mismo número de individuos con el propósito de comparar número de especies y el segundo método es el de rarefacción basado en muestra; el cual estandariza bases de datos para un mismo número o tamaños de muestras con el propósito de comparar número de especies (Finegan y Delgado 2000). Dichas muestras pueden ser parcelas, transectos, fincas, trampas, etc. (Delgado 2015).

El principio fundamental de las curvas de rarefacción es presentar el número de especies acumuladas conforme va aumentando el esfuerzo de muestreo en una comunidad, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual el número de especies se estabilizará en una asíntota, que en teoría correspondería al número total de especies del taxón evaluado dentro de esa comunidad (Martella *et al*. 2012); sin embargo algunos autores consideran que llegar a conocer el número de especies totales de un taxón x dentro de una comunidad es una labor que muchas veces requiere de años de estudio (Gotelli y Colwell 2011).

Además, existen otras técnicas enfocados en la representatividad de especies o estructura específica de la comunidad. Dentro de estas, se pueden mencionar a Simpson, Shannom, Piellou y el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI).

El índice de Simpson estima la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una misma muestra pertenezcan a la misma especie. Simpson es un índice fuertemente influenciado por las especies dominantes y asume valores entre 0 y 1 (Magurran 2004)

Otro índice con énfasis en abundancia proporcional es el índice de Shannom, el cual considera a un número de especies S representadas en un número de individuos T, los cuales vienen de una muestra estrictamente aleatorizada en una comunidad indefinidamente grande (Martella *et al*. 2012). Si el índice es 0, entonces indica que solo hay una especie y la diversidad es máxima si todas las especies presentes en la comunidad están representadas por un mismo número de individuos (Somarriba 1999). Este índice mide la incertidumbre en predecir a qué especie

representa un individuo sacado al azar de una muestra; normalmente asume valores entre 1,5 y 3,5 y muy rara vez puede presentar valores de 4.5 (Magurran 2004).

El índice de Shannom-Wiener es una uniformización del índice de Shannon menos sensible a la dominancia de especies y orientado a la equidad específica. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra, e igualmente asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran 2004).

El otro índice de equidad comúnmente usado es el índice de Pielou. Este mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno 2001).

Otro parámetro comúnmente utilizado para evaluar la biodiversidad desde el punto de vista estructural es el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI). Dicho índice indica que tan importante es una especie dentro de la comunidad o cuáles especies tienen mayor peso en la comunidad. A las especies que tienen el IVI más alto, se les atribuye un alto valor de importancia ecológica, ya que por su dominancia en el ecosistema evaluado absorbe más nutrientes, ocupa mayor espacio y controla en un porcentaje relativamente considerable la energía que penetra.

Este parámetro se calcula por medio de la suma de la abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR) y dominancia relativa (DR). La DR es el peso que tiene el número de individuos de una especie en relación con el número de individuos totales en la comunidad; en cambio, la frecuencia relativa se refiere al número de sitios (parcelas) donde una especie está presente con relación al número de sitios totales y, por último, la dominancia relativa está relacionada con el área basal que ocupa una especie en relación al área basal ocupada por toda la comunidad evaluada. Los valores resultantes pueden varían entre 0 a 1 o bien 0 a 100 (Curtis y McIntosh 1950).

Los índices anteriormente descritos son los más usados en la literatura que evalúa la diversidad alfa; sin embargo, existen otra serie de índices basados en abundancia proporcional, entre los cuales se puede mencionar: Serie de Hill, Berguer Parker y Mcintosh como índices de dominancia sensibles a cambios en la abundancia de las especies y a brillouin, Bulla, equidad de Hill, Alatalo, Molinari, como índices de equidad sensibles a cambios en el número de especies (Moreno 2001).

1.14. Árboles y reservas de carbono

EL C es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, en su forma inorgánica está presente en la materia no viva dentro del manto de la tierra, disuelto en el agua del mar y en el aire; en su forma orgánica, se puede encontrar en los organismos vivos o materia orgánica. El C en la tierra pasa constantemente de una de estas formas a otra a través de un proceso conocido

como ciclo del carbono, el cual es fundamental para la regulación climática y necesidades básicas que sostienen la vida en el planeta (Ciais *et al*. 2013).

Dicho ciclo es conocido como biogeoquímico, ya que consiste en un proceso permanente de intercambio de C entre la atmósfera, litósfera e hidrósfera, donde los organismos vivos desempeñan una función importante. En la atmósfera, se encuentra en forma de gas (CO_2), en la hidrósfera en forma líquida (ácidos carboxílicos CH_3-COOH) y en la litósfera en forma sólida en los seres vivos, piedras y combustibles fósiles (carbonato de calcio CaCO3 y petróleo) (Brown *et al.* 2013).

Los organismos vivos toman el C del alimento que consumen (digestión y fotosíntesis), liberando una pequeña parte por medio de la respiración, la diferencia es conservada durante su ciclo de vida. Entre los seres vivos, los árboles sobresalen como sumideros de carbono, ya que estos almacenan más carbono que el que emiten, ya sea en la biomasa o fijándolo en el suelo por medio de sus raíces (Ciais *et al*. 2013); contribuyendo de esta manera a la reducción del carbono acumulado en la atmósfera.

Se estima que entre 450 y 650 Pg C está contenido en los organismos vivos y entre 1500 y 2400 Pg C se encuentra en el suelo (Ciais *et al*. 2013). Liu *et al*. 2015, estimaron que 362 Pg C están en la biomasa aérea de los árboles del planeta, de los cuales, el 65% se encuentra en los bosques y el 17% en las sabanas. Zomer *et al*. 2016, quienes utilizando el nivel uno del IPCC y técnicas satelitales a nivel mundial, determinaron que en cultivos agrícolas existe un stock de C de 45,3 Pg C, contenidos principalmente en sistemas agroforestales.

A pesar de esta alta acumulación de C en el suelo y en biomasa, el C en la atmósfera también es significativo, asegurándose que las concentraciones han venido creciendo considerablemente a niveles sin precedentes históricos. En 1800 las concentraciones estimadas eran 280 ppm, en cambio en 1950 subió a 315 ppm y en 1993 a 356 ppm (Wigley y Schimel 2005); el último reporte del IPCC (2014) revela que las concentraciones de C ya han llegado a las 400 ppm en la atmósfera. Lograr reducir esta tendencia, requiere de mecanismos que reduzcan los niveles de erosión de los sumideros; y en ese sentido los árboles son una oportunidad al alcance de la humanidad en pro de la salud del planeta (Rendón y Soto 2007).

1.15. Métodos de estimación de las reservas de C en el componente arbóreo.

Un primer paso para determinar la contribución de los árboles en la mitigación de los problemas globales actuales en materia de cambio climático es conocer las reservas y flujos de C contenidos en la biomasa aérea de estos (Walker *et al*. 2011; Segura y Andrade 2008). Esto es posible gracias a un número de metodologías desarrolladas bajo distintas condiciones globales, por un número considerable de investigadores.

Dichos investigadores han desarrollado estudios en diferentes formaciones vegetales (bosques y sistemas agroforestales) con el propósito de obtener ecuaciones alométricas que permitan predecir el contenido de biomasa (variable dependiente) de una planta haciendo uso de variables predictoras del crecimiento como DAP, altura y densidad de la madera (Chave *et al*. 2014). El desarrollo de estas ecuaciones ha requerido de una serie de procesos implementados en campo,

laboratorio y análisis estadísticos que conllevan a la obtención de un modelo verosímil para las condiciones en las cuales se desarrolló el estudio (Picard *et al.* 2012; Andrade y Segura 2008).

En la actualidad, existe un gran número de modelos alométricas disponibles; estos se clasifican como específicos o genéricos. Los modelos alométricas específicos son ecuaciones desarrolladas para la cuantificación de la biomasa en una determinada especie, como ejemplo de ello se pueden citar a Andrade 1999 (*Acacia mangium y Eucalyptus deglupta*), Segura *et al.* 2006 (*Cordia alliodora, Juglans olanchana, Inga tonduzzi and I. punctata*), Rojas-García 2009 (*Gliricidia sepium*), etc; en cambio, los modelos alométricos genéricos han sido creados para estimaciones de C basados en inventarios forestales; dentro de estos se pueden mencionar a Chave *et al*. 2014, Chave *et al*. 2005, Brawn y Iverson. 1992, etc. (Andrade e Ibrahim 2008)

Por otro lado, al igual que para evaluar la diversidad arbórea (Capitulo 2.12), evaluar el C en la biomasa aérea de árboles demanda del establecimiento de PM, ya sean estas permanentes o temporales, dependiendo del objetivo que se persiga. Las PM temporales se establecen cuando el objetivo es obtener datos exploratorios (por ejemplo, cuantificación del *stock* de C en una determinada masa boscosa o sistema agroforestal); en cambio, se usan PM permanentes cuando el objetivo es monitorear el flujo de C en el tiempo (Rodríguez 2012).

Una vez definida la muestra, recolectados y sistematizados los datos, se procede a buscar en la literatura los modelos alométricas apropiados al ecosistema donde se esté desarrollando el estudio. Dichos modelos pueden ser buscados en bases de datos como Globallometree (FAO) o Aloméxico (CONAFOR) o bien en literatura disponible en bases de datos internacionales como Google Scholar, Sidalc y Scielo. Los resultados obtenidos son un insumo importante como línea base para futuros estudios o proyectos que se desarrollen a nivel local o a una escala mayor (Rendón y Soto 2004).

Para el desarrollo de proyectos de C, además de conocer las reservas de este en la biomasa aérea, es importante conocer los flujos o tasas de fijación anual de C en la cubierta vegetal. En este caso se hace necesario implementar protocolos de muestreo permanente que permitan cuantificar dichos flujos (Rodríguez 2012).

Hoy en día, existen modelos genéricos de predicción de las tasas de fijación de los ecosistemas, basados en variables como altura total, altura comercial, DAP, cobertura de copa y variables ambientales. (Vallejos 2008). Dichos modelos son integrados en *software* como CO_2 Fix o CO_2 Land, los cuales contemplas aspectos de emisiones, sumideros de C, tasas netas de captura, emisiones producidas por el suelo y entre otras cosas aspectos financieros que permiten determinar la rentabilidad de una práctica bajo distintos escenarios de mitigación (Schelhaas *et al.* 2004).

Otro modelo de predicción del crecimiento es conocido como MINGA; en la actualidad, este es una hoja de cálculo programada para estimar el crecimiento en masas forestales y con ello conocer el potencial maderable existente y servicios ecosistémico del mismo (flujos de carbono) mediante el uso de variables como DAP, altura total, altura comercia, cobertura de copa, etc. (Vallejos 2008).

Además de los modelos anteriormente citados existen otros como SIRENA, MYRLIN o GAVILÁN, pero todos han sido desarrollados para trabajar en plantaciones o bosques naturales, por lo cual no resulta adecuado usarlos en otro tipo de arreglo forestal como los sistemas agroforestales, otra limitante presente en los modelos genéricos de predicción del crecimiento es el hecho de que no se les ha dado seguimiento en el tiempo para corroborar sus cálculos y de esta manera ajustarlos (Hernández 2012).

1.16. Mecanismos que incluyen a los árboles dentro de las estrategias de mitigación de cambio climático

Hasta ahora, se ha abordado a los árboles como un elemento importante y necesario en distintos procesos naturales, por medio de los cuales contribuyen significativamente al equilibrio ecológico de muchas especies; siendo estos, además, la base de los servicios ambientales que sustentan el funcionamiento de las ciudades y las comunidades humanas por los bienes y servicios que prestan (MEA 2005). Sin embargo, el ser humano en busca de satisfacer una demanda creciente de alimento, agua dulce, madera y combustibles en las últimas décadas ha contribuido a la destrucción de muchas áreas boscosas del planeta. Detener esta alteración del *statu quo* global requiere cambios individuales y colectivos, donde las políticas, instituciones y prácticas humanas juegan un papel determinante (FAO 2008).

En ese sentido cabe preguntarse: ¿Qué se está haciendo en materia de conservación de los árboles, su biodiversidad y/o ecosistemas del planeta? cuando sabemos que más de la mitad (15 de 24 evaluados) de los servicios ambientales de los ecosistemas del mundo están degradados o se están utilizando de una manera no racional (MEA 2005).

En respuesta a esa pregunta se puede asegurar que muchos países están avanzando en el desarrollo de políticas compatibles con el medio ambiente y en muchos casos son apoyados por mecanismos internacionales derivados de acuerdos globales; un ejemplo de esto, lo conforma la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), quienes integran sus experiencias en la implementación de un mecanismo que busca Reducir las Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD plus) a través del fortalecimiento de las gobernanzas, la conservación y el manejo sostenible de los recursos forestales en los países en vías de desarrollo (SCBD y GIZ 2011).

REDD plus se puede considerar como una estrategia global presente en más de 60 países en desarrollo (ONU-REDD 2015) centrada en la conservación forestal que incluye el empoderamiento de las comunidades indígena en la gestión de los recursos forestales (UNO-REDD 2010) y poniéndose en contra del aprovechamiento insostenible (legal o ilegal) del recurso bosque (ONU-REDD 2015).

Otra estrategia que incluye a los árboles fuera del bosque en los esfuerzos de conservación son las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas (NAMA). Este enfoque consiste en medidas de mitigación puestas en marcha para apoyar un desarrollo bajo en emisiones de C. Dichas medidas son definidas para las circunstancias de cada nación, no existen orientaciones

restrictivas sobre qué constituye una NAMA, puede ser una meta nacional o sectorial, una estrategia, un programa nacional o sectorial, o una actividad a nivel de proyecto. (FAO 2014).

Muchos países están adoptando dichas iniciativas en el sector ganadero. Costa Rica y Colombia son uno de ellos y muchos otros están en procesos de adopción de proyectos, como Honduras, por ejemplo, que en la actualidad está en un proceso de diseño de NAMAs en los sectores energético (trasporte y electricidad) y agrícola (ganadería y café); corresponde al Gobierno, decidir ejecutarlos con base en prioridades (Ludeña 2015).

Las NAMAs en la ganadería se centran en incluir a árboles en las FG como una alternativa que juega funciones productivas y ambientales como alimentación ganadera, delimitación de áreas (Cercas vivas), sombra (menos estrés calórico), madera, leña, y sobre todo almacenamiento de carbono, reducción de erosión de suelo y conservación de la biodiversidad, equivalente a una reducción de la degradación de los ecosistemas y, representando, por ende, una medida complementaria a los esfuerzo de REDD plus en los países en desarrollo (FIELD 2012).

Resultados relevantes del estudio

El primer artículo se enfoca en caracterizar, analizar las emisiones y estimar el balance de gases de efecto invernadero de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Los principales resultados encontrados se describen de la siguiente manera:

Las fincas ganaderas del valle se caracterizan por ser extensivas, cuyo tamaño promedio de pasturas es de 57 ha, con una carga animal media de 1,8 UA ha^{-1}, en pastoreo continuo y una producción de leche de 3,8 L $vaca^{-1}$ $día^{-1}$.

En total, las fincas ganaderas emiten 4.397,72 Mg de CO_2e $año^{-1}$, con una media de 146,6 Mg CO_2e $año^{-1}$; siendo las vacas lactantes las que más CO_2e emiten en relación con las demás categorías animales. Del total emitido la fermentación entérica es la principal fuente de emisiones con un 64,8%, seguido en forma descendente por las emisiones de estiércol depositado al suelo por los animales, quema de leña, combustibles fósiles y consumo eléctrico.

Respecto a la intensidad de las emisiones en las fincas del valle se emiten en promedio 2,3 kg CO2e kg^{-1} de leche producido.

De las 30 fincas ganaderas cuatro presentaron un balance de gases negativos con un rango de emisiones de -31,1 y 109,1 Mg de Co_2e $año^{-1}$. La mayoría de las fincas que presentaron balance positivo fue grande e incluía áreas de bosques y de conservación hídrica.

El segundo artículo se enfoca en analizar la diversidad arbórea y cómo esta influye en las reservas de carbono existentes dentro de los sistemas ganaderos del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Los principales resultados encontrados se describen de la siguiente manera:

Se registró un total de 4585 individuos, de estos 1816 fueron encontrados en CV, 1768 en ADP, 757 en bosques y 244 en ACH.

Se registró un total de 248 especies leñosas, 166 géneros y 58 familias. En el US ADP, se encontraron 158 especies, 120 géneros y 52 familias, en bosques 140 especies, 107 géneros y 40 familias, en ACH 92 especies, 72 géneros y 38 familias y en CV 27 especies, 23 géneros y 17 familias.

Los índices de Shannom, Simpson y Piellou reflejan que la riqueza y equidad no es diferente entre bosques, ACH y ADP, siendo las CV el US menos diverso. Los bosques y las ACH son los US que presentan mayor capacidad de acumulación de especies.

Entre las especies dominantes en potreros, según IVI, se menciona a *M. schomburgkii, C. alliodora, A. cohune, Z. acuminatum, S. humboldtiana, T. amazonia, B.crassifolia, I. cocleensis, C. bicolor, S. mombin*, en CV a *G. sepium, E. fusca, C. alliodora, S. macrophylla, M. schomburgkii, E. berteroana, P. guajava, A. adinocephala, T.guayacan, S. mombin,* en ACH a *M. schomburgkii, S. macrophylla, F. insípida, P. officinalis, T. Amazonia, A. cohune, L. seemannii, C. brasiliense, C. peltata, B. alicastrum* y en bosques a *P. izabalensis, D. guianense, T. panamensis, H. stenura, M. Macroterantha, S. faginea, L. sparsipilis, C. brasiliense, V. ferruginea y C. dentata*.

El C almacenado por hectárea en la biomasa aérea de los US de las fincas fue mayor en bosques (172,2 Mg C ha^{-1}) y ACH (143,4 Mg C ha^{-1}), estos dos usos no se diferenciaron entre sí; en cambio, los US CV (77,8 Mg C ha^{-1}) y ADP (5,6 Mg C ha^{-1}) sí mostraron diferencias significativas, siendo este último el que menos C almacenado presenta por unidad de área.

No se evidenció una relación significativa entre la diversidad arbórea y el carbono almacenado en los US de las FG del valle de Sico y Paulaya; sin embargo, el número de individuos por hectárea sí tiene una influencia sobre esta variable (C), es decir a mayor densidad de individuos mayor es el carbono almacenado en los US de las FG del valle de Sico y Paulaya.

Conclusiones

Las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya se caracterizan por ser extensivas con nulo uso de tecnologías (alimento, insumos y maquinaria), cuyo hato está constituido por razas criollas de bajo rendimiento, lo cual justifica sus bajos niveles productivos; sin embargo, el valle presenta un gran potencial de desarrollo del sector ganadero reforzado por sus características climáticas.

Las vacas lactantes son la categoría animal que emiten más CO_2e en relación con las demás categorías animales, el resto de las emisiones se atribuyen a la demanda energética por consumo eléctrico, combustible fósiles y dendroenergía, representa esta última fuente un porcentaje significativo (10,30%) de las emisiones totales y es la principal fuente de emisión por demanda energética (90,74%).

La carga animal (UA ha^{-1}) y la producción de leche ($kg^{-1}ha^{-1}$) son las variables que mejor explican las emisiones ha^{-1} debidas a la Fe, Des, CF y totales; emitiéndose en promedio 2,3 kg CO_2e kg leche $^{-1}$en las FG del valle de Sico y Paulaya, Honduras. De las 30 FG estudiadas, cuatro presentaron balance negativo. El tamaño de la finca, la presencia de bosques, las áreas

de conservación hídricas y las grandes extensiones de pasturas incidieron en que la mayoría de FG presentara un balance positivo. Dicho balance no mostró relación con el índice de conservación de biodiversidad, pero sí con la tasa de fijación de carbono.

En promedio las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya emiten 2,3 kg Co2e kg^{-1} leche; dicha intensidad puede ser disminuida si se implementan prácticas que contribuyan a mejorar los rendimientos productivos del hato.

La riqueza y la composición de especies por usos de suelo son diferente en las fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya. Siendo los bosques y las áreas de conservación hídrica los que presentaron mayor diversidad arbórea. Sin embargo, a pesar de la baja densidad de individuos dentro de las pasturas, aún existen en estas un considerable número de especies conservadas. Las tres especies más importantes en potreros fueron *M. schomburgkii, C. alliodora y A. cohune*, en CV *G. sepium, E. fusca y C. alliodora*, en ACH *M. schomburgkii, S. macrophylla, F. insípida* y en bosques *P. izabalensis, D. guianense, T. panamensis.*

En las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, los bosques y las áreas de conservación hídricas son el uso de suelo que más carbono almacena por unidad de área, seguido por las CV y los potreros.

No se demostró efecto alguno de la diversidad taxonómica sobre las reservas de carbono, sin embargo, la densidad de individuos sí influye en el carbono de las fincas ganaderas del valle.

Bibliografía

Aguilar, Y. 2011. Impacto del cambio climático en la agricultura de américa central y en las familias productoras de granos básicos (en línea). Observatorio de la sostenibilidad: Red Latinoamericana. Consultado: 12 oct. 2016. Disponible en: http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP40I34.pdf

Aguirre, M. Z. 2013. Métodos para medir la Biodiversidad (en línea). Ecuador. Consultado: oct. 2016. P.82. Disponible en: https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf

Ambus, P., Petersen, S. O; Soussana, J. F. (2007). Short-term carbon and nitrogen cycling in urine patches assessed by combined carbon-13 and nitrogen-15 labelling. Agriculture, Ecosystems & Environment, 121, 84-92. DOI: 10.1016/j.agee.2006.12.007.

Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? (en línea). Agroforestería en las Américas. Consultado: oct. 2016. 10(39-40):109-116. Disponible: http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6378s/x6378s00.HTM

Andrade, C. HJ; Segura, M. 2008. ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? (en línea). Agroforestería en las Américas. Consultado oct. 2016. No. 46. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6935/Como_construir_modelos_alometricos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Attwood, G. 2014. Exploring rumen methanogen genes to identify targets for methane mitigation strategies in: Aspin, M; Lambert, G. and Larking, K. (Eds.), 5 Year Science Progress Report 2007-2012. Pastoral Greenhouse Gas Research Consortium, Wellington, New Zealand. p. 41-42.

Auquila, RC. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. MSc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 139p.

Bárcena, A; Prado, A; Beteta, HE; Samaniego, J; Galindo, LM; Lennox, J. 2012. La economía del cambio climático en Centroamérica (en línea). Informe de síntesis. Consultado 10 oct 2016. Copyright © Naciones Unidas, octubre de 2012. Disponible en: http://www.cepal.org/es/publicaciones/26123-la-economia-cambio-climatico-centroamerica-sintesis-2012

Beauchemin, KA; Kreuzer, M; O'Mara, F; McAllister TA. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. (On line) Australian Journal of Experimental Agriculture. Consultado: 18 oct. 2016. 48, 21-27. DOI: http://dx.doi.org/10.1071/EA07199

Benavides, HO; León, GE. 2007. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático (en línea). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

– IDEAM. Consultado 5 oct 2016. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd

Bennett, AF. 2003. Enlazando el Paisaje. El Papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre (en línea). Ed. V Facultad De Ecología Y Medio Ambiente Darkin University - Rusden Campus Clayton, Australia. Trad. José María Blanch. Cambridge, RU, UICN (Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza). 277 p. (Enlazando el paisaje). Consultado 30 Ago 2015. Disponible en https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/FR-021-Es.pdf

Berra, G; Valtorta, SE; Finster, L; Mangano, E; Barrera, F; Fraingi, L. 2007. A simple technique for measuring enteric methane emissions in cows. (On line) Aust. J. Experim. Agric. Consultado 16 oct. 2016. p48. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283137029_A_simple_technique_for_measuring_enteric_methane_emissions_in_cows.

Berra, G; Bualó, RA; Finster, L; Zeitune, G; Valtorta, SE; 2009. Uso de la telemetría para medir la producción de gas en el rumen (en línea). Revista FAVE Sección Ciencias Veterinarias Vol 9, No 1 (Año: 2010), Sección Ciencias Veterinarias. Consultado 16 oct 2016. Disponible en: http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/FAVEveterinaria/article/view/1496

_____. 2012. Desarrollo de un sistema de medición de metano entérico por telemetría a través de una cánula intranasal (en línea). Instituto de Patobiología CICVyA INTA Castelar CONICET. Consultado 16 oct 2016. Proyecto nacional de nutrición animal. p15-20. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_cap_1_pdf_baja_a.pdf

Blaxter, KL; and Clapperton, JL. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. (On line) British Journal of Nutrition, Consultado: oct. 2016. Volumen 19 , Número 1. Febrero 1965, p. 511-522. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/prediction-of-the-amount-of-methane-produced-by-ruminants/3EA1DFB58D1A6E6959E61525CFC7AFAC.

Brown, S; Iverson, LR. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests World Res 43:366-383.

Brown, D.G; Robinson, DT; French, NHF. and Reed, B.C. (eds.) 2013. Land Use and the Carbon Cycle: Advances in Integrated Science, Management, and Policy. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/books/land-use-and-the-carbon-cycle/93FF92FD5BF394BA53F9D1BD02FBE775.

Carmona, JC, Bolívar, DM; & Giraldo, LA. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y

productivo (en línea). Revista Colombiana de ciencias pecuarias Vol. 18:1:40-63. Consultado 24 ago. 2015. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf

Casasola, F. 2015. Pago de servicios ambientales en fincas ganaderas en el marco del Proyecto GEF Silvopastoril (Período 2003 -2007) (Visual). CATIE. Turrialba, CR, 23 Diapositivas. Color.

CAR (Climate Action Reserve-livestock) 2016. Livestock Proyect Protocol. (On line) consulted oct. 2016. Disponible en: http://www.climateactionreserve.org/how/protocols/us-livestock/.

Chave, J; Réjou-Méchain, M; Búrquez, A; Chidumayo, E; Colgan, M. S; Delitti, W. B; & Henry, M. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. (On line) Global change biology, Consultado: oct. 20162 0(10), 3177-3190. Disponible en: http://chave.ups-tlse.fr/chave/chave-gcb14.pdf

CEPAL (Comisiones Económica para América Latina y el Caribe) 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe Naciones Unidas (en línea). Consultado: 6 oct 2016. Disponible en: http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf

Cervantes-Carrillo, F; Pérez, J; & Gómez, J. 2000. Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales (en línea). Revista Latinoamérica de Microbiología-México. Consultado: oct. 2016. 42(2), p73-82. Disponible en: http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi002e.pdf

Chagunda; G. MG. 2013. Opportunities and challenges in the use of the Laser Methane Detector to monitor enteric methane emissions from ruminants (en línea). 7: s 2, p 394–400 & The Animal Consortium 2013. Consultado: oct. 2016. DOI: 10.1017/S1751731113000724 Disponible: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23739480

Ciais, P; C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R.B. Myneni, S. Piao and P. Thornton, 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F; D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

CMNUCC (Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) 2015. Aprobación del Acuerdo de París (en línea). Propuesta del Presidente. Proyecto de decisión -/CP.2. Consultado: 6 oct. 2016. Disponibles en: http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf

Delgado, D. 2015. Manual para elaborar curvas de rarefacción en EstimateS9. Folleto. Clase: Biología y Ecología de la conservación. II trimestre 2015. CATIE. Turrialba, Costa Rica, p.6.

Detlefsen, G; Marmillod, D; Scheelje, M; Ibrahim, M. 2012. Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE División de Investigación y Desarrollo Turrialba, Costa Rica. 36p.

DeRamus, HT, C. Giampola, D. and Dickison P. 2003. Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems (en línea). JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY VOL. 32:269-277. Consultado oct. 2016. Disponible en:https://www.researchgate.net/publication/8501761_Methane_emissions_of_beef_cattle_on_forages_Efficiency_of_grazing_management_systems

Dustan, A. 2002. Review of methane and nitrous oxide emission factors for manure management in cold climates. (On line) Consultado oct. 2002. p.41. Disponible en: http://www.jti.se/uploads/jti/r299ad.pdf.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015a. Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado 4 May 2015. Disponible en http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/.

_____ 2015b. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura (en línea). Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Consultado oct. 2016. P193. Disponible en: www.fao.org/contact-us/licence-request.

_____ 2014. Planificación nacional para la mitigación de GEI en la agricultura: Documento de orientación (en línea). Consultado 28 ago. 2015. Disponible en http://www.seam.gov.py/sites/default/files/FAO2013_mitigacion.pdf.

_____ 2016a El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra (en línea). Consultado: oct. 2016. Roma Italia. FAO. 2016. Roma. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf.

_____ 2016b El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y alimentación (en línea). Consultado: 10 de oct 2016. Roma Italia. P1-214. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf.

_____ 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en línea). Roma, It, Consultado 10 oct. 2015. Disponible en http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) PNUD, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) y PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2015. Programa reducción de emisiones de la

deforestación y degradación de bosques en países en desarrollo; y el rol de la conservación, manejo sostenible de bosques y el aumento de las reservas de carbono en países en desarrollo (PROGRAMA- ONU-REDD +).

FIELD (Foundation for International Environmental Law & Development) 2012Guía para los negociadores de REDD-plus (en línea). Versión actualizada octubre 2012 Consultado: oct. 2016. Disponible en: www.field.org.uk.

Finegan, B y Delgado, D. 2015. Diversidad taxonómica (Visual). CATIE. Turrialba, Costa Rica, Clase: Biología y Ecología de la conservación. II trimestre 201523 Diapositivas. Color.

Flores, J. y Manzanares, D. 2014. Estrategia para la incorporación de los ganaderos en los esfuerzos de conservación de los bosques en la región del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. CATIE, Honduras, p. 1-30.

Gerber, P.J; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma.

GMI (Global Methane initiative) 2015. Emisiones Mundiales de Metano y Oportunidades de Atenuación (en línea). Consultado 15 oct 2016. P1-4. Disponible en: https://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_spa.pdf

Greenhouse in agriculture 2016. (On line) Consultado oct. 2016. Disponible en: http://www.greenhouse.unimelb.edu.au/Tools.htm.

GRA (Alianza Global de Investigación de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura) y SAI (Plataforma de la Iniciativa para la Agricultura Sustentable). 2013 Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: Mejores prácticas y opciones emergentes (en línea). Dublín (2013). Consultado oct. 2016. p.45 http://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2016/09/LRG-SAI-Mitigacion.pdf

Guerra L. 2010. Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero a través del ciclo de vida de la producción de queso en la zona de Santa Cruz, Costa Rica. Construcción de la huella de carbono para tres niveles de productores de queso y la implicación de las técnicas silvopastoriles en la intensidad de emisiones. CATIE Programa GAMMA Documento sin publicar 21p.

Gotelli, N. J. & R. K. Colwell. 2011. Estimating species richness. In: Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment. Magurran, A. E. & B. J. McGill (Eds.). Oxford University Press: EUA.

Harvey, CA; & Sáenz, JC. (2008). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. 1ª ed. Santo Domingo de Heredia. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). p600.

Hernandez, P. 2012. Minga Modelos genéricos de crecimiento. Curso Taller Manejo de herramientas de cuantificación de carbono del sector forestal. 19 diapositivas. Color.

Hristov, A.N; Oh, J; Lee, C; Meinen, R; Montes, F; Ott, T; Firkins, J; Rotz, A; Dell, C; Adesogan, A; Yang, W; Tricarico, J; Kebreab, E; Waghorn, G; Dijkstra, J. & Oosting, S. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO2 emissions. Edited by Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson and Harinder P.S. Makkar. FAO Animal Production and Health Paper No. 177. FAO, Rome, Italy.

Ibrahim, M, Tobar, D; Guerra, L; Sepulveda, C. Ríos, N. 2010. Determinación del balance de gases efecto invernadero en fincas ganaderas de la región Chorotega, Costa Rica como elemento de referencia para mejorar la competitividad (en línea). Turrialba, CR; Consultado 28 jul. 2015. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00202.pdf.

Ibrahim, MV, C. Casasola, F. 2007. Sistemas Silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica en paisajes ganaderos en centro américa (en línea). Cusco Perú, Consultado 01 jul. 2015. Disponible en http://www.bioline.org.br/pdf?la07035.

IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático. 2001. Cambio climático) 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico (en línea). Consultado: 20, Sept. 2016. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf. (Tercer Informe de Evaluación)

_____, 2014: Summary for Policymakers. 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 [Edenhofer, O; R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

_____ 2014b: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B; V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, KL; Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

_____ 2006. Emisiones resultantes de las gestiones del ganado y del estiércol. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea).

Consultado 26 ago. 2016. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

_____ 1997. Estabilización de los gases de efecto invernadero: Implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas (en línea). Documento técnico III IPCC. Consultado 26 Sep. 2016. Disponible en https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-III-sp.pdf.

Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003 Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos (en línea). Revista Ibérica de Aracnología Consultado oct. 2016. ISSN: 1576 - 9518. Vol. 8, 31p.151 – 16. Disponible en:http://www.biogeografia.org/biogeografia/ajimenez/papers_alberto/Jimenez&Hortal_2003.pdf.

Johnson, KA. and Johnson, DE. 1995. Methane emissions from cattle. (On line) J Anim Sci, Consultado: 17 oct. 2016. 73: 2483-92. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8567486

Kraker-Castañeda, C. y Cóbar-Carranza, AJ. 2011. Use of rarefaction for species richness comparisons: the case of the understory birds in the influence zone of the Laguna Lachuá, Guatemala (On line) Universidad de San Carlos de Guatemala Consultado oct. 2016. Dicponibleen:https://www.researchgate.net/profile/Ana_Cobar2/publication/232250983_Uso_de_rarefaccion_para_comparacion_de_la_riqueza_de_especies_el_caso_de_las_aves_de_sotobosque_en_la_zona_de_influencia_del_Parque_Nacional_Laguna_Lachua_Guatemala/links/09e41507d5d95e4729000000.pdf?origin=publication_list.

Kreft, S; Eckstein, D; Junghans, L; Kerestan C. and Hagen U. (GermanWatch) 2015. GLOBAL CLIMATE RISK INDEX 2015 (On line) Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2013 and 1994 to 2013. Consultado: 10 oct. 2016. p. 1-31. Disponible en: http://germanwatch.org/de/download/10333.pdf.

Külling, D.R; Menzi, H; Sutter, F; Lischer, P. and Kreuzer, M. 2003. Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. (On line) Article in Nutrient Cycling in Agroecosystems · January 2003. Consultado: oct. 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226022472.

Külling, D.R; Menzi, H; Krober, T.F; Neftel, A; Sutter, F; Lischer, P. y Kreuzer, M. 2001. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content. J. Agri. Sci. 137: 235–250.

Kumar, S; Kumar, P; Carro C; Carro M.D; Griffith, GW; Dagar, S; Puniya, M; Calabro, S; Rao R. S; Dhewa, T; Chandra U. R; Kumar S. S; Kundu S; Wanapat M; & Kumar P. A. 2013. New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. (On line) Microbiol Biotechnol (2014) 98:31–44 Consultado: oct. 2016. DOI 10.1007/s00253-013-5365-0.

Disponible en: https://www.iris.unina.it/retrieve/handle/11588/594300/39042/Kumar%20et%20al.%202014%20AMB.pdf

Landa, R, Ávila, B. Hernández, M. 2010. Cambio Climático y Desarrollo Sustentable. Para América Latina y el Caribe. Conocer para comunicar (en línea). México, DF, BRITISH COUNCIL, PNUD, MEXICO, CATEDRA UNESCO IMTA, FLACSO MEXICO. Consultado 25 Sep. 2016. Disponible en http://enlaceacademico.ucr.ac.cr/sites/default/files/publicaciones/CCYDSlibro-1_1.pdf.

Lassey, K. R; Ulyatt, M. J; Martin, R. J; Walker, C. F; & Shelton, I. D. (1997). Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. (On line) Atmospheric environment, 31(18) 2905-2914. Consultado: oct. 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Keith_Lassey/publication/223255811_Methane_emissions_measured_directly_from_grazing_livestock_in_New_Zealand/links/554998ec0cf205bce7ac3408.pdf

Liu, YY; van Dijk, AIJM; de Jeu, RAM; Canadell, JG; McCabe, MF; Evans, JP; Wang, G. 2015. Recent reversal in loss of global terrestrial biomass. (Letter). Nature Clim. Change 55:470-474. Disponible en http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2581.

Louman B. 2000 Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: Guía para el establecimiento y medición. Comp. Camacho C. M. Serie técnica/Manual técnico CATIE Turrialba, Costa Rica. No. 42. p.52.

Ludeña, C.E; M. Salomon, M. Cocco, C. Dannecker, J. Grütter y S. Zelaya. 2015. Identificación y priorización de Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de agricultura, transporte y eco-fogones en Honduras. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 343. Washington, DC.

Magurran, AE. 2004. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. 1ª ed. Blackwell Publishing Company. Oxford University Press Oxford. 255p.

MAG (Ministerios de Agricultura y Ganadería) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1996. Agricultura conservacionista: Un enfoque para producir y conservar (en línea). Consultado: oct. 2016. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/field/009/ar809s/ar809s.pdf

MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuicultura y Pesca) 2015. Manual de procedimientos para la evaluación de la sobrevivencia y mantenimiento de las plantaciones forestales comerciales. SubSecretaría de producción forestal (SPF) Guayaquil 2015. p.50.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal) 2008. Reconversión de la ganadería (en línea). Proyecto. Consultado: oct. 2016. Disponible en: http://www.magfor.gob.ni/prorural/programasnacionales/perfilessub/ganaderia.pdf

Margan, D.E; Graham, N.M; Minson, D.J. and Searle, T.W. 1988. Energy and protein values of four forages, including a comparison of tropical and temperate species. (On line) Aust J Exp Agri, 28: 729-736. Consultado: oct. 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/248890355_Energy_and_protein_values_of_four_forages_including_comparison_between_tropical_and_temperate_species.

Mangino, J. Bartram, D. and Brazy, A. 2001. Development of a Methane Conversion Factor to Estimate Emissions from Animal Waste Lagoons (On line) Consultado oct. 2016. P.1-14. Disponible en: https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei11/ammonia/mangino.pdf

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005. Ecosystems and Human Well-being: (On line) Synthesis. Island Press, Washington, DC. Consultado oct. 2016. Disponible: http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad (en línea). M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, Consultado oct. 2016. 84p. Disponible en: http://www.observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/m-todos-biodiversidad.pdf

Moura, AM; Gonçalves, LC; Sales, F. PD; Gruppioni, C. IH; Gonçalves, C. DS; Melgaço, FP; Alves, O. JP; Fagundes, D. TH. 2015. Métodos para medir a emissão individual de metano por ruminantes: Hexafluoreto de enxofre, produção de gases in vitro, respirometria (en línea). Revista Eletrônica Nutritime. Consultado 18 oct 2016. Vol. 12, Nº 06, nov/dez de 2015 ISSN: 1983-9006. Disponible: www.nutritime.com.br.

Muñoz, C; Yan, T; Wills, D.A; Murray, S. y Gordon, and A.W. 2012. Comparison of the sulphur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. (On line). J Dairy Sci 2012 jun. 95 (6): 3139-48. doi: 10.3168 / jds.2011-4298. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22612950

OLADE (Organización Latinoamérica de Energía) 2014. Mejorando el acceso a los mercados energéticos de Honduras (en línea). Informe Final. Consultor: Dr. Ing. Wilfredo César Flores Castro. Consultado: 3 Sept 2016. p97. Disponible en: http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/08/INFORME-FINAL-TALLER-WF-HONDURAS.pdf

Oyhantçabal, WV, E. Lagarmilla, P. 2010. El Cambio climático y su relación con las enfermedades animales y la producción animal (en línea). Conf. OIE.:169-177. Consultado 20 ago. 2015. Disponible en http://www.oie.int/doc/ged/D11835.PDF

Picard N; Saint-André L; Henry M. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centre de Cooperation International en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, 223 págs.

Piñares-Patiño CS. 2015 Mitigación de las emisiones de metano entérico de sistemas ganaderos al pastoreo. (en línea). Consultado: 18 de oct. 2016 8p. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR40147.pdf.

Pinares-Patiño, C.S; Ulyatt, M.J; Waghorn, G.C; Lassey, K.R; Barry, T.N; Holmes, C.W. and Johnson, D.E. 2003. Methane emissions by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. (en línea). El Journal of Agricultural Science, Volumen 140 , Número 2. Consultado: oct. 2016. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/methane-emission-by-alpaca-and-sheep-fed-on-lucerne-hay-or-grazed-on-pastures-of-perennial-ryegrasswhite-clover-or-birdsfoot-trefoil/D21EE082E402A5563B4D69200BCBF7C9.

Pinares-Patino, C.S; Kjestrup, H; Mac Lean, S; Sandoval, E; Molano, G; Harland, R; Hickey, S; Young, E; Dodds, K; Knowler, K; Pickering, N. and McEwan, J.C. 2013. Methane emission from sheep is related to concentrations of rumen volatile fatty acids. Pp. 495-496 in: J. W. Oltjen, E. Kebreab and H. Lapierre (Eds.), Energy and Protein Metabolism and Nutrition in Sustainable Animal Production. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.3920/978-90-8686-781-3_183.

PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) 2015. Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones (en línea). Nairobi Nov 2015. Consultado: 13 de oct 2016. Disponible en: http://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_Technical_Report_ES.pdf.

Rao I; Peters M; Castro A; Schultze-Kraft R; White D; Fisher M; Miles J; Lascano C; Blümmel M; Bungenstab D; Tapasco J; Hyman G; Bolliger A; Paul B; van der Hoek R; Maass B; Tiemann T; Cuchillo M; Douxchamps S; Villanueva C; Rincón Á; Ayarza M; Rosenstock T; Subbarao G; Arango J; Cardoso JA; Worthington M; Chirinda N; Notenbaert A; Jenet A; Schmidt A; Vivas N; Lefroy R; Fahrney K; Guimarães E; Tohme J; Cook S; Herrero M; Chacón M; Searchinger T; Rudel T. – Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2015. LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics / 40 p. – (CIAT Publication No. 407).

Ríos, N; Cárdenas, Y. A; Andrade, J. H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2006. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua (en línea). Agroforestería en las Américas N º 45. 2006. Consultado oct. 2016. Disponible en: http://216.224.175.122:8080/bitstream/handle/11554/6222/Escorrentia_superficial_e_infiltracion.pdf?sequence=1

Rendón, N. y L. Soto, 2007, Manual de metodología rápida para la estimación y monitoreo de captura de carbono, (en línea). El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas,

Chiapas, México. Disponible en: http://www.ecosur.mx/sitios/catalogo_pub/item/manual-de-metodologia-rapida-para-la-estimacion-y-monitoreo-de-captura-de-carbono

Rojas-García, F; P. Martínez-Zurimendi, M. Olguín y B. De Jong. 2009. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea en México. ECOSUR-CONAFOR. Inédito.

Rodríguez, S. N. 2013. Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación (en línea). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-Car Subdirección de administración de los recursos naturales y áreas protegidas. Consultado 22 Sept. 2016. Bogotá D.C. Colombia. Disponibleen:https://www.google.com/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Nathaly+Rodr%C3%ADguez+Santos.+Gu%C3%ADa+para+la+cuantificaci%C3%B3n+de+la+biomasa+y+el+carbono+forestal%2C+generaci%C3%B3n+de+modelos+y+uso+de+herramientas+para+su+estimaci%C3%B3n.

Sánchez, M; Harvey, C. A; Grijalva, A; Medina, A; Vílchez, S. y Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua (en línea). Revista de biología tropical, Consultado: oct. 2016. 53(3-4), 387-414. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442005000200009&script=sci_arttext

Sánchez, D. Villanueva, C; Rusch, G. M; Ibrahim, M. DeClerck F. 2013. Estado del Recurso Arbóreo en Fincas Ganaderas y su Contribución en la Sostenibilidad de la Producción en Rivas, Nicaragua (en línea). 1 ed. – Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2013. Consultado 6 de oct 2016. Serie técnica. Boletín técnico / CATIE; no.60. p50. Disponible en: http://funcitree.nina.no/Portals/ft/Documents/ESTADO%20DEL%20RECURSO%20ARB%C3%93REO%20EN%20FINCAS%20GANADERAS.pdf.

Schelhaas, M.J; P.W. van Esch, T.A. Groen, B.H.J. de Jong, M. Kanninen, J. Liski, O. Masera, G.M.J. Mohren, G.J. Nabuurs, T. Palosuo, L. Pedroni, A. Vallejo, T. Vilén, 2004. CO2FIX V 3.1 - description of a model for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. ALTERRA Report 1068. Wageningen, The Netherlands.

SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente. 2010. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Honduras (en línea). Tegucigalpa, Hn, Consultado 31 Ene 2016. Disponible en http://faolex.fao.org/docs/pdf/hon148589.pdf.

Steinfeld, HG, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; De Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones (en línea). FAO, Roma, It; Consultado 29 ago. 2015. Disponible: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf.

TNC (The Nature Conservancy). 2005. Assessing Linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical Overview and Future Perspectives. (On line) Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature

Conservancy (TNC). Consultado oct. 2016. San José, Costa Rica. Disponible en: http://eprints.uberibz.org/1058/

Tudela, F. 2012. Negociaciones internacionales sobre cambio climático: Estado actual e implicaciones para América Latina y el Caribe (en línea). Estudios del cambio climático en américa latina. Consultado: 8 oct 2016. CEPAL y Cooperación Alemana. Disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37329/S1420809_es.pdf

Walker, W; A. Baccini, M. Nepstad, N. Horning, D. Knight, E. Braun, y A. Bausch. 2011. Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal. Versión 1.0. Woods Hole Research Center, Falmouth, Massachusetts, USA.

Wigley, T. M; & Schimel, D. S. 2005. The carbon cycle (en línea). Vol. 6. Consultado: oct. 2016. Cambridge University Press. Disponible en: http://assets.cambridge.org/97805215/83374/sample/9780521583374wsn01.pdf

WRI (World Resources Institute) and WBCSD (World Business Council on Sustainable Development) 2016. Greenhouse Protocol. (en línea). Consultado oct. 2016. Disponible: http://www.ghgprotocol.org/

Vallejos, A. 2008. Bases de datos y modelos para proyectos REDD y MDL Curso internacional Diseño de actividades REDD para la mitigación del cambio climático CATIE, Turrialba, Costa Rica 27-31.10.

Vargas; Cárdenas, E; Pabón, M. y Carulla J. 2012. Emisiones de metano entérico en rumiantes en pastoreo (en línea). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Bogotá. . Consultado 16 oct 2016. P1-16 Disponible en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/11_13_35_2649REVISIONProduccionVargas.pdf

Vega, A. 2016. 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. MSc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 121p.

Zomer, R. J; Neufeldt, H; Xu, J; Ahrends, A; Bossio, D; Trabucco, A;... & Wang, M. (2016). Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. Scientific Reports, 6. http://www.nature.com/articles/srep29987.

Zamorano (Escuela Agrícola Panamericana). 2012. Encuesta nacional de consumo de leña en hogares y pequeña industria de Honduras (en línea). Informe Final. Consultado 12 ago. 2016 p65. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=33595&lang=es

CAPÍTULO II.

Artículo I. Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya Honduras

Resumen

El objetivo de este estudio fue estimar el balance de gases de efecto invernadero (GEI) en fincas ganaderas (FG) doble propósito del valle de Sico y Paulaya, ubicado en la zona nororiental Atlántica de Honduras. Para esto, entre los meses de octubre y diciembre de 2015, el CATIE a través del Proyecto PRCC/USAID y Proyecto Hoja de Ruta de NAMA/Fondos Nórdicos del clima, aplicó encuestas semiestructuradas a 100 fincas distribuidas en todo el valle, con el propósito de recolectar información referente a áreas, usos de suelo, características de manejo, alimentación, uso de insumos, y entre otros aspectos, producción. Esto sirvió de base a la actual investigación para caracterizar productiva y biofísicamente las FG y con ello determinar las emisiones de CO_2e, utilizando los niveles 1 y 2 de las directrices del IPCC 2006 y posteriormente el balance de gases de cada finca. De las 100 FG encuestadas se seleccionó 30, cuyas áreas de potrero oscilaron entre 3,2 a 239,9 ha, genética caracterizada en su mayoría por cruces de cebú con pardo, holstein y brahmán, sin especializarse en una raza en particular, con sistemas de producción extensivos y de bajos rendimientos productivos (3,8 kg Leche $Vaca^{-1}$). Las 30 FG analizadas, emitieron 4.397,7 Mg CO_2e $año^1$; de este total, el 64,8% provino del CH_4 emitido en el proceso de fermentación entérica (Fe) y un 22,7% del N_2O proveniente de emisiones directas e indirectas de las excretas depositadas por los animales en las pasturas (Des). Ambas fuentes de emisión representan el 87,5% de las emisiones totales de las FG. Se encontró que las emisiones por quema de leña son significativas y representan el 90,7% de las emisiones por consumo energético y un 10,3% de las emisiones totales. Asimismo, las emisiones netas por FG fueron 146,6 $MgCO_2e$ $SG^{-1}año^{-1}$, por hectárea de 3,9 $MgCO_2e$ $ha^{-1}año^{-1}$ y por vaca de 1,6 Mg CO_2e $vaca^{-1}año^{-1}$, siendo las vacas en lactancia las que generaron mayores emisiones. Las emisiones por unidad de producto fueron de 2,3 kg CO_2e kg^{-1} de leche producido. En cuanto al balance de GEI, 4 presentaron un balance negativo y en su mayoría las fincas que presentaron un balance positivo fueron debido a su gran tamaño y por la existencia de áreas de bosques y de coservación hídrica. Finalmente, mediante técnicas de coeficientes de correlación y regresiones lineales, se identificó una relación altamente positiva entre la carga animal y la producción de leche ha^{-1} con las emisiones por Fe, Des, combustibles fósiles y totales; Asimismo, el balance de GEI se correlacionó positivamente con la tasa de fijación de carbono.

Palabras claves: Emisiones de gases de efecto invernadero, sistemas ganaderos, CH_4, N_2O, CO_2, CO_2e, fermentación entérica, estiércol, bosques, áreas de conservación hídrica, árboles dispersos en potreros y cercas vivas.

1. Introducción

En el 2013 y 2014, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), a través de cada uno de los tres grupos de trabajo que lo integran, publicó el 5to informe sobre el CC a nivel global. En él se plantea en qué medida los gases de efecto invernadero han contribuido en el pasado al calentamiento global, como lo están haciendo ahora y de qué manera lo harán en el futuro si no se adoptan medidas a corto plazo (IPCC 2014).

Nunca las pruebas científicas han sido tan contundentes en materia de CC. Desde la era preindustrial, las concentraciones de CO_2 en el ambiente se han incrementado en un 40% (IPCC 2014b), esto a la par del crecimiento económico global, cuyo PIB mundial entre 1995 y 2014 se incrementó en un 68,5% (Banco mundial 2016). Incluso se asevera que las emisiones actuales son superiores al histórico de los últimos 800 mil años (IPCC 2014b).

Centroamérica no es ajena a los efectos del CC, las sequías, huracanes, ciclones, inundaciones y problemas sanitarios tanto a nivel humano como productivo son consecuencias claras del incremento global de la temperatura. Lo que está teniendo un impacto directo en la evolución de la economía de los países, causando condiciones de vulnerabilidad económica, social y ambiental en el Istmo (Kreft *et al.* 2015).

La organización German Watch en su índice de riesgos globales relacionados a eventos extremos derivados del CC en 183 países resalta que entre 1994 y 2013, Honduras fue el país a nivel mundial más afectado por eventos climáticos extremos, seguido muy de cerca por Nicaragua y Guatemala, que en ese orden ocupan los puestos cuatro y nueve del *ranking.* (Burck *et al.* 2016)

Honduras es parte firmante del Convenio Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC) y, por ende, del protocolo de Kyoto catalogado como el tratado entre naciones más relevante y trascendente jamás acordado en el campo ambiental y de desarrollo sostenible a nivel global (FAO 2003).

Son muchas las acciones que Honduras a nivel interno ha venido ejecutando en materia de CC; entre algunas de estas se pueden mencionar el hecho de elevar a la categoría de dirección a la unidad de cambio climático de la Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente (SERNA). La nueva Dirección Nacional de Cambio Climático de Honduras surgió con la intención de que, desde ella, se formulen y ejecuten políticas nacionales orientadas a la mitigación de emisiones de GEI y promuevan programas y estrategias en materia de clima y CC en pro del cumplimiento de los compromisos asumidos a través de la suscripción del CMNUCC y el Protocolo de Kyoto (INDC-Honduras 2015).

Por su condición de país en vías de desarrollo, Honduras no tiene ningún compromiso en materia de reducción de emisiones; sin embargo, bajo el principio "*de responsabilidades comunes, pero diferenciadas"* (INDC-Honduras 2015), a la fecha ha reportado ante la CMNUCC dos inventarios nacionales de emisiones de GEI (1995 y 2000) y un tercero en proceso de construcción (SERNA 2008). Así como también, actualmente se ha comprometido a reducir sus

emisiones en un 15% como parte de su agenda al 2030 derivada del Acuerdo de París (COP 21) (UNFCCC 2016)

La segunda comunicación nacional sobre GEI en Honduras emitidos por actividades antropogénicas en los sectores energía, agricultura, cambio de uso de la tierra y silvicultura, desechos y procesos industriales fue hecha empleando la metodología de nivel 1 establecida en las directrices del IPCC (1996) y en ella se refleja el estado de las emisiones al año 2000 como lo sugirió la CMNUCC, reportándose un balance negativo de -13,828.94 Gg de CO2e. (SERNA 2008). De los sectores productivos anteriormente señalados el sector energético es el que mayor aporte ha tenido en las emisiones (46%), siendo el sector menos emisor la agricultura; sin embargo, el 38% del CH_4 y el 90% del N_2O emitido en el país proviene de este último sector (SERNA 2008).

Estadísticas de la FAO (1990-2012) reflejan que, dentro de las fuentes de emisiones, normalmente presentes en la agricultura de Honduras, la Fe es responsable del 59,6% de las emisiones totales en este sector y un 22,7% producto de las emisiones directas e indirectas de N_2O del estiércol (heces y orina) depositado por los animales en las pasturas, dejando claro que la ganadería es parte importante en las emisiones de GEI dentro del sector agrícola del país (FAOStat 2015). Por eso, este país ha propuesto el compromiso de cambiar sus prácticas productivas en la ganadería y empezar a implementar rotación de potreros, pastos mejorados; ganadería intensiva bajo estabulación; y reducir quema de potreros para el control de ácaros en el ganado (INDC-Honduras 2015).

Otro aspecto importante a resaltar es el papel que desempeña la leña en la matriz energética de Honduras. Se estima que la dendroenergía representa alrededor del 43% (OLADE 2014) en la demanda energética nacional y el 86% del consumo energético doméstico, lo cual además de estar generando emisiones de GEI, amenaza el recurso forestal nacional (Ludeña *et al.* 2015).

Esto ha llevado al Gobierno a que, por medio del Ministerio del Ambiente, ejecute un proceso de identificación y priorización de Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas (NAMA) en los sectores de agricultura, transporte y energía, identificándose 5 NAMAs con un alto potencial de reducción de emisiones y beneficios sociales, ambientales y económicos: El sector transporte urbano, estufas ecoeficientes, ganadería sostenibles, café sostenible y eficiencia de vehículos en operación sobresalen entre los potenciales NAMAs; un segundo paso correspondiente al mismo Gobierno es el reto de seguir el proceso de desarrollo e implementación (Ludeña *et al*. 2015).

Tomando en cuenta el carácter agropecuario de Honduras, se hace necesario estudiar la dinámica productiva del sector en pro de volverlo sostenible y resiliente a cambios ambientales. Es por eso que este estudio pretende caracterizar y con ello estimar las emisiones y el balance de GEI en fincas ganaderas del valle Sico y Paulaya; una zona caracterizada por ser estrictamente productora de ganado, mediante sistemas doble propósito extensivos (Flores y Manzanares 2014).

2. Metodología

2.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Iriona, Colón; Honduras, específicamente en el área de influencia del Programa Regional de Cambio Climático (PRCC), que con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), ejecuta el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)[2]. En la zona central de dicho municipio, se encuentra el valle de Sico y Paulaya. Cuyo nombre se debe a la extensión del valle por toda la comarca Sico y sobre la rivera nororiental del río Paulaya.

Cuadro 1: Características biofísicas del municipio de Iriona, Sico-Paulaya, Honduras

Variables	**Características**	**Fuente**
Zona de vida	Bosque húmedo y muy húmedo tropical.	Holdridge 1982
Coordenadas	85º 00´-85º 45´ LO; 15º 00- 15º 16´ LN.	SEPLAN 2011
Temperatura promedio (°C)	24-37	ICF 2015
Precipitación (mm)	2300-3000	SEPLAN 2011
Población (2016)	21,461	INE 2016
Extensión territorial (km^2)	4.289,4	SEPLAN 2011
Cobertura forestal (%)	70,73	ICF 2015
Pastos y cultivos (%)	24,82	ICF 2015
Altitud (msnm)	0-2500	ICF 2015
Pendiente (%)	0-45	ICF 2015

Iriona se caracteriza por pertenecer a la zona climática de bosque húmedo y muy húmedo tropical (Holdrige 1982), ubicada entre las coordenadas 85º 00´-85º 45´ LO; 15º 00- 15º 16´ LN y cuenta con una población de 21.461 habitantes en una extensión territorial de 4.289,4 km^2 (Cuadro 1).

Según estimaciones del Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF 2015), poco más del 70% del municipio se encuentra bajo cobertura forestal y un 24,8% del territorio es de vocación agropecuaria. La agricultura practicada en esta zona es de subsistencia, siendo la vocación del valle la ganadería, debido a que cuenta con buenas condiciones para el desarrollo de esta actividad (SEPLAN 2011). Además, el valle posee pendientes poco pronunciadas (0 al 15%), con suelos aluviales de alta fertilidad, típicos en valles rodeados de montañas y ríos. Las precipitaciones oscilan entre 2700 a 3000 mm y la altura sobre el nivel del mar está entre 0 y 250 m (ICF 2015; SEPLAN 2011).

El municipio de Iriona está geográficamente dividido en 5 microrregiones; que contemplan a la región costera (Norte), la Biosfera del Río Plátano y humedales (Sur-Este), El Valle (Sico-Paulaya en el Centro) y la Sierra o Río Tinto (Noroeste) (Figura 1).

[2] Junto a socios como Madera Verde y la Mesa de Ambiente y Producción Sico Paulaya.

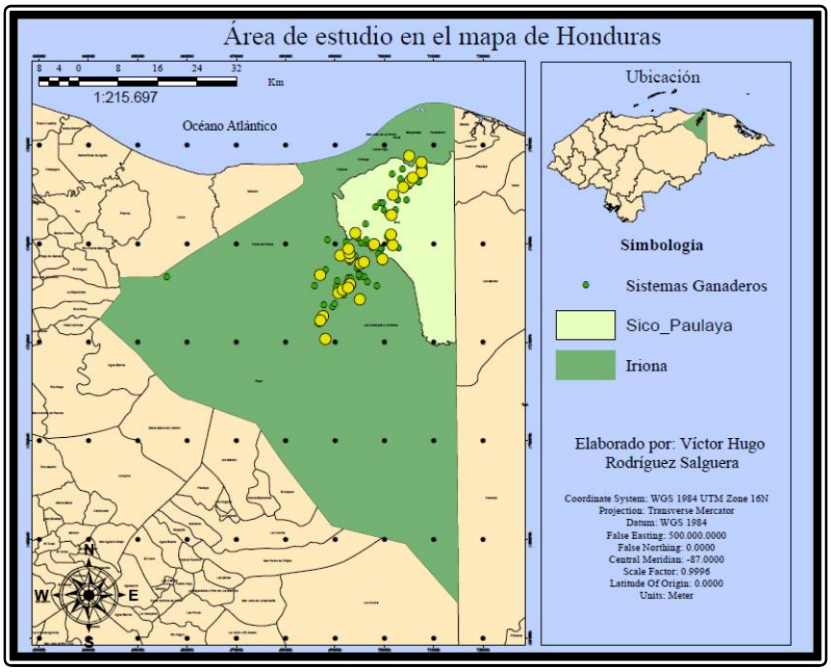

Figura 4: Mapa de ubicación y distribución de las fincas ganaderas en el Valle de Sico-Paulaya, Honduras.

2.2. Selección de las fincas ganaderas

Previo a este estudio, el personal de Madera Verde y del PRCC, con apoyo adicional de Fondos Nórdicos, aplicó 100 encuestas semiestructuradas (50 encuestas PRCC y 50 encuestas Fondos Nórdicos) a productores ganaderos a lo largo del Valle de Sico y Paulaya. La base de datos generada sirvió para seleccionar las fincas ganaderas (FG) en donde se cuantificaron los GEI producidos en las actividades pecuarias inherentes al sistema de producción.

Los datos, producto de las encuestas, fueron sistematizados y depurados en una hoja de cálculo (Excel) y luego llevados al programa InfoStat; en el cual, con la herramienta de conglomerados de análisis multivariado, se usó el método Ward y la distancia euclidea (Balzarini *et al*. 2008). Este procedimiento permitió seleccionar 30 FG con base en características productivas (producción de leche y carga animal) y tipos de usos del suelo (cercas vivas, áreas de conservación hídrica, cultivos agrícolas, potreros y bosques). El criterio de selección de dichas fincas fue el gradiente continuo de variabilidad presente a lo largo de todo el conglomerado, agrupándose las 100 FG en 30 conglomerados (Figura 5). De cada uno de los conglomerados, se seleccionó la FG del centro para posteriormente estimar sus emisiones. Cabe mencionar que cuando el número de FG dentro de un grupo era par o solo tenía dos, el método de selección fue por medio de rifa. Los ID de las FG seleccionadas en orden descendente fueron: 100, 97, 95, 94, 91, 87, 86, 85, 79, 77, 73, 64, 61, 59,57, 54, 50, 45, 44, 39, 32, 29, 24, 23, 22, 13, 12, 11, 8 y 6.

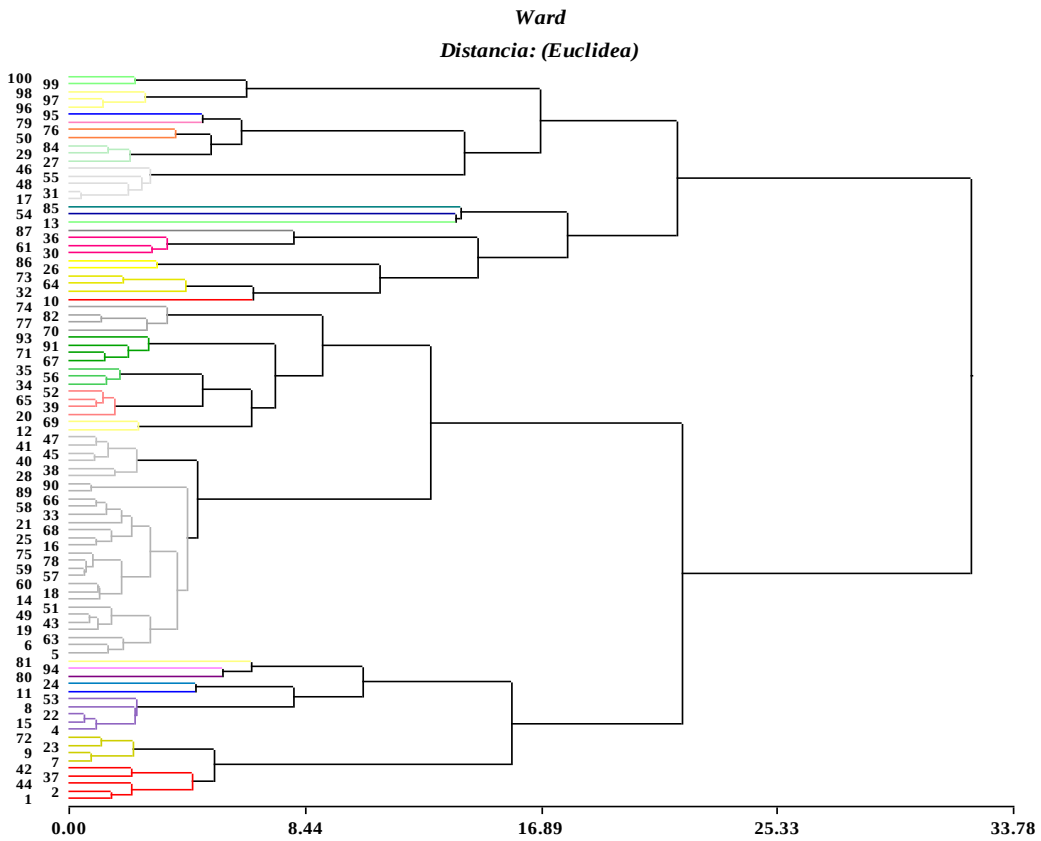

Figura 5: Análisis de conglomerado para la selección de los 30 sistemas ganaderos evaluados en el valle de Sico-Paulaya, Honduras.

2.3. Caracterización de las fincas ganaderas

En este estudio, se entiende como FG a la unidad productiva en la cual el recurso suelo y su vegetación se destina para el pastoreo de ganado bovino (potreros), obtención de servicios como postes o leña (potreros y CV) o delimitación de áreas dentro de la finca (CV).

La caracterización de las FG se realizó para conocer su funcionamiento y definir la dinámica de las emisiones dentro de ellas. Esto se hizo con base en variables físicas (representada por el área de potreros), zootécnicas (representadas por la estructura del hato y su manejo como categorías animal según sexo, genética, carga animal, manejo sanitario, manejo de pasturas, alimentación, manejo del estiércol y utilización de insumos) y productivas representada por los kg de leche (Cuadro 1).

2.4. Descripción de variables para caracterización

El IPCC en sus directrices del 2006 y en su informe sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2003) sugiere que un paso esencial previo a la cuantificación de las emisiones, en cualquiera de los sectores que se trate, es caracterizar la dinámica productiva y con base en eso elegir el método de cuantificación (Cuadro 2).

Cuadro 2: Descripción de variables productivas y manejo para caracterización de fincas ganaderas del Valle de Sico-Paulaya, Honduras.

Variables	**Definición**	**UM**
Área total	Tamaño total de las fincas sumando las áreas de potreros, los bosques y las áreas de conservación hídrica	ha.
Áreas de potreros con árboles dispersos (PAD)	Es un tipo de sistema silvopastoril (SSP) que se caracteriza por la presencia de árboles de usos múltiples (madera, leña, alimento y postes para cercas), plantados o de generación natural dentro del área de pastoreo. Los ADP son considerados el SSP más antiguo y más ampliamente usado en las FG de Honduras[1]	ha.
Cercas vivas (CV)	Son un tipo de SSP constituido por plantas arbóreas o arbustivas sembradas en forma lineal en las divisiones de los potreros en las cuales se fija el alambrado. Este sistema es muy común en Honduras y se utilizan numerosas especies de árboles según el interés del productor y la zona, entre las más comunes está *Gliricidia sepium* y *Erythrina spp*[1]	km y ha
Áreas de conservación hídrica (ACH)	Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanente o temporal dentro de las fincas ganaderas[2]. También son conocidos como bosques ripários, ribereños, de galería o cañadas	ha.
Áreas de bosque gestionado	Son áreas cubiertas de árboles con una altura superior a los 5 m, una cobertura mayor al 10% y que se extienden por más de 0,5 ha dentro de las fincas. Además, son objeto de gestión humana por el aprovisionamiento de madera, leña y postes para usos dentro de la finca o bien con fines comerciales[3]	ha.
Número de potreros	Número de secciones o potreros en que se encuentra dividida el área de pasturas	No.
Tamaño de potreros	Área promedio ocupada por cada potrero	ha
Días de pastoreo	No. promedio de días de pastoreo en cada potrero	Días
Días de descanso	No. promedio de días de descanso de cada potrero	Días
Número de animales	Cantidad de cabezas de ganado presentes en cada FG	No
Unidades animales	Una unidad animal equivale a 400 kg de peso vivo (PV)[4]	UA
Carga animal (Global)	Número de UA por hectárea dentro de la FG[5]	UA ha-1
Vacas lactantes	No de vacas lactantes	No
Categorías animales	Número de animales en otras categorías animales	No
Producción de leche	Litros producidos por FG en el año	kg

Dieta	Si suplementan o no, o solo pastoreo alterno o rotacional	Tipo
Insumos	Tipo de insumos usados en la FG (Herbicida, insecticida, combustibles, etc.)	L o kg año-1
Ordeño	Manual o mecánico	Tipo
Maquinaria	Maquinaria presente en las FG usadas en el manejo del mismo.	Tipo
Consumo energético	Leña, diésel, gasolina o electricidad	L, kWh o kg.

Fuentes: [1]Sánchez 2014 --- [2]SIAT-AC 2015---[3]FAO 2016; IPCC 2003------[4] Vosti *et al*. 2011; IPCC 2006 --- [5]Cocimano et al.1983

2.5. Clasificación de las fincas ganaderas según su carga animal

Las FG se clasificaron de acuerdo con su carga animal en alta, media y baja. Esto se definió con base en el primer cuartil (Q1=0,73) y tercer cuartil (Q3= 1,91) de la carga animal (CA) de cada finca. Todas las fincas cuya CA fue menor o igual a 0,73 UA ha^{-1} se clasificaron como baja intensidad, entre 0,73 y 1,91 UA ha^{-1} como media y mayores o iguales a 1,91 UA ha^{-1} como alta.

2.6. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero

2.6.1. Supuestos y consideraciones para la estimación de las emisiones y del balance de GEI en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

Por la complejidad que representan las fincas ganaderas, en aspectos como decisiones de los productores, incidencias de enfermedades, muertes de animales y ventas de ganado; y debido a que no fue posible conocer algunas características de la producción de la zona (grasa y proteína en leche), se hace necesario adoptar supuestos y consideraciones como las que se presentan a continuación:

- ✓ Se asume que el hato no varía durante todo el año, por lo que se considera la composición de este en el momento de realizar la entrevista para el cálculo de las emisiones de GEI.
- ✓ Se supone que la edad de bosques y áreas de conservación hídrica no supera los 25 años.
- ✓ Se utilizó un 4% de grasa y un 3,3% de proteína en leche (IPCC 2006).
- ✓ La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) fueron obtenidos de información secundaria (Peters *et al;* 2011, IPCC 2006, Villalobos 2010; Cozzolino et al, 1994; Núñez *et al.*1994; Sánchez 2007; Guimaraes *et al;* 2005).
- ✓ Una unidad animal corresponde a 400 kg (Vosti *et al*. 2011; IPCC 2006).
- ✓ Para estimar las emisiones por quema de biomasa (Leña), se tomó como unidad de medida a la hora de hacer la entrevista, cargas de leña consumidas a la semana. Una carga equivale a 200 libras y está compuesta por 40 unidades de leña.
- ✓ El poder de calentamiento utilizado para los gases es: 21 para CH_4 y 310 para N_2O, equivalentes a CO_2 en un espacio temporal de 100 años (IPCC 2006).

2.6.2. Límites del estudio

En este estudio, el cálculo de las emisiones de las FG se contempla bajo dos aspectos generales: Las emisiones ligadas a fuentes directas de la ganadería (fermentación entérica y estiércol

depositado en las pasturas por los animales) y las emisiones indirectas relacionadas con consumo energético en actividades ganadera como transporte (combustibles fósiles), quema de biomasa (leña) y consumo de energía eléctrica.

La estimación de las emisiones por fermentación entérica y estiércol depositado en las pasturas en este estudio son aquellas ocasionadas por especies bovinas. No se inventariaron las emisiones de estas fuentes de otras especies dentro de la finca como son caballos, cerdos, perros, aves, etc.

Los sistemas productivos rurales donde se realiza el estudio, además de la ganadería, cuentan con otras actividades productivas comerciales o de subsistencia en las cuales generan emisiones. En este estudio, solo se contabilizan aquellas emisiones derivadas de la actividad ganadera propiamente dicha.

2.7. Descripción de variables para emisiones

Para el cálculo de las emisiones directas del ganado, se utilizó el nivel 1 y 2 (CH4 y N2O) sugerido en el volumen 4, capítulo 10 y 11 de las directrices del IPCC (2006), utilizando los datos de la caracterización del hato para determinar por FG las categorías animales, número de animales en cada una y sus respectivas dietas; así como también información secundaria. En el caso de las emisiones relacionadas con el consumo de combustibles fósiles, quema de biomasa (leña) y consumo eléctrico, se utilizó el nivel 1, con factores de emisión de literatura (IPCC 2006; Coto 2010; MEM 2008) (Cuadro 3).

Cuadro 3: Descripción de variables de emisiones de gases de efecto invernadero (Mg CO_2e) en fincas ganaderas del Valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Variables	**Definición**	**FE[2]**	**Nivel**
ET[1] de por fermentación entérica	Fermentación microbiana de carbohidratos y aminoácidos en el retículo digestivo de los rumiantes, en cuyo proceso se emite CH_4 vía esófago y recto[3]	N/A	2
ET[1] de CH_4 por gestión del estiércol	Emisiones CH_4 debidas a la deposición directa del estiércol en las pasturas por el ganado[3]	1 IPCC 2006	1
ET[1] de N_2O y CH_4 estiércol	Emisiones N_2O debidas a la deposición directa del estiércol en las pasturas por el ganado[4]	Leche: 0,6 Carne: 1[5] 0,02[6]	1
ET[1] de CO_2 debido a las emisiones de quema de leña	Emisiones derivadas de la quema de leña en procesos de preparación de alimentos	1,7[8]	1
ET[1] de CO_2 debido a las	Emisiones derivadas de la quema de gasolina y diésel dentro de las FG en procesos de transporte	Diésel 2,83[10]	1

emisiones de CF[7]	de materiales, preparación de alimentos animales, etc.	Gasolina 2,33	
ET de CO2 debidas a las emisiones de CE[9]	Emisiones derivadas del consumo eléctrico dentro de las FG	0,65[11]	1

[1]Emisiones totales. [2]Factor de emisión --- [3]Hristov *et al.*2013 --- [4]INE-México 2013--- [4]Excreción anual promedio de nitrógeno: 70 (leche) y 40 (carne) kg/cabeza/año, Fracción de N por tipo de manejo de estiércol: 0,57 (Leche) y 0,66 (Carne) --- [5,6]IPCC 2006 --- [7]Combustibles fósiles. [8] MEM 2008 --- [9]Consumo eléctrico. [10]IPCC 2006 ---. [11]Coto 2010.

2.8. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por fermentación entérica

Para estimar las emisiones generadas por Fe dentro de las FG, se contó con información detallada sobre actividades específicas de cada finca como son: categorización animal y tipo de alimentación suministrada al hato. Esto permitió que se calculara la oferta de energía bruta utilizando coeficientes de actividad sugeridos por IPCC (2006) y con ello calcular las emisiones empleando las ecuaciones siguientes:

Ecuación 1: Emisiones totales por fermentación entérica del ganado

$$Total\ CH_{4F.Entérica} = \sum_{i}^{N} \frac{(N_i * EF)}{10^3\ kg\ t^1}$$

Donde:

Total $CH_{4\ F.\ Entérica}$: son las emisiones totales de metano procedentes de la fermentación entérica (Mg CH_4)

EF: factor de emisión para la población de ganado definida, (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1})

Ni: Sumatoria del número de animales determinados en cada categoría

Ecuación 2: Factor de emisión de CH4 por fermentación entérica del ganado

$$EF = [GE * \left(\frac{Ym}{100}\right) * \frac{365}{55{,}65}]$$

Donde:

EF: factor de emisión (kg CH_4 cabeza^{-1}año^{-1})

GE: absorción de energía bruta (MJ cabeza^{-1} día^{-1})

Ym: es la tasa de conversión del metano, que es la fracción de energía bruta presente en los alimentos que se convierte en CH_4, es 0,06 ± 0,005 (IPCC 2006)

365: es el número de días del año

55,65: es el factor de contenido de energía del metano ($MJ^{-1}kg^{-1}$ CH4)

Los cálculos de energía bruta se hicieron aplicando las ecuaciones siguientes:

Cuadro 4: Ecuaciones para el cálculo de la energía bruta necesaria para estimar el factor de emisión en las fincas ganaderas del Valle de Sico-Paulaya, Honduras.

Ecuaciones para energía neta (EN)	**Descripción**
Movimiento[1] $\boldsymbol{ENm = CFi * (PV)\text{^}0,75}$	CF= Coeficiente para el cálculo de ENm (Vacunos en lactancia = 0,86, Vacunos no lactantes = 0,322 y toros 0,370). PV: Peso vivo del animal (kg)
Alimentación[2] $\boldsymbol{ENa = Ca * ENm}$	ENa (MJ día-1) Ca=Coeficiente para condiciones de alimentación del animal. Pastoreo a campo abierto = 0,36
Crecimiento[3] $\boldsymbol{ENc = [22,0 * \left(\frac{BW}{C * MW}\right)^{0,75} * WG^{1097}}$	BW= Peso vivo del animal (kg). MW= Peso corporal adulto (kg) C= Coeficiente 0,8 hembras, 1,0 animales castrados, 1,2 toros (NCR 1996) WG= ganancia de peso (kg $día^{-1}$)
Lactancia[4] $\boldsymbol{NE = Leche * Ca * (1,4 + 0.4 * Grasa)}$	Grasa=Contenido de grasa de la leche (%)
Preñez[5] $\boldsymbol{ENp = Cpreñez * NEm}$	Cpreñez=Coeficiente de preñez. En vacunos Cpreñez = 0,10. ENm= Energía de mantenimiento (MJ $día^{-1}$)
$\boldsymbol{REM = [1123 - (4092x10\text{^} - 3 * DE\%) + [1126x10\text{^} - 5 * (DE\%)\text{^}2] - (25,4/(DE\%))]}$	REM[6]: Relación entre la energía neta disponible para el mantenimiento en una dieta y la energía digestible consumida. ED= energía digestible expresada en % de la energía bruta
$\boldsymbol{REG = [1164 - (5160x10\text{^} - 3 * DE\%) + [1308x10^{-5} * DE\%)\text{^}2] - (37,4/(DE\%))]}$	REG[7]: Relación entre la energía neta disponible para el crecimiento en una dieta y la energía digestible consumida.

Fuente: IPCC (2006).---[1]Energía requerida por el animal para su movimiento.---[2]Energía requerida por el animal para su alimentación.---[3]Energía requerida por el animal para su propio crecimiento.---[4]Energía requerida por las vacas lactantes en el proceso de producción de leche.---[5]Energía requerida por el animal para su embarazo.--- [6] Ratio Energy Maintenance.---[7]Ratio *Energy Growth.*

2.9. Emisiones de CH_4 y N_2O por deposición del estiércol en las pasturas

El IPCC (2006) recomienda usar fracciones de excreción de nitrógeno por tipo de manejo del estiércol y excreción anual promedio de nitrógeno de otros países o regiones, siempre y cuando dichos países tengan características similares respecto a clima y a la actividad específica que se trate. En este estudio, se utilizó las fracciones de excreción por tipo de manejo del estiércol y excreción anual promedio de nitrógeno de México por ser un país que pertenece a la misma región climática (tropical) y, a la vez, practica una ganadería similar a la de Honduras (INE 2013). Esto se evidencia al comparar las emisiones de los inventarios de ambos países, donde

las proporciones de emisiones (del subsector pecuario) según cada fuente no difieren significativamente. En Honduras, las emisiones por estiércol depositados a las pasturas representan el 22,7% de las emisiones del sector agricultura, muy similar a México, donde las emisiones de esta misma fuente representan el 24,2% de este mismo sector (FAOStat 2015).

2.9.1. Emisiones de metano por deposición directa del estiércol en las pasturas

Para el cálculo de las emisiones de esta fuente, se aplica una metodología de Nivel 1 (IPCC 2006) utilizando la ecuación siguiente:

Ecuación 3: Emisiones de CH_4 provenientes del estiércol depositado en las pasturas por el ganado.

$$CH_{4Estiércol} = \sum_{(T)}^{N} \left(\frac{EF_{(T)} * N_{(T)}}{10^3 \ kg \ t^1} \right)$$

Donde:

$CH_{4Estiércol}$: son las emisiones de CH_4 procedentes de la deposición del estiércol en las pasturas por los animales de la categoría i (t CH_4).

$EF_{(T)}$: es el factor de emisión de CH_4 por manejo del estiércol de la categoría de animales T (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Para la categoría vacas lecheras, el factor de emisión es 0.694 (kg CH_4 cabeza^{-1}año^{-1}) (INE 2013).

Para la categoría carne, el factor de emisión es 1 (kgCH_4 cabeza^{-1}año^{-1}) (INE 2013).

$N_{(T)}$: cantidad de cabezas de ganado de la categoría T presente.

T: cada una de las categorías en estudio.

2.9.2. Emisiones directas de óxido nitroso por deposición de excretas y orina de animales en pasturas

Cuando no existe un método de manejo del estiércol en los sistemas ganaderos y el estiércol depositado en las pasturas por los animales, el IPCC recomienda que los cálculos de las emisiones de esta fuente se realicen siguiendo lo estipulado en el capítulo 11 del volumen 4 sobre emisiones de N_2O en suelos gestionados.

Ecuación 4: Emisiones directas de N2O del estiércol (orina y heces) depositado por animales de pastoreo en pasturas.

$$F_{PRP} = \sum_{T}^{N} [(N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,PRP)} * EF] \ * \ 44/28$$

Donde:

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y heces depositada en pasturas por animales en pastoreo (kg N año^{-1})

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del sistema ganadero

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal^{-1} año^{-1}. (INE, 2013)

$MS_{(T, PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas. (INE, 2013)

EF: factor de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados (0,02)

2.9.3. Emisiones indirectas de N_2O por lixiviación debido a deposición de excretas y orina de animales en pasturas.

Ecuación 5: Emisiones indirectas por lixiviación de N_2O de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas.

$$N_2O_{(ATD)} - N = \sum_{i}^{N} [(F_{(PRP)} * Frac_{Lixiviación-(H)}] * EF$$

Donde:

$N_2O_{(L)}$ –N = cantidad anual de N_2O–N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos (kg N_2O–N año^{-1}).

F_{PRP} = cantidad anual de N del estiércol (orina y heces) depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento (kg N año^{-1}).

$Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$ = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento N (kg de agregados de N) (Según IPCC 2006 es 0,30).

EF = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de N (kg N2O–N) (kg N por lixiviación y escurrido) (Según IPCC 2006 es 0.0075)

2.9.4. Emisiones indirectas de N_2O por volatilización debido a deposición de excretas y orina de animales en pasturas

Ecuación 6: Emisiones indirectas por volatilización de N_2O de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas.

$$N_2O_{(ATD)} - N = \sum_{i}^{N} [(F_{(PRP)} * Frac_{(GASM)}] * EF$$

Donde:

$N_2O_{(ATD)\,–N}$ = cantidad anual de N_2O–N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (kg N2O–N año^{-1}).

F_{PRP} = cantidad anual de N del estiércol (orina y heces) depositado por animales de pastoreo en pasturas (kg N año^{-1}).

$Frac_{GASM}$ = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (FON) y de N de estiércol (orina y heces) depositada por animales pastoreado (FPRP) que se volatiliza como NH_3 y NOx, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado) (IPCC 2006: 0,20).

EF = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N_2O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N–N_2O (kg NH_3–N + NOx–N volatilizado)$^{-1}$] (Según IPCC 2006 es 0,010). Emisiones por consumo de leña en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya.

Se empleó el factor de emisión de 1,7 kg de CO_2 kg^{-1} de leña encontrado en una publicación disponible en la página web del Ministerio de Energía y Minas de Nicaragua (MEM 2008). Dicho factor fue multiplicado por la cantidad de kg de leña consumidos al mes y de esta manera se obtuvo las emisiones mensuales, que multiplicadas por 12 reflejaron las emisiones anuales.

2.10. Emisiones por consumo de combustibles fósiles en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

Los combustibles fósiles utilizados en el manejo de las fincas ganaderas en maquinarias y/o motores como moto guadañas, motosierras, motocicletas, carros fueron el diésel y la gasolina. Los factores de emisión utilizados fueron de 2,33 (gasolina) y 2,83 (diésel) kg CO_2e litro^{-1} de diésel y gasolina, respectivamente (IPCC 2006).

2.11. Emisiones por consumo eléctrico en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

Cabe mencionar que de las 30 fincas ganaderas evaluadas, 25 usaban como fuente de suministro de energía paneles solares y solo 5 contaban con energía eléctrica pública, a las cuales se les cuantificó el consumo total de electricidad, que fue convertido a emisiones de GEI empleando un factor de 0,65 kg CO_2 KWh^{-1} (Coto 2010).

2.12. Intensidad de las emisiones en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

Para el cálculo de la intensidad de las emisiones, se corrigió la leche a 4 % de su contenido graso y 3.3% de proteína (IPCC 2006; FAO and ILSI 2016) de acuerdo con la ecuación siguiente.

Ecuación 7: Leche corregida a 4% de su contenido graso y 3.3% de proteína

$$GPLC = PL \ * (0{,}337 + 0{,}116 * G(\%) + 0.06 * P(\%))$$

Donde:

GPLC: grasa y proteína corregida por la producción de leche

G: porcentaje de grasa en la leche

P: porcentaje de proteína en la leche

L: total de leche producida por todas las vacas de las fincas

2.13. Balance de gases de efecto invernadero y su relación de con un índice de conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

Para estimar el balance de gases de efecto invernadero (BGEI) en las FG, fue necesario conocer las remociones de carbono. Estas corresponden a las tasas de fijación expresadas en Mg de CO_2 $año^{-1}$ ha^{-1} para los usos de suelo potreros con árboles dispersos, cercas vivas simples, áreas conservación hídrica y bosques gestionados. Dichas tasas de fijación fueron las tomadas en cuenta para la estimación del carbono fijado en las áreas de trabajo del proyecto GEF-Honduras (Cuadro 5).

Los balances de GEI corresponden al análisis del estado de emisiones de un sistema productivo. Los resultados pueden ser negativos en el caso de que las emisiones sean mayores a las remociones, neutro para el caso de que las emisiones y remociones sean iguales, y positivo cuando las remociones son mayores a las emisiones. El balance de gases se obtuvo con la siguiente fórmula:

Ecuación 8: Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$Balance\ de\ GEI = \Sigma ReCO2e\ (j) - \Sigma GEI\ (i)$$

Dónde:

ReCO2-e (j)= remociones totales de t CO2-e por uso de la tierra; (j)= uso de la tierra perteneciente a la finca.

GEI (i)= emisiones totales de t CO2-e de la finca; (i)= actividad o proceso que genera las emisiones.

Se construyó un índice de conservación de la biodiversidad por cada uso de suelo (US) presente en las FG (Cuadro 5) aplicándose un valor por ha de US basado en la guía para el pago de servicios ambientales del proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas en Costa Rica, Nicaragua y Colombia (Murgueitio *et al.* 2003). Esto con el propósito de conocer qué relación tiene dicho índice con el balance de GEI.

Cuadro 5: Tasas de fijación de carbono (t CO2 ha-1 año-1) e índice de conservación de biodiversidad en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Uso de suelo	**Tasa de fijación (Mg CO2e ha-1año-1)1**	**Índice de conservación de la biodiversidad (ha-1)2**
Potreros con árboles dispersos	5,5	0.3
Cercas vivas simples	6	0.3
Áreas de conservación hídricas	16,9	0.8
Bosques gestionados	12,8	0.8

Fuente: [1]Tobar y Estrada 2012---[2]Murguitio *et al.* 2003. Nota: Las tasas de fijación para bosques y áreas de conservación hídrica se consideran conservadoras tomando en cuenta que el IPCC (2006) recomienda para un nivel 1 una tasa de fijación de 20,1 Mg de CO_2e en bosques en crecimiento menores a 20 años.

2.14. Análisis de datos

Los resultados de la caracterización y de emisiones se procesaron haciendo uso de medidas resúmenes donde se aprecian totales, medias, mínimos, máximos y error estándar. Para el análisis de las emisiones por tipo de fincas, se hizo por medio de análisis de varianza no paramétrica (Kruskal Wallis). Para identificar qué variables o características de las FG (CA, producción de leche, ICBD y TFC) están influenciando las emisiones y el balance de gases, se realizó una matriz de correlación usando el coeficiente de Spearman, el cual es una medida no paramétrica de asociación basada en rangos, que puede ser usado para variables discretas o continuas no necesariamente normales. Luego, se aplicó un análisis de regresión lineal simple para ilustrar la asociación entre variables que mostraron correlación significativa. Todo esto fue procesado en el programa estadístico InfoStat (Balzarini *et al.* 2008).

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización y clasificación de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya

El tipo de producción predominante en las FG del valle de Sico y Paulaya es de doble propósito (DP); los animales machos son criados para venta al sacrificio y la categoría hembra es para la producción de leche, a excepción de las vacas con bajos rendimiento productivo o las que tienen más de 4-6 partos que generalmente se descartan y se venden para sacrificio (Norales 2007).

Las 30 FG evaluadas destinan un área de 1.725,10 ha a la producción de pastos para alimentación y manejo animal. Esta área oscila entre 3,2 y 231,9 ha con un promedio de 57,5 ha por FG, superior a los 49,7 ha por finca reportadas como promedio para el tamaño de FG del municipio de Iriona, e inferior (68ha) al reportado para el valle en un estudio realizado 9 años antes (Norales 2007), pero muy similar (58 ha) al área encontrada en FG de Olancho y la Ceiba (Pérez *et al.* 2006). Asimismo, se encontró un área total de 148,8 ha de bosques, 38,4 ha de ACH y 127,6 km de CV. Se halló que las 30 FG representan un área total de 2.051,3 ha, de las cuales 1,725.1 ha son destinadas para pasturas (Cuadro 6).

En cada FG del valle, se maneja un promedio de 90,5 cabezas de ganado, de las cuales una media de 27 vacas son lactantes y la diferencia pertenecen a otra categoría animal; cabe mencionar que la cantidad de vacas lactantes varía por época del año, encontrándose en la época de invierno 21,6 y 33,2 en el verano. La CA promedio que se maneja en las FG es de 1,6 unidades animales ha^{-1} inferior a la reportada en Olancho y la Ceiba (1,9 UA ha^{-1}) por el proyecto ILRI-CFC (Instituto Internacional para la Investigación en la Ganadería y el Fondo Común para los Productos Básicos, por sus siguas en inglés)

La producción lechera del valle se puede catalogar como baja (Norales 2007), con un rendimiento diario de 3,8 kg $vaca^{-1}$, con promedios de 3,5 en época lluviosa y 4,1 kg $vaca^{-1}$ en época de verano; esta baja productividad es atribuible a que las FG evaluadas no cuentan con un sistema de manejo rotacional, cuyas áreas de pasturas son grandes y, a su vez, no implementan programas de mejoramiento genético, siendo el sistema de reproducción predominante el de monta natural, con una genética dominada por cruces de razas cebú y razas

europeas como Holstein, Jersey, Pardo (Pérez *et al.* 2006), Brahman y Gyr, sin especializarse en una raza mejorada en particular (Toro 2004).

Este rendimiento promedio de leche encontrado en las FG del valle, es similar (3,9 kg vaca^{-1}dia^{-1}) al reportado por el proyecto ILRI-CFC en la zona de Olancho y la Ceiba (Pérez *et al.* 2006), además, dicho resultado se encuentra en el rango que se maneja como promedio nacional (2,4 a 4,4) en el país (INE 2008).

Cuadro 6: Características biofísicas y productivas de 30 fincas ganaderas del Valle de Sico y Paulaya, Honduras; donde se estimaron las emisiones de GEI y las reservas de carbono en árboles en diferentes usos del suelo.

Variables	**Media**	**Min.**	**Max.**	**Total**
Área total (ha)	68,4	3,2	245,9	2.051,3
Área de pasturas (ha)	57,50	3,2	231,9	1.725,1
Cercas vivas (km)	4,2	0	12,5	127,6
Áreas de conservación hídrica (ha)	1,28	0	10,5	38,4
Área de bosques (ha)	4,96	0	56,2	148,8
Número de potreros	8,8	3	20	264
Tamaño promedio de potreros (ha)	6.5	-	-	-
Días de pastoreo	8,3	2	30	-
Días de descanso	27,3	15	60	-
Unidades animales por finca (UA)	73,5	6.9	261,8	2.204,9
No de vacas lactantes	27	4	85	702
No. de animales en otra categoría	67,1	5	237	2.013
No. de animales por FG	94,1	5	322	-
Carga animal (UA ha^{-1})	1,6	0,05	5,3	-
Producción de leche (kg año^{-1})	37.495,5	0	117.250	974,883
Producción de leche (kgvaca^{-1}dia^{-1})	3,8	3.5*	4.1**	-

*Min= Época seca y **Max= Época lluviosa

Norales (2007), quien realizó un análisis socioeconómico de la ganadería en Iriona, encontró una producción diaria por vaca en el municipio de entre 3,1 y 4,4 kg, lo cual también es contrastante con los bajos rendimientos encontrados en el presente estudio; sin embargo, este autor resalta un alto potencial de crecimiento de la producción lechera si se adoptaran buenas prácticas pecuarias, como división de potreros, suplementación alimenticia, mejoramiento genético y un pastoreo rotacional, ya que la zona se caracteriza por presentar potreros grandes (6,5 ha en promedio), con muchos días de pastoreo (8,3 días por potrero) y pocos días de descanso (27,3 días en promedio) lo cual es típico de un sistema de pastoreo continuo (Cuadro 6).

La baja productividad de leche en invierno es atribuible a una reducción de un 40% de los precios de los productos lácteos en dicha época (Molina 2010); para lo cual, los productores optan por tener menos vacas lactantes y meter ganado de engorde en sus pasturas. Además, debido a las condiciones de trópico húmedo, los inviernos son copiosos, lo cual causa saturación

del suelo repercutiendo en bajos rendimientos por estrés ocasionado por enfermedades fungosas, lo que reduce la búsqueda de alimento. En cambio en la época de verano, los precios de la leche se incrementan, presentándose mejores condiciones para el pastoreo del ganado de leche (ya que es la época que los productores sacan el ganado de engorde) y con ello un pequeño aumento en los rendimientos lecheros del hato (Molina 2010; Pérez *et al.* 2006, INE 2008).

3.1.1. Descripción de la composición del hato

Las categorías animales identificadas en las FG fueron vacas lactantes, vacas secas, novillas, novillos, terneras, terneros y toros; cuya cantidad por categoría puede apreciarse a continuación.

Cuadro 7: Categorías animales, número de animales por categoría y peso encontrado en fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras.

Categoría	Cantidad/Categoría
Vacas lactantes	23
Vacas secas	15
Novillas	24
Novillos	5
Terneras	10
Terneros	10
Toros	2

En promedio, los productores manejan en su sistema de producción, 23 vacas lactantes, 15 vacas secas, 24 novillas, 5 novillos, 10 terneras, 10 terneros y 2 toros. Todo manejado bajo un sistema de libre pastoreo, en un número promedio de 9 potreros (Cuadro 7).

En Olancho y Atlántida, se ha reportado una composición categórica del hato, similar a la del valle; donde los productores manejan 27 vacas lactantes, 10 vacas secas, 30 novillas, 13 terneras, 14 terneros, 5 novillos y 2 toros (Pérez *et al*. 2006)

3.1.2. Alimentación del ganado y manejo de pastura

Las FG en estudio no incluyen fuentes alternas de alimentación como pastos de corte, bancos forrajeros, granos o concentrados. La dieta animal está determinada únicamente por el consumo energético voluntario del animal a base de pasto que crece en los potreros, bajo un sistema de pastoreo rotacional continuo y en algunos casos alternos. El pastoreo se da en un promedio de 8,3 días y 27,3 días de descanso por potrero.

Las pasturas se caracterizan por incluir especies exóticas (mejoradas y no mejoradas), entre las que se pueden mencionar a: *Brachiaria brizanta, B. decumbens, B. arrecta, Ischaemun indicum, Panicum maximun, Echinichloa polystachya, Cynodon plectostachyus, Digitaria swazilandensis y Paspalum notatum* (Cuadro 8).

Respecto al manejo de las pasturas, los productores se limitan al desmalezado por métodos mecánicos o químicos (herbicidas). Las pasturas no se fertilizan, dejando claro que la producción ganadera en el valle es tradicional y extensiva, consistente con lo reportado por

Norales (2007), quien consideró que la ganadería en todo el municipio está basaba en un pastoreo extensivo, cuyo hato había experimentado un crecimiento progresivo en los últimos 10 años, pero la forma de ejercer la ganadería no. Igualmente, siete años más tarde Flores y Manzanares (2014) consideran que las FG del valle se catalogan como extensivas y de doble propósito con un leve énfasis en leche.

Cuadro 8: Características nutricionales de las especies forrajeras encontradas en fincas ganaderas doble propósito del Valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Especie	**DIVMS (%)***	**FDN****	**PC (%) *****
Brachiaria brizanta	57,5	69,5	10,5
B. decumbens	55	77,6	9
B. arrecta	57,5	51,2	8
Ischaemun indicum	52,5	54,1	6,5
Panicum maximun	52,5	68	12
Echinichloa polystachya	52,5	46,62	11,5
Cynodon plectostachyus	65	71	12,5
Paspalum notatum	60	78,3	10
Digitaria swazilandensis	57	65,9	11,5

*Digestibilidad in vitro de la materia seca --- **Fibra detergente neutro --- ***Proteína cruda. Fuente: Peters *et al*, 2011, Villalobos 2010; Cozzolino *et al*, 1994; Núñez *et al.*1994; Sánchez 2007; Guimaraes *et al*, 2004

3.1.3. Descripción sobre tipo de infraestructura, equipo y consumo energético

Las FG no incluyen maquinaria productiva como tractores, picadoras de pasto, o sistemas de riego; así como tampoco no cuentan con maquinaria para ordeño, siendo este manual con la cría al pie. El consumo de combustibles fósiles lo destinan al uso de motores como camionetas, motocicletas, motosierras y motoguadaña, usados normalmente en el transporte de la producción e insumos como herbicidas y medicamento veterinario.

En cuanto a demanda energética, el consumo mensual de combustibles fósiles de las FG es de 793,8 litros de gasolina y 583,2 litros de diésel. De las 30 FG, solo 5 se abastecían de electricidad mediante el sistema eléctrico público local, el resto utiliza otras fuentes para alumbrar sus hogares como paneles solares y abastecimiento eléctrico de plantas hidroeléctricas domésticas.

Las FG en el valle se caracterizan por depender de una matriz energética doméstica a base de leña. Ya que el consumo de leña diario por cada FG equivale a 24,7 kg, un equivalente de consumo anual de 9 Mg, un poco más del promedio nacional informado por OLADE (2014), quien reporta un consumo diario por hogares rurales de 19.9 kg.

A pesar de que se estima un descenso del consumo anual de leña debido a múltiples factores como el desarrollo de la red eléctrica rural, disminución de la cobertura forestal, uso de gas licuado y mejoras en las condiciones económicas de la población (OLADE 2014); en el valle, la mayor parte de la población no cuenta con una red eléctrica pública. Existen proyectos energéticos hidroeléctricos y privados a los cuales no todas las personas tienen acceso

especialmente las que viven retiradas de los lugares más poblados (SEPLAN 2011), justificándose de esta manera la alta dependencia de la leña en las FG del valle.

Para finalizar esta sección, se puede mencionar que muchas investigaciónes llevadas a cabo a nivel nacional y específicamente en la zona de este estudio, atribuyen la baja productividad animal y con ello el bajo desarrollo del sector ganadero en Honduras, a una pobre genética productiva, baja disponibilidad de alimento e infraestructura deficiente, cuyas causas subyacentes son un deficiente sistemas de asistencia técnica, poca (y muchas veces nula) trasferencia de tecnología, tenencia de la tierra y sobre todo un bajo nivel educaciónal en los productores (SAG 2011, Molina 2010; Ramírez 2009; Norales 2007; Toro 2004), lo cual es digno de atención tomando en cuenta que la actividad ganadera en el país representa un 15,5% del producto interno bruto agropecuario (PIBA) (Paz 2015; Morazán *et al*. 2013).

3.2. Clasificación de las fincas ganaderas en base a la carga animal

La clasificación realizada con base en la CA demuestra que las fincas altas se caracterizan por presentar menor áreas en los US, mayor número de UA ha^{-1} y, por ende, una mayor producción por unidad de área (1650,8 kg $ha^{-1}año^{-1}$) y por vaca (4,4 kg $vaca^{-1}día^{-1}$); este grupo está compuesto por 8 fincas (Cuadro 9).

Las fincas medias se caracterizan por presentar mayores áreas en los US, con altos números de UA y mediana producción de leche por área (658 kg ha-1año-1) y por vaca (4,2 kg $vaca^{-1}dia^{-1}$); este grupo está compuesto por 13 fincas. En cambio, las fincas bajas son 9 y se caracterizan por ser grandes con bajo número de UA y vacas lactantes y, por ende, baja producción por unidad de área (192 kg ha-1año-1) y por vaca (2,7 kg vaca-1día-1).

Cuadro 9: Características productivas de tipos de fincas doble propósito según carga animal en el valle de Sico y Paulaya, Honduras

Variables	**Baja (n=9)**	**Media (n=13)**	**Alta (n=8)**
Área total (ha)	79,6 (±15,6)	82,3 (±20,9)	33,1 (±8,4)
Área de pasturas (ha)	60,7 (±12,4)	74,7 (±19,3)	26 (±5,1)
Cercas vivas (km)	2,8 (±0,9)	6,4(±1,4)	2,3 (±0,7)
Áreas de conservación hídrica (ha)	0,16(±0,08)	2,7 (±1,1)	0,2 (±0,05)
Área de bosques (ha)	8,3 (± 1,03)	2,2 (±1,2)	5,6 (±4,3)
Unidades animales por finca (UA)	32,8 (±8,2)	95,1 (±21)	84,2 (±15,1)
No de vacas lactantes	8,2 (±3,1)	31,4(±7,1)	27,5 (±4,5)
No. de animales en otra categoría	32,3 (±7,7)	84,6 (±19,8)	77,8 (±14,5)
Carga animal (UA ha-1)	0,5 (±0,08)	1,2 (±0,1)	3,4 (±0,5)
Producción de leche (kg vaca-1día-1)	2,7 (±0,9)	4,2 (±0,3)	4,4 (±0,4)
Producción de leche (kg ha-1año-1)	192 (±65,7)	658(±103,02)	1650,8(±277)

Nota: Valores corresponden a medias ± errores estándar.

3.3. Emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

3.3.1. Composición de las emisiones totales de GEI por categoría de fuente

Las 30 FG emiten un total de 4.397,72 Mg CO_2e año^{-1}, en su mayoría provienen de 2,715 cabezas de ganado. El promedio de GEI emitido por FG fue de 146,6 Mg CO_2e año^{-1}, cuyas emisiones por cabeza de ganado fueron de 1,62 Mg CO_2e cabeza^{-1}año^{-1}. Este reporte es similar con lo encontrado en ganaderías pastoriles en Argentina; donde, usando como guía las directrices del IPCC (Nivel 2), se reporta un promedio de emisiones por cabeza al año de 1,5 Mg de CO_2e (Nieto *et al.* 2014). Asimismo, se encuentra en el rango reportado a nivel mundial de 1,45 (carne) y 1,92 (leche) Mg CO_2e por cabeza^{-1}año^{-1}(Vosti *et al.* 2011).

La mayor fuente de emisión en las FG es la Fe con 2,851.67 Mg CO_2e año^{-1}, seguido en forma descendente por las emisiones de N_2O y CH_4 por la deposición directa del estiércol en el suelo por los animales (Des) con 1046,8 Mg CO_2e año^{-1}, el consumo de leña con 53,04 Mg CO_2e año^{-1}, la emisión por CF con 39,89 Mg CO_2e año^{-1} y en menor medida el CE con 6,36 Mg CO_2e año^{-1} (Cuadro 10).

Cuadro 10: Composición de las misiones de CO_2e por categoría de fuente en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico-Paulaya, Honduras.

Fuentes de emisión	**Total en FG Mg año^{-1}**	**Media FG Mg año^{-1}**	**Media por unidad de área Mg ha-1año^{-1}**
Emisiones de CO_2e Fe.[1]	2.851,67	95,06 (±16.2)	2,32 (±0.39)
Emisiones de CO_2eCH_4Des[2].	49,19	1,64(±0.27)	0,04 (±0.01)
Emisiones de CO_2eN_2ODes.	997,63	33,25(±5.41)	0,80 (±0.12)
Emisiones de CO_2eLeña.	453,04	15,1(±2.34)	0,65 (±0.21)
Emisiones de CO_2eCF[3].	39,89	1,33(±0.37)	0,03 (±0.01)
Emisiones de CO_2eCE[4].	6,36	0,21(±0.15)	0,01 (±0.01)
Emisiones Totales CO_2e	4.397,72	146,6(±21.63)	3,87 (±0.65)

Valores corresponden a las medias, totales y error estándar. [1]Emisiones totales por fermentación entérica---[2]Disposición del estiércol en el suelo por el ganado---[3]Combustibles fósiles---[4]Consumo energético.

La Fe es un proceso fisiológico natural por medio del cual los rumiantes, emiten gases de efecto invernadero. Dicho proceso tiene una influencia significativa en las emisiones totales de la producción ganadera. (Cárdenas 2014, Hassan 2011, Mesa 2009). Esta afirmación se ve reflejada en los resultados anteriormente planteados y de otros como el desarrollado por Vega (2016), quien evaluando emisiones de GEI en FG doble propósito en la cuenca Jesús María, Costa Rica (CR) reportó emisiones similares, donde el promedio de CO_2e emitido por ha fue de 3,36 Mg CO_2e ha^{-1}año^{-1}; sin embargo, este autor reporta emisiones totales menores para las FG (1398,95 Mg CO_2e año^{-1}), lo que puede atribuirse al tipo de alimentación suministrada al ganado, ya que en dichos estudios se reporta como fuente de alimentación alterna a las pasturas; bancos forrajeros y suplementación con concentrados, sobre lo cual muchos estudios han

atribuido menores emisiones cuando la dieta no solo depende de fibras, como sucede en el caso del presente estudio (Mesa 2009; Carmona *et al.* 2005; DeRamus 2003).

Las emisiones promedio por FG de las distintas fuentes fueron de 95,06 (Fe), 34,89 (Des), 15,1 (leña), 1,33 (CF) y 0,21 (CE) Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$. Siempre en el mismo orden, las emisiones por ha de cada fuente de emisión fueron 2,32, 0,84, 0,61, 0,03, 0,01 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$; cuyas emisiones totales por ha son de 3,87 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$. (Cuadro 10). Las contribuciones de cada fuente en términos proporcionales se aprecian a continuación.

3.4. Proporción de las emisiones totales de GEI según fuente de emisión

Las emisiones de CH_4 por Fe representan el 64,8 de las emisiones totales. Mientras que el N_2O de Des representa un 22,7%, seguido por el consumo de leña (CL) 10.3%, luego el CH_4 de Des 1.1%, CF 0,9% y por último el CE con 0,1%. (Figura 6).

Este resultado difiere con el cálculo nacional presentado por el gobierno en su segunda comunicación al año 2000, donde las emisiones por fermentación entérica corresponden al 78,8% de las emisiones totales del sector agrícola (SERNA 2008). Esto puede deberse a que la metodología que se utilizó fue de nivel uno, cuya incertidumbre es amplia; en este estudio, para el cálculo de las emisiones por Fe, se usó una metodología de nivel 2 (Nieto *et al.* 2014). Cabe mencionar que estadísticas de la FAO (FAOStat 2015) muestran (al 2014) resultados diferentes (59,6%) al último reporte de país, pero similares (64,84%) a los obtenidos en este estudio.

El CH_4 y en especial el N_2O emitido directa e indirectamente como consecuencia de la deposición del estiércol por los animales en las pasturas es la segunda fuente en orden de importancia dentro de las FG, esto es congruente con lo encontrado por Nieto *et al.* (2014) quienes reportan en su estudio que el 22% de las emisiones en las FG de base pastoril es debido al N_2O por deposición directa del estiércol en las pasturas.

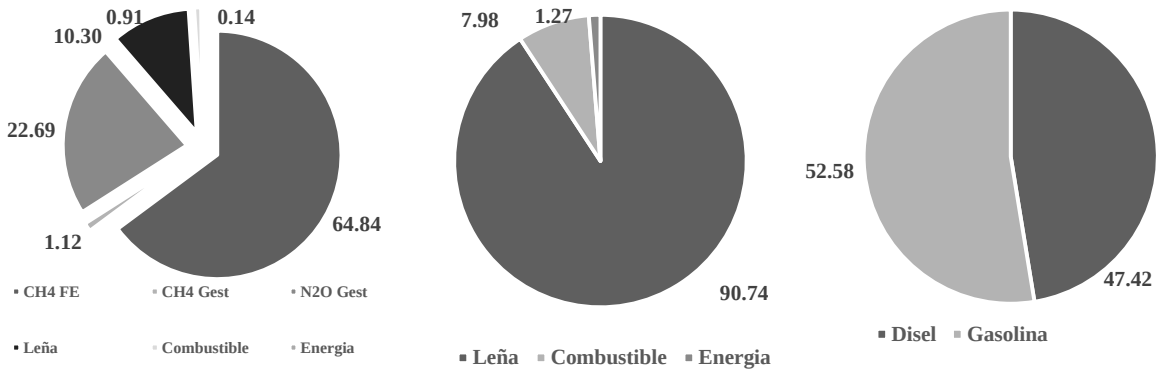

Figura 6: Proporción de las emisiones en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras. a) Emisiones de gases de efecto invernadero según fuente de emisión. b) emisiones de gases de efecto invernadero por demanda energética. c) emisiones de gases de efecto invernadero por consumo de combustibles fósiles.

Dichos autores atribuyen un porcentaje un poco mayor a las emisiones (2%) del CH_4 debidas al estiércol, pero no significativamente diferente al porcentaje reportado en este estudio (1.12%); sin embargo, esta pequeña diferencia puede atribuirse a que la evaluación realizada por Nieto y

colegas fue en FG de carne al pastoreo, los cuales tienen mayor tamaño y, por ende, mayor demanda de alimento; lo que se traduce en una mayor tasa de excreción de sólidos volátiles. En cambio, en este estudio, la evaluación se realizó con animales criollos (cebú); cuya condición corporal es mediana y la demanda de ingesta es menor, por lo tanto, las excreciones de sólidos volátiles son inferiores.

Las emisiones por la quema de leña en usos domésticos representan el tercer lugar en orden de importancia respecto a las emisiones totales, siendo la mayor fuente de emisión por consumo energético en las FG (90,74%); seguida muy de lejos por las emisiones de los CF (7,98%) y el CE (1,27%), considerándose de esta manera una fuente significativa de GEI (Figura 6b).

Históricamente, Honduras es un país en el cual la población depende de la leña como principal fuente energética doméstica del sector rural y en menor medida urbano (CEPAL 2007). Aunque son muchas los esfuerzos del gobierno por mitigar el impacto de esta dependencia energética en los sistemas forestales del país (Zamorano 2012), los resultados anteriormente descritos ponen de manifiesto que tales esfuerzos aún no han llegado a esta región hondureña. Un balance energético del país realizado por OLADE (2014) demostró que al año 2011 la leña, el diésel y la gasolina representan el 71,5% de la energía consumida a nivel nacional, distribuido en un 43,4% leña, 16,1% diésel y 12% gasolina; dejando claro el rol de la leña en la matriz energética nacional.

Las emisiones por CF y CE son sumamente bajas en relación a las demás fuentes, esto es debido a que en la zona de estudio aún no existe una fuente energética pública. La mayoría de los hogares usan paneles solares para alumbrar sus hogares (84,4%) u otras fuentes de alumbrado no contaminantes a base de energía hidroeléctrica (SEPLAN 2011).

En Honduras, no existen estudios relacionados a las emisiones por CE en FG, especialmente para leña. Por lo tanto, se comparan estos resultados con los obtenidos en un estudio realizado en 9 comunidades del valle de Toluca, México; el cual revela que las emisiones por leña representan un 73% del consumo energético doméstico local. Dicho estudio resalta la dependencia de leña en la matriz energética de las comunidades rurales y cómo está teniendo impacto en el medio ambiente por sus emisiones (IEECC 2015).

Los tipos de combustible usados en las maquinarias (motoguadañas, motosierra, motocicletas y autos) de las FG son diésel y gasolina. Del total de emisiones de esta fuente (39,89 Mg CO_2), un 52,58% proviene del diésel y un 47,42% es atribuido a la gasolina. Estos combustibles son consumidos durante actividades productivas como manejo de plantas no deseadas, transporte de insumos, alimentación del ganado, entre otras (Figura 6c).

Como se presenta en el cuadro 10, las emisiones por consumo de CF por las FG del valle fueron de 1,3 Mg CO_2e $año^{-1}$; encontrándose en el rango de 0,6 y 3,3 Mg CO_2e por año reportado por Hassan (2011) en FG tradicionales y mejoradas en la península de Azuero, Panamá. Sin embargo, son inferiores a las encontradas por Vega (2016) en Costa Rica, quien reportó emisiones de 2,06, 6,01 y 7,11 en FG doble propósito pequeñas, medianas y grandes; lo cual está asociado a que estos sistemas son más tecnificados, usan más insumos y maquinaria, lo que

representa una mayor demanda de energía de combustible fósiles para transporte, riego, mecanización entre otras demandas de combustibles.

3.5. Emisiones de gases de efecto invernadero según tipo de fincas

En cuanto a las emisiones anuales por fermentación entérica, estiércol y combustibles fósiles, las fincas medias y altas no mostraron diferencias significativas y sus emisiones fueron mayores a las fincas bajas. En cambio, en las emisiones $ha^{-1}año^{-1}$, sí se observó una diferenciación para estas mismas fuentes siendo las FG altas las que más emisiones presentan por ha seguidos por las FG medias y bajas. Para el caso de emisiones por leña y consumo eléctrico en los tres tipos de fincas, tanto en las emisiones anuales como por ha, no mostraron diferencias significativas.

Las mayores emisiones totales se encuentran en las FG medias y altas, debido a que a este grupo pertenece un mayor número de fincas (13), las cuales contienen un mayor número de UA dentro del sistema de producción. En cambio, las FG bajas están emitiendo menos Mg CO_2e $año^{-1}$ como consecuencia de un menor número de UA dentro del sistema de producción. Cuando se ve por unidades animales, las FG bajas son las que presentan mayores emisiones en comparación con las medias y altas emiten menos Mg CO_2e $UA^{-1}año^{-1}$ (Cuadro 11).

Una tendencia similar es reportada por Vega (2016), el cual encontró que las fincas con mayor CA fueron las que presentaron las mayores emisiones en relación con las FG con menor CA.

Cuadro 11: Emisiones totales, por unidad de área y por unidad animal en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

CO_2e (Mg $año^{-1}$)	**Baja**	**Media**	**Alta**
Emisiones por Fe[1]	42,9 (±10,6)a	122,03(±7,1)b	109,9(±20,2)b
Emisiones por CH_4Des[2]	0,7(±0,2)a	2,1 (±0,5) b	1,9(±0,3)b
Emisiones por N_2ODes	13(±3,9)a	44,4(±9,2)b	38(±8,2)b
Emisiones por leña	10,6(±1,3)a	17,1(±3,1)a	16,9(±5,7)a
Emisiones por CF[3]	0,2(±0,1)a	2,2(±0,6)b	1,2(±0,5)ab
Emisiones por CE[4]	0,1(±0,06)a	0,2(±0,1)a	0,5(±0,4)a
Emisiones totales	69,4(±14,6)a	187,01 (±38)b	167.8(±26)b
CO2e (Mg $ha^{-1}año^{-1}$)	**Baja**	**Media**	**Alta**
Emisiones por Fe	0,8(±0,1)a	1,8(±0,1)b	5(±0,7)c
Emisiones por CH_4Des	0,01(±0,003)a	0,03(±0,0003)b	0,9(±0,01)c
Emisiones por N_2ODes	0,2(±0,04)a	0,7(±0,06)b	1,6(±0,2)c
Emisiones por leña	0,4(±0,2)a	0,5(±0,1)a	1,3(±0,6)a
Emisiones por CF	0,002 (±0,0001)a	0,03(±0,0005)b	0,07(±0,02)b
Emisiones por CE	0,01 (±0,001)a	0,00(±0,00) a	0,02(±0,01)a
Emisiones totales	1,4 (±0,3)a	3(±0,2)b	8,03(±1,3)c
Emisiones Mg $UA^{-1}año^{-1}$	2,8(±0,4)b	2 (±0,1)ab	1,7(±0,1)a

Valores corresponden a media ± error estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) según prueba de Kruskal-Wallis. [1]Emisiones por fermentación entérica---[2] Emisiones por deposición del estiércol en el suelo por el ganado---[3]Combustibles fósiles---[4]Consumo eléctrico.

3.6. Emisiones de GEI debidas a la composición del hato ganadero

El 88,6% de las emisiones totales de CO_2e en las FG (3,898.5 $Mg^1año^1$) es debido a la composición del hato ganadero y sus emisiones por Fe y Des. De este total, un 73,1% (2851, 7 Mg $año^{-1}$) proviene de la Fe, un 25,6% (997.6 Mg $año^{-1}$) de las emisiones directas e indirectas de N_2O de Des y un 1,2% (49,2 Mg $año^{-1}$) al CH_4 emitido por Des. Estos resultados son muy similares (87%) a lo reportado por GAMMA (2010) y también son consistentes con lo encontrado por Barreto (2016), quien evaluando emisiones en pasturas degradas, mejoradas y sistemas silvopastoriles halló que un 87%, 61% y 51% de las emisiones totales de las FG provienen de la Fe y el Des.

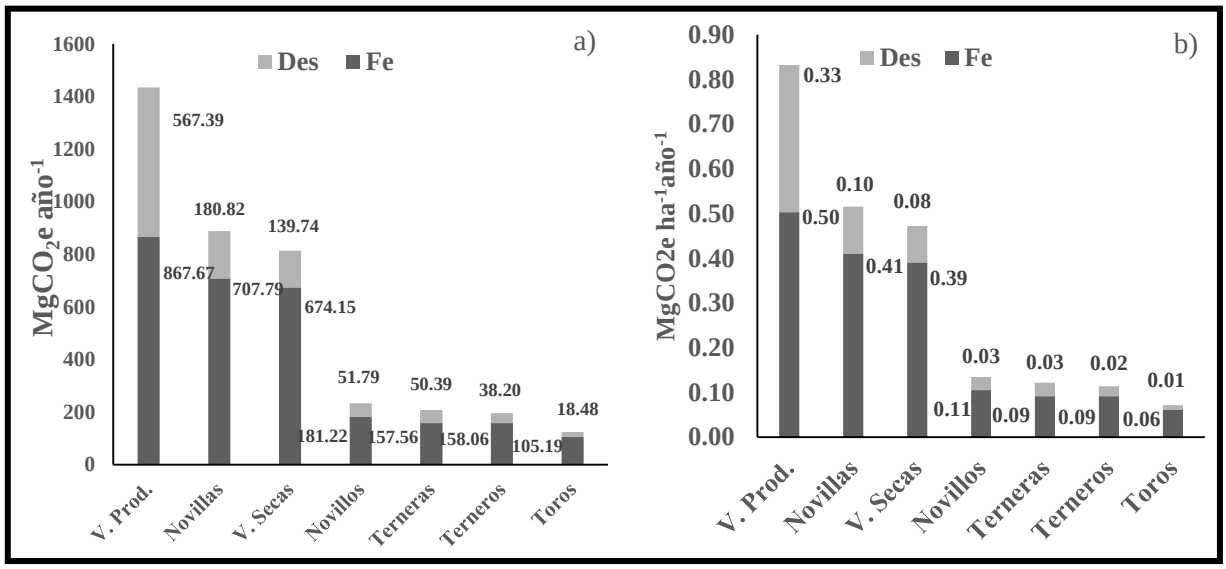

Figura 7: Comportamiento de las emisiones de GEI por fermentación entérica (Fe) y deposición de estiércol en el suelo (Des) (CH_4 y N_2O) para cada categoría animal presente en las fincas ganaderas en estudio.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Mesa (2009), quien reportó una distribución de las emisiones debidas al manejo del hato de 78% (Fe), 20% (N_2O) y 2% (CH_4). Esta diferencia es atribuible a que en el estudio anteriormente citado no se estimaron las emisiones indirectas debidas a la volatilización y lixiviación del N_2O; otra razón es que Mesa reporta en su estudio dos sistemas de manejo del estiércol: uno relacionado con compostaje y otro con deposición directa de las excretas en las pasturas. En el caso de este estudio, el 100% del estiércol animal producido no recibe ningún método de gestión; siendo depositado por los animales en las pasturas y, por lo tanto, las estimaciones se hicieron como emisiones directas e indirectas de N_2O en suelos gestionados (IPCC 2006); por otro lado, la literatura concuerda en que las emisiones de CH_4 por manejo del estiércol en los sistemas en pastoreo libre son mínimas, pero con altas emisiones de N_2O comparados con otros sistemas especializados o estabulados (Piñares-Patiño 2015).

Una evaluación realizada a nivel mundial coloca a la Fe como la principal fuente de emisiones de GEI derivada de la actividad ganadera, dichos estudio ubica al estiércol como la segunda principal fuente de emisión, sobre todo en los sistemas pastoriles donde los desechos son depositados directamente por el ganado en pasturas, prados y praderas (Vosti *et al.* 2011).

En cuanto a emisiones totales por año por categoría, las vacas lactantes son las que emiten más CO_2e, con 867,7 Mg CO_2e $año^{-1}$ de la Fe y 567,4 Mg CO_2e $año^{-1}$ del Des, seguido en forma descendente por las novillas, vacas secas, novillos, terneras, terneros y por último los toros con 105,2 Mg CO_2e $año^{-1}$ de la Fe y 18.5 Mg CO_2e $año^{-1}$ por Des (Figura 7a). Asimismo, en las emisiones de Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$, las vacas lactantes emiten 1,6 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$ de la Fe y 0,11 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$ del Des; seguido en forma descendente por las novillas, vacas secas, novillos, terneras, terneros y por último los toros con 0.06 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$ de la Fe y 0,003 Mg CO_2e $ha^{-1}año^{-1}$ de Des (Figura 7b).

Este comportamiento en las emisiones es similar al reportado por Vega (2015), quien encontró en sistemas doble propósito que las vacas lecheras eran las más emisoras seguidas por las vacas secas y las novillas en crecimiento. Esto está asociado a que los FG en el valle son doble propósito con un énfasis en leche y tanto las vacas secas como las novillas son retenidas por los productores para el reemplazo y reproducción del hato (Flores y Manzanares 2014).

Hassan (2011) y Mesa (2009) igualmente reportan que en los sistemas doble propósito que ellos evaluaron, la categoría de vacas en producción fueron las que mayores emisiones produjeron, ambos concluyen que la mayor parte de las emisiones de los sistemas están relacionadas directamente con el número de animales presentes en el hato, especialmente a las categorías con mayores requerimientos nutricionales.

Cuadro 12: Comparación de las emisiones (Mg $año^{-1}$) por categoría animal proveniente de distintas investigaciónes en diferentes países.

Categoría animal	**Fuente**				
	Vega 2016	**Nieto et al. 2014**	**Hassan 2011**	**Mesa 2009**	**Presente**
Vacas lactantes	334,5	577,7	8642,7	64,8	1435,1
Vacas secas	150,8	388,7	2649,2	8,2	813,8
Novillas	112,5	220,3	1123,9	26,1	888,8
Novillos	9,2	2,2	0,0	0,0	233,02
Terneras	56,4	0,0	0,0	7	207,9
Terneros	44,5	392,4	1838,7	5,6	196,3
Toros	2,6	10,9	503,9	2,9	123,7
País	CR	Argentina	Panamá	Venezuela	Honduras

Nieto *et al.* (2014) reportaron también que las emisiones de las vacas lactantes son las más significativas en FG de carne en Argentina, seguidas en forma descendente por las vacas no lactantes, novillas y, por último, los toros y novillos (Cuadro 12); esta tendencia de las mayores emisiones hacia las categorías más grandes se debe a la demanda alimenticia que estas especies

requieren para suplir necesidades energéticas para lactación y movimiento voluntario en busca del alimento (DeRamus 2003) y al número de UA presentes en cada finca.

3.7. Intensidad de las emisiones en kg de CO2e por kg de leche en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

La intensidad de las emisiones para leche varió entre 1.07 y 5.9 kgCO_2e kg^{-1} de leche producido con una media de 2.3 kg CO_2e kg^{-1}(Cuadro 13).

Cuadro 13: Intensidad de las emisiones en kg de CO_2e por unidad de producto (Leche) en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

kgCO2e kg^{-1} de producto	**Media**	**Min**	**Max**
Leche	2,35(±0.24)	1,07	5,92

Estos resultados son similares a los reportados por Vega (2016), quien encontró una media de 2,2 kg CO_2e kg^{-1}, pero superiores a los reportados por el programa GAMMA (2010) en la zona de Guanacaste, Costa Rica; en sistemas de producción doble propósito, donde se encontró una emisión promedio de 1,3 kg CO_2e kg^{-1}. Rotz *et al*. (2010), reporta emisiones un poco menores a las de este estudio (CO_2e 0,37 a 0,69 kg^{-1}) en granjas de varios tamaños y sistemas de producción en Norteamérica. Hassan en Panamá, evaluando diferentes sistemas de producción ganadera, reporta un promedio de 2.2 kg de CO2e kg^{-1}, superior a 1,03 kg de CO_2e kg^{-1} reportado en Canadá (Jayasundara, and Wagner-Riddle 2014), Sin embargo, estos resultado son consistentes con la media mundial de 2,4 y 2,8 kg de CO2e kg^{-1} registrada por FAO 2010 y Gerber *et al.* 2013 (Cuadro 12).

Cuadro 14: Comparación de las emisiones por unidad del presente estudio con estudios realizados en otros países del mundo.

Fuente	**País**	**Leche (kg CO2e kg^{-1})**
Vega 2016	Costa Rica	2,22
GAMMA 2010	Costa Rica	1,28
Hassan 2011	Panamá	2,2
Jayasundara, and Wagner-Riddle 2014	Canadá	1,03
Rost *et al.* 2010	EEUU	0,37-0,69
FAO 2010	Mundial	2.4
Gerber *et al.* 2013	Mundial	2.8

Esta variabilidad en la intensidad de las emisiones en estos estudios está asociado a los niveles de producción de las FG y a la heterogeneidad en el manejo de estos. Gerber *et al.* (2011) mostró resultados concluyentes al relacionar la intensidad de las emisiones con la productividad del hato, asegurando que las emisiones por unidad de producto son menores cuando más productivo es un sistema. Asimismo, en Ontario, Canadá, se atribuyó una disminución de la intensidad de las emisiones de GEI del 22% entre 1991 y 2011, a un aumento en la productividad de los

sistemas; esto como consecuencia de la adopción de una serie de prácticas que han mejorado los rendimientos productivos del hato, como por ejemplo mejora en la calidad de la dieta y la inclusión de razas productivas (Cuadro 14) (Jayasundara, and Wagner-Riddle 2013).

3.8. Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

Se encontró que el 87% de las fincas ganaderas (Figura 8) presentó un balance de emisiones de gases de efecto invernadero positivo. Dicho balance fue favorecido por la presencia de áreas de bosque gestionado, áreas de conservación hídrica, cercas vivas y grandes áreas de potreros arbolados. Las fincas con balance negativo presentaron rangos de emisiones entre -31,1 y -109,1 Mg CO2e año^{-1}(Figura 8).

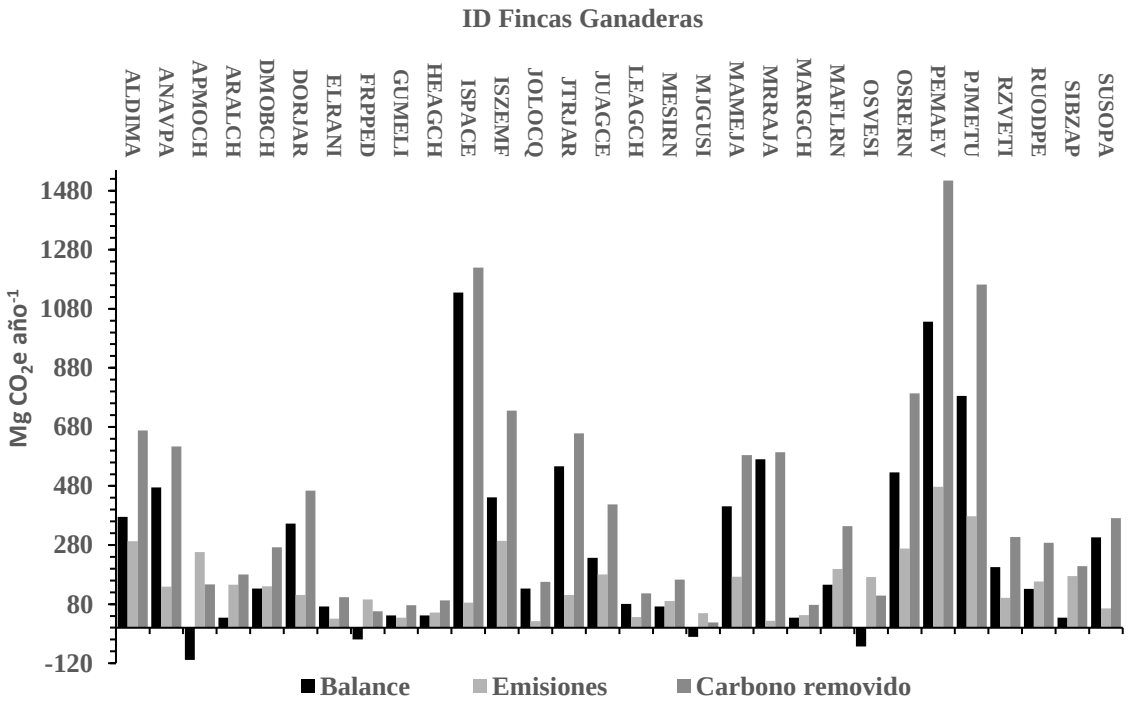

Figura 8: Balance de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Un patrón similar fue reportado para 26 fincas ganaderas no incluidas en el programa de pagos por servicios ambientales en la península de Nicoya Costa Rica; cuatro de las 26 fincas evaluadas presentaron un balance de gases negativo, lo cual fue atribuido a la falta de cobertura vegetal propia de usos de suelos como bosques secundarios y potreros con alta cobertura arbórea.

Las fincas con balance positivo (superávit) presentaron rangos de remociones de CO_2e año^{-1} entre 33,7 y 1034,8 Mg. Encontrándose una relación positiva entre el área de las fincas y el balance de GEI (R^2=0,80; P=0,0001), en otras palabras, a mayor área mayores remociones de CO_2e de la atmósfera en relación a las emisiones producidas en las fincas ganaderas (Figura 9).

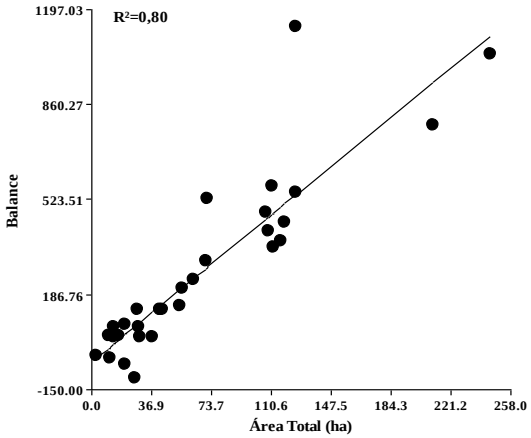

Figura 9: Análisis de regresión entre el balance de gases de efecto invernadero y el área total de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

3.9. Relación entre las fuentes de emisión de GEI, balance de gases, CA, producción de leche, índice de conservación de la biodiversidad y la tasa de fijación de carbono en FG doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

Los resultados de este estudio muestran que las variables CA (UA ha^{1}) y la producción de leche (kg ha^{-1}año^{-1}) están altamente correlacionadas con las emisiones por Fe, Des, CF y emisiones totales. La alta relación entre la CA y Fe (r^2 = 0,98; p <0,0001) se debe a que a mayor CA mayor alimento consumido por ha y, por ende, mayores emisiones (Nieto *et al.* 2014). Las emisiones debidas al Des (CH_4 y N_2O), igualmente, tienen una correlación positiva alta con la CA (r^2 = 0,97; p <0.0001), ya que de esta depende la cantidad de excretas depositadas en el campo (heces y orina). A mayor CA, mayores serán las emisiones de CO_2e por hectárea provenientes del estiércol depositado en el suelo.

Asimismo, la CA mostró asociación con las emisiones provenientes de los CF (r^2 = 0,65; p <0.0001); esto, probablemente se deba a que las FG que tienen más CA están demandando más uso de CF para actividades de transporte de productos como leche (Figura 8g) e insumos, ya que al tener una FG mayores UA ah^{-1} las necesidades de manejo se incrementan; lo cual hace necesarios los insumos como alambre, postes y medicamentos para lo que se requiere de CF en transporte y motosierra.

También, las emisiones totales con la CA muestran una correlación significativa (r^2 = 0,96; p <0.0001), esto es atribuido a que el 88,6% de las ET proviene de fuentes inherentes al hato ganadero (Fe y Des). No ocurriendo así con las emisiones relacionadas con el consumo leña y electricidad por ser variables independientes a la CA (Cuadro 15; Figura 10; “a, b, c y d”).

Algunos estudios ya han demostrado la influencia de la CA en las emisiones de CO_2e en fincas ganaderas (Mora 2001; Mesa 2009; Hassan 2011; Cárdenas 2014, Vega 20016). Vega (2016), incluso desarrolló un modelo en el trópico seco costarricense que predice, en forma parcial, las emisiones del hato a partir de la CA en FG. Esto es un aporte importante a la ciencia de las

emisiones de la ganadería en el trópico seco, tomando en cuenta el déficit de estudios sobre cómo las emisiones son influenciadas por variables de manejo como la CA. Sin embargo, es preciso considerar múltiples factores a la hora de querer conocer el comportamiento de las emisiones de GEI en sistemas pecuarios. Una gran variedad de investigaciónes concluyen que las emisiones en las FG, especialmente aquellas relacionadas al hato (CH_4 y N_2O) dependen de múltiples causas como son consumo y digestibilidad de la dieta (Nieto *et al*, 2014, Barreto *et al.* 2016), especie consumida (Vargas *et al.* 2012) y tipo de manejo, entre otras (Mesa 2009; Hassan 2011).

Cuadro 15: Matriz de coeficientes de correlación de Spierman para las fuentes de emisión, potreros y características productivas de las fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras.

FE[1] kgCO_2e/ha^{-1}año^{-1}	**CA UA^{-1}ha^{-1}**		**L kg ha^{-1}año^{-1}**		**ICBD**		**TFC**	
	R	P	R	P	R	P	R	P
TECO_2eFe[2]	0,98	0,0001	0,86	0,0001	0,38	0,04	-0,29	0,12
TECO_2eDes[3]	0,97	0,0001	0,92	0,0001	0,37	0,05	0,56	0,002
TECO_2eL[4]	0,45	0,02	0,29	0,12	0,29	0,11	-0,82	0,001
TECO_2eCF[5]	0,62	0,0001	0,71	0,0001	0,13	0,49	-0,17	0,38
TECO_2eCE[6]	-0,05	0,8	0,06	0,76	0,17	0,37	-0,18	0,34
ET[8]CO_2e	0,96	0,0001	0,87	0,0001	0,36	0,05	-0,49	0,01
Balance de GEI	-0,59	0,0014	-0,5	0,005	-0,06	0,76	0,92	0,0001

[1]Fuente de emisión.---[2]Total de emisión por fermentación entérica---[3]Total de emisión de N_2O y CH_4 por estiércol depositado en el suelo---[4]Total emisión por leña---[5]Total emisión por combustibles fósiles---[6]Total emisión por consumo energético---[7]Total emisiones por vaca. [8]Emisiones totales. ADP: Área de árboles dispersos en potreros; CA: Carga animal; UA: Unidades animales. L: Leche; ICBD: Índice de conservación de la biodiversidad; TFC: Tasa de fijación de carbono.

Respecto a la producción de leche y cada una de las fuentes de emisión, se muestra una relación positiva entre las emisiones por Fe (r^2 = 0,86; p <0.0001), Des (r^2 = 0,92; p <0.0001), CF (r^2 = 0,71; p <0.0001) y totales (r^2 = 0,87; p <0.0001) (Figura 10 e, f, g y h). Esto se puede atribuir al relativo alto número de vacas lactantes respecto a las demás categorías animales, siendo estas las que más emiten GEI. En otras palabras, a mayor número de vacas lactantes mayores kg de leche producida por ha y también mayores emisiones por ha.

No se logró evidenciar un efecto o relación entre el índice de conservación de biodiversidad y el balance de GEI, esto puede ser atribuible a que las emisiones son independientes del potencial de conservación de la biodiversidad de cada FG; sin embargo, hay una relación positiva entre el balance de GEI y la TFC (Figura 10i), pudiéndose asegurar que a mayor carbono fijado en las FG es más probable obtener un balance GEI positivo.

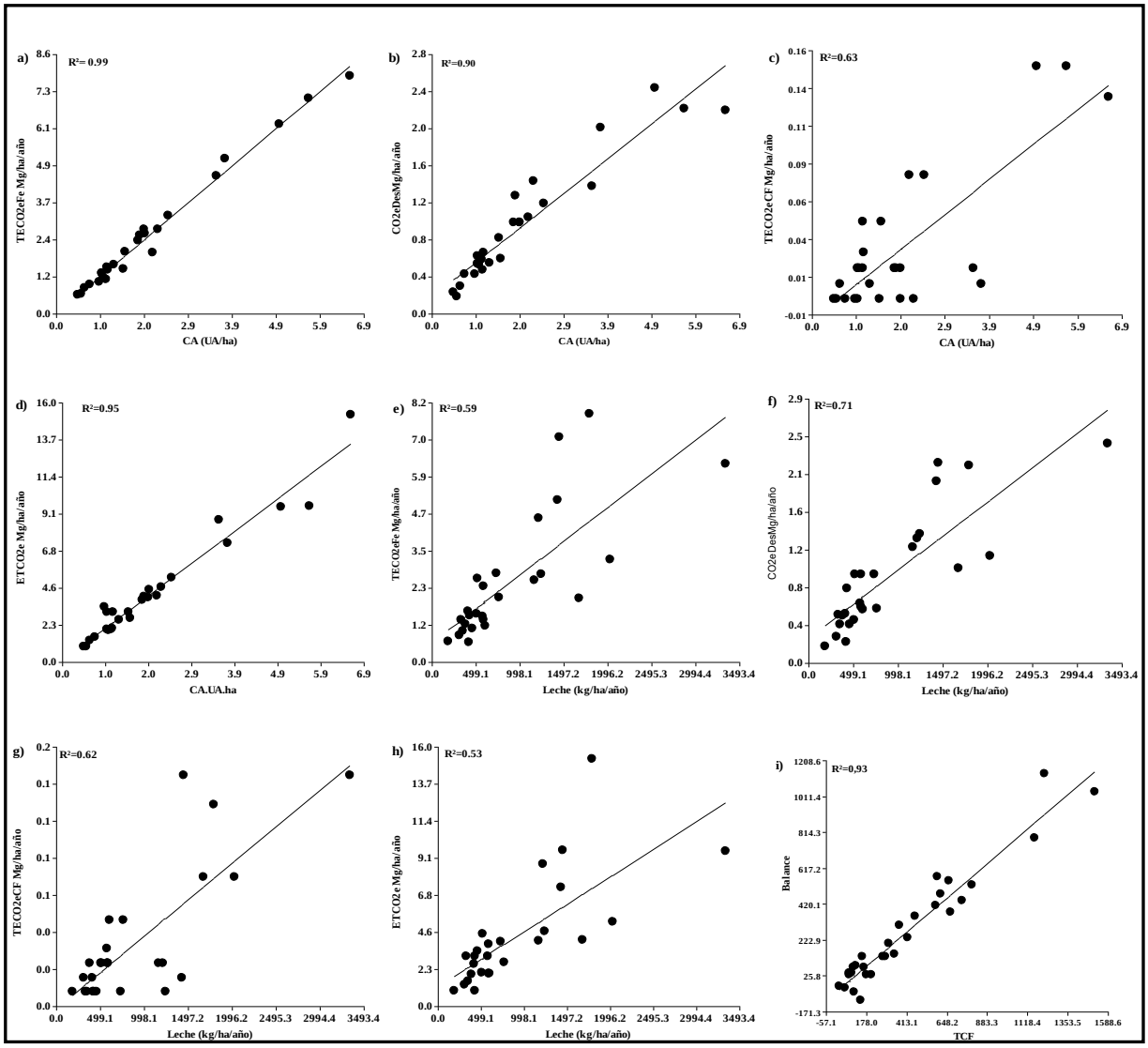

Figura 10: Regresión lineal simple entre fuentes de emisiones de GEI y variables productivas: a) Regresión entre el total de emisiones de CO2e por Fe (Fermentación entérica) y CA. b) Regresión entre las emisiones de CO2e por Des (Deposición de excretas en el suelo) y CA. c) Regresión entre las emisiones de CF (Combustibles fósiles) de CO2e y CA. d) Regresión entre las emisiones totales de CO2e y CA. e) Regresión entre el total de emisiones de CO2e por Fe y leche por ha. f) Regresión entre las emisiones de CO2e por Des y leche por ha. g) Regresión entre las emisiones de CF de CO2e y leche por ha. h) Regresión entre las emisiones totales de CO2e y leche por ha. i) Regresión lineal entre el balance de GEI y la tasa de carbono anual fijado.

4. Conclusiones

Las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya se caracterizan por ser extensivas y tener un uso nulo de tecnologías (alimento, insumos y maquinaria), cuyo hato está constituido por razas criollas de bajo rendimiento, lo cual justifica sus bajos niveles productivos; sin embargo, el valle presenta un gran potencial de desarrollo del sector ganadero reforzado por sus características climáticas.

Las vacas lactantes son la categoría animal que emiten más CO_2e en relación con las demás categorías animales, el resto de las emisiones se atribuyen a la demanda energética por CE, CF y leña, representando esta última fuente un porcentaje significativo (10,30%) de las emisiones totales, siendo la principal fuente de emisión por demanda energética (90,74%).

La carga animal (UA/ha) y la producción de leche ($kg^{-1}ha^{-1}$) son las variables que mejor explican las emisiones ha^{-1} debidas a la Fe, Des, CF y totales; emitiéndose en promedio 2,3 kg CO_2e kg leche $^{-1}$en las FG del valle de Sico- Paulaya, Honduras. De las 30 FG estudiadas, cuatro presentaron balance positivo. La presencia de bosques, áreas de conservación hídricas y grandes extensiones de pasturas incidieron en que la mayoría de FG presentara un balance positivo. Dicho balance no mostró relación con el índice de conservación de biodiversidad, pero sí con la tasa de fijación de carbono.

En promedio, las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya emiten 2,3 kg Co2e kg leche $^{-1}$; dicha intensidad puede ser disminuida si se implementan prácticas que contribuyan a mejorar los rendimientos productivos del hato.

5. Recomendaciones

Las emisiones de GEI totales en las FG del valle de Sico y Paulaya pueden disminuirse implementando prácticas pecuarias como rotación de potreros, manejo de excretas (compostaje o biogás) e inclusión de bancos forrajeros. Dichas prácticas pueden orientarse sobre todo a las categorías animales productivas (vacas lactantes) y novillas, que, por su tamaño y abundancia, son las que más emisiones presentan dentro del hato.

Se recomienda desarrollar estudios cuyo propósito sea analizar los factores que inciden en el consumo de leña en el valle, ya que esta dependencia energética tiene un aporte significativo en las emisiones de las FG, y con base en eso diseñar e implementar proyectos que reduzcan el consumo de leña a través de la adopción de tecnologías ecoeficientes como son las estufas mejoradas o los ecofogones.

6. Bibliografía.

Balzarini M.G; GL, Tablada M; Casanoves F; Di Rienzo J.A; Robledo C.W. (2008). Manual del Usuario. Córdoba, Ar; Editorial Brujas.

Barreto 2016 Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture management systems in Brazil (en línea). Journal of Cleaner Production. April 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.132. Consultado: Nov. 2016. 13p. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616302049.

Burck, J. Marten, F. Bals C. 2016. The Climate Change Performance Index Results 2016. (On line) Germanwatch - Bonn Office. Consultado: 14 Sept. 2016. Disponible en: https://germanwatch.org/en/download/13626.pdf.

Cárdenas, JM. 2014. Balance de gases de efecto invernadero y efectividad del pago por servicios ambientales en fincas ganaderas, península de Nicoya, Costa Rica (en línea). Tesis M.Sc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 76 p. Consultado 24 ago. 2016. Disponible en http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10815e/A10815e.pdf.

Carmona, JC, Bolívar, D. M; & Giraldo, L. A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo (en línea). Revista Colombiana de ciencias pecuarias Vol. 18:1:40-63. Consultado 24 ago. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf.

Cocimano, M; Lange, A; y Menvielle, E. 1983. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y Ovinos. CREA. Producción Animal. Vol. 4. 161-190 p. Editorial Hemisferio Sur.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2007. Estrategia Energética Sustentable. Centro América 2020 (en línea). Consultado 3 sept 2016. P144. Disponible en: http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2007/00901.pdf.

Coto O. 2010. Estimación de Reducciones de Emisiones en el MDL (en línea). II Taller nacional MDL La Habana, Cuba Noviembre del 2010. Consultado ago. 2016. 42 Diapositivas. Color. Disponible en: http://www.acp-cd4cdm.org/media/239163/5%20d%C3%ADa%202%20oc%20ii%20tc%20estimacion%20reduccion%20emisiones.pdf.

Cozzolino, D. Pigurina G. Methol, M. Acosta, Y. Mieres, J. Basssewitz, H. 1994. Guía de alimentación para el rumiante (en línea). Segunda edición ampliada y corregida. Consultado: 20 jun. de 2016. 59p. Disponible en: http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141556.pdf .

DeRamus, HT, C. Giampola, D. and Dickison P. 2003. Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems. (en línea). Journal of Environmental Quality vol. 32:269-277. Consultado: Ago 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/8501761_Methane_emissions_of_beef_cattle_on_forages_Efficiency_of_grazing_management_systems.

DNCC (Dirección Nacional de Cambio Climático). SERNA 2015. Sobre la DNCC. En línea. Consultado: jul. 2016. Disponible en: http://cambioclimaticohn.org/?cat=5&title=sobre.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and ILRI (International Livestock Research Institute) 2016 Smallholder dairy methodology Draft Methodology for Quantification of GHG Emission Reductions from Improved Management in Smallholder Dairy Production Systems using a Standardized Baseline. (en línea). ISBN 978-92-5-109457-0 Consultado oct. 2016. © FAO and ILRI, 2016. Disponible en: http://www.fao.org/documents/card/es/c/90d9b4d2-aa82-4e2b-bca3-80583a08bc3a/.

____ 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en línea). Roma, It, Consultado 10 ago. 2016. Disponible en http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf.

____ 2003. Centro América Frente al Cambio Climático (en línea). Roma, It, Consultado: ago. 2016. Disponible en http://www.fao.org/docrep/006/ad444s/ad444s00.htm.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. (On line) © FAO 2010 Consultado: Nov 2016. 98p. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf.

FAOStat (Estadísticas de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2015. FAOStat, Dirección de Estadística (en línea). Consultado 14 Ag 2016. Disponible en http://faostat3.fao.org/browse/G1/GE/S.

Flores, J; Manzanares, D. 2014. Estrategia para la incorporación de los ganaderos en los esfuerzos de conservación de los bosques en la región del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. CATIE, Honduras.

GAMMA (Programa de Ganadería y manejo del medio ambiente). 2010. Programa de fomento de la producción agropecuaria sostenible. Determinación del balance de los GEI en fincas Ganaderas de la región de Chorotega. Como elemento de referencia para mejorar la competitividad. Informe final. SP Nº 14-2009 250p.

Gerber, PJ, Henderson, B; & Makkar, H. P. 2013. Mitigation of Greengouse Gas Emissions in Livestock Production. A review of technical options for non-CO2 emissions (en línea). FAO, Roma, It, Consultado 12 Sep 2016. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i3288e.pdf.

Guimarães, S. ED; Paulino, M. F; Queiroz, D. S; de Campos S; Valadares F; da Fonseca, D. M. de Paula L. R. 2004. Avaliação de Pastagem Diferida de Brachiaria decumbens Stapf: Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca. (en línea). Consultado AG 2016. R. Bras. Zootec. v.33, n.1, p.203-213. Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n1/24513.pdf.

Grandin, T.1999. Reducir el miedo aumenta la producción de leche (en línea). depto. de Ciencia Animal, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. Consultado: Nov 2016. Publicado en Hoard's Dairyman, 10 de octubre de 1999. Traducción del Dr. Marcos Giménez Zapiola. 2p. Disponible en: http://www.grandin.com/spanish/produccion.leche.html.

Gerber, P.J; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma.

Gerber, P; Vellinga, T; Opio, C. and Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. Livest. Sci. 139: 100_108. (On line) Consultado: Nov 2016. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141311000953.

Hassan, J. 2011. El ciclo de vida en la producción de leche y la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero en fincas doble propósito de la península de Azuero, República de Panamá. Tesis M.Sc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 138 p.

Roca F. AI. y A. González R. 2012. Influencia de la raza sobre el rendimiento del ganado vacuno lechero (en línea). Centro de Investigaciónes Agrarias de Mabegondo (CIAM). Consultado: Nov 2016. Rev. Albeitar, España, 154:20. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/razas_lecheras/05-Influencia_raza.pdf.

Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zona de vida. Ed. H Jiménez. San José CR; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 216 p.

Hristov, A.N; OH, J; Firkins, J.L; Dijkstra, J; Kebreab, E; Waghorn, G; Makkar, H.P; Adesogan, A.T; Yang, W; Lee, C; Gerber, P.J; Henderson, B. and Tricarico, J.M. 2013. Special topics--Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science. 91(11):5045-5069.

Ibrahim, M, Tobar, D; Guerra, L; Sepúlveda, C. Ríos, N. 2010. Determinación del balance de gases efecto invernadero en fincas ganaderas de la región Chorotega, Costa Rica como elemento de referencia para mejorar la competitividad (en línea). Turrialba, CR;

Consultado: jul. 2015. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00202.pdf.

Ibrahim, MM, J. Rosales, M. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales: memorias de una conferencia electrónica realizada entre setiembre y diciembre del 2001 (en línea). Turrialba, CR, Servicio Internacional para el Desarrollo Internacional (SIDE). Consultado: jul. 2016. Disponible en http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51746.pdf.

ICF (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestas Áreas Protegidas y Vida Silvestre). 2015. Atlas municipal y forestal y cobertura de la tierra. Municipio de Iriona, Colon, Hn. Esc. 12B p.

IEECC (Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático) 2015. Determinación de las emisiones por quemas de combustibles en casas de habitación (en línea). Consultado: oct. 2016. Metepec, Estado de México C.P. 52140. 38p. Disponible en: http://ieecc.edomex.gob.mx/sites/ieecc.edomex.gob.mx/files/files/Investigaciónescientificas/INVENTARIO-DOM%C3%89STICAS.pdf.

INE (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) 2013. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010 (en línea). D.R. ⓒ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. consultado: jul. 2016. p363. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf.

INE (Instituto nacional de Estadísticas Honduras) 2008. Encuesta Agrícola Nacional. 2007-2008. (On line) Ganadería y otras especies animales. Consultado: oct. 2016. Tegucigalpa M.D.C. Honduras. C.A. Disponible en: http://www.ine.gob.hn/index.php/25-publicaciones-ine/84-encuesta-agricola-nacional-ean.

INDC-Honduras 2015. Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (en línea). Consultado: Sept de 2016. Disponible en: http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Honduras%20First/Honduras%20INDC_esp.pdf.

INTA (Instituto de Nacional de Tecnología Agropecuaria) 2008. Enfermedades del periodo de transición de las vacas lecheras. Estimaciones de pérdidas a nivel de productor y para la lechería nacional (en línea). Ficha técnica No. 3. Consultado: Nov. 2016. Proyecto Lechero Argentina. Salud Animal. 1p. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/11-ficha_tecnica_2008-06.pdf.

IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change) Summary for Policymakers. 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 [Edenhofer, O; R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum,

S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

_____ 2014b: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B; V.R. Barros, D.J. Dicken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, KL; Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) 2006. Emisiones resultantes de las gestiones del ganado y del estiércol. Directríces del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea). Consultado 26 ago. 2016. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

Irigoyen A; Rippoll G. 2011. Alimentación postparto de la vaca lechera (en línea). Plan Agropecuario, Uruguay. Consultado: Nov 2016. Predio Piloto Lechero de Río Negro, Uruguay. 8p. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/.

Jayasundara S. and Wagner-Riddle C. 2013. Greenhouse gas emissions intensity of Ontario milk production in 2011 compared with 1991. (en línea). School of Environmental Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada N1G 2W1. Consultado: Nov 2016. 14p. Disponible en: http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.4141/cjas2013-127#.WCUF-_rhDIU.

Kreft, S. Eckstein, D. Junghans, L. Kerestan C. and Hagen U. 2015. Global climate risk index 2015. (On line) Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2013 and 1994 to 2013. Consultado: 14 Sept 2016. Germanwatch - Bonn Office Disponible en: https://germanwatch.org/de/download/10333.pdf.

López, G. B; Stewart, L; Elizabeth, W. 2013. A Comparison of Greenhouse Gas Emissions from Uruguayan and New Zealand Beef Systems. (On line) Agrociencia Uruguay Consultado: Nov 2016. Volumen 17 1:120-130 - enero/junio 2013. Disponible en: http://docplayer.net/2903982-A-comparison-of-greenhouse-gas-emissions-from-uruguayan-and-new-zealand-beef-systems.html.

Ludeña, C.E; M. Salomon, M. Cocco, C. Dannecker, J. Grütter y S. Zelaya. 2015. Identificación y priorización de Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de agricultura, transporte y eco-fogones en Honduras. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 343. Washington, DC.

Nieto, M. I; Guzmán, M. L; & Steinaker, D. (2014). Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. En

línea. Revista de investigaciónes agropecuarias, Consultado 12 sept 2016. 40(1), 92-101.2014. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?q=Nieto+et+al%2C+2014+emisiones+parciales&btnG=&hl=es&as_sdt=0%2C5.

Norales R.A. 2007. Análisis socioeconómico del estado actual y potencial de la ganadería bovina en el municipio de Iriona departamento de Colón, Honduras (en línea). Tesis Ing. Zamorano. Tegucigalpa, Hn. 21 p. Consultado: ago. 2016. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/817/1/T2454.pdf.

Nuñes A.M; Weibezhan y Bryan W.B. 1994. Métodos de Muestreos y valor nutritivos de pasturas tropicales (en línea). MARAVEN SA. Pasturas Tropicales. Consultado: ago. 2016. Vol. 22. No 1. Disponible en: http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2000-vol22-rev1-2-3/Vol_22_01_09.pdf.

Mesa, HF. 2009. Balance de gases de efecto invernadero en un modelo de producción de ganadería doble propósito con alternativas silvopastoriles en Yaracuy, Venezuela. Tesis M.Sc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 220p.

Molina, D. 2010. Análisis de la cadena de valor láctea de Honduras (en línea). PYMERURAL y PRONAGRO 2010. Consultado Agost 2016. Tegucigalpa, Honduras. 52p. Disponible en:http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/139/lactea.pdf?sequence=1.

Mora, V. 2001. Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en pasturas en monocultivo y en sistemas silvopastoriles de fincas lecheras intensivas de las zonas altas de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 92 p.

Morazán, MY; Mass B. AE. Rodríguez E. DY. 2013. Análisis del sector agropecuario en el periodo 2000 – 2010 (en línea). 1er. Congreso del Consorcio de Economía, Administración y Tecnología CEAT. “Investigación Científica: Un horizonte para el Desarrollo y la Innovación en las ciencias Económicas” Consultado oct. 2016. Tegucigalpa, 2013 19p. Disponible en: http://www.ceat-unah.org/files/libro_investigaciónes_ceat2013.pdf.

OLADE (Organización Latinoamérica de Energía) 2014. Mejorando el acceso a los mercados energéticos de Honduras (en línea). Informe Final. Consultor: Dr. Ing. Wilfredo César Flores Castro. Consultado: Sept 2016. 97p. Disponible en: http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/08/INFORME-FINAL-TALLER-WF-HONDURAS.pdf.

Opio, C; Gerber, P; Mottet, A; Falcucci, A; Tempio, G; MacLeod, M; Vellinga, T; Henderson, B. & Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Paz, J. 2016. Oportunidades de inversión sector agropecuario de honduras (en línea). Consultado: oct. 2016. Secretario de Agricultura y Ganadería febrero 2016. 19 Diapositivas, color. Disponible en: http://www.ccichonduras.org/website/descargas/presentaciones/2016/02-Febrero/Presentaci%C3%B3n%20CCIC%20SAG.pdf.

PRCC (Programa Regional de Cambio Climático). 2013. Boletín informativo No. 1, Año 1 (en línea). CATIE, Turrialba. CR, Consultado: ago. 2016. Disponible en http://catie.ac.cr/programa-regional-cambio-climatico/boletin/1/files/assets/downloads/publication.pdf.

Pérez, E; Holmann F. Schuetz, P. Fajardo E. 2006. Evolución de la ganadería bovina en países de América Central. Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua (en línea). CIAT. (Centro de Investigación en Agricultura Tropical), ILRI (International Livestock Research Institute) Consultado: Sept 2016. Documento de Trabajo No. 205 46 p. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/tropileche/books/Evolucion_Ganaderia_Bovina_Paises_America_Central.pdf.

Peters, M. Horacio, L. Schmidt, FA. Y Hincapié, B. 2011, Especies Forrajeras Multipropósito Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT (Centro Investigación en Agricultura Tropical) Cali, Co. 211p.

Piñares-Patiño CS. 2015 Mitigación de las emisiones de metano entérico de sistemas ganaderos al pastoreo (en línea). Consultado: Sept. 2016. 8p. Disponible en: http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR40147.pdf.

Ramírez, E. JG. 2009. Diagnóstico de la producción de carne bovina en Honduras (en línea). Zamorano, Honduras Diciembre, 2009. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Administración de Agro negocios en el Grado Académico de Licenciatura Consultado ago. 2016. 33p. Disponible: https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/208.

Rotz C. A; Montes F; and Chianese D. S. 2010. The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle. (On line) assessment 2010. J. Dairy Sci. 93:1266–1282 doi: 10.3168/jds.2009-2162 Consultado: ago. 2016. © American Dairy Science Association®, 2010. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210000949.

Sánchez, J. 2008. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. En XI Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Memorias del Seminario.

Sánchez, B. 2014. Sistemas Silvopastoriles en Honduras. Una alternativa para mejorar la ganadería (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado: oct. 2016. Tegucigalpa, Honduras. 36p. Disponible en:

http://www.cinah.org/wp-content/uploads/2014/10/Manual_sistemas_silvopastoriles.pdf.

SEPLAN (Secretaría técnica de planificación y cooperación externa) 2011. Plan de desarrollo municipal con enfoque de ordenamiento territorial (PDM-OT 2011-2030) Iriona, Colón. p210.

SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente. 2008. Segunda comunicación nacional sobre emisiones de gases de efecto invernadero (en línea). Tegucigalpa, Hn, Consultado: ago. 2016. Disponible en http://faolex.fao.org/docs/pdf/hon148589.pdf.

The World Bank 2016. Indicadores económicos globales. Crecimiento del PIB mundial anual (1995-2015) (en línea). Consultado 15 Sept 2016. Disponible en: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD?end=2015&start=1990.

Toro A. EM. 2004. Perceptions of livestock extension education delivery and globalization effects among dairy farmers in the north coast of Honduras. (en línea). Thesis presented to the Graduate School of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Consultado: oct. 2016. University of Florida 2004. 135p. Disponible en: http://etd.fcla.edu/UF/UFE0007521/toro_e.pdf.

UICN (Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza. 2005. Centro América en el Limite Forestal: Desafíos para la implementación de las políticas forestales en el Istmo (en línea). Consultado: ago. 2016. Disponible en http://www.fao.org/forestry/13178-0efed6c9fccaa09d2c4fa0b115f065c9a.pdf.

UNFCCC (UN Framework Convention on Climate Change) 2016. UN Climate Change Newsroom. (On line) Honduras Submits its Climate Action Plan Ahead of 2015 Paris Agreement. Consultado: oct. 2016. Disponible en: http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/honduras-submits-its-climate-action-plan-ahead-of-2015-paris-agreement/.

Villalobos M. E. 2010. Respuesta del pasto ratana (I*schaemum indicum*) a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote (en línea). Tesis Graduación para optar al grado de Lic. en Ingeniería Agronómica. Consultado: ago. 2016. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 57p. Disponible en: http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/3960/Respuesta%20del%20pasto%20Ratana%20(Ischemum%20indicum)%20a%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20nitrogenada%20y%20edad%20de%20rebrote.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Vega, A. 2016. 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. Tesis M.Sc. Turrialba. CR; Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 138p.

Vargas, J; Cárdenas, E; Pabón, M. y Carulla J. 2012. Emisiones de metano entérico en rumiantes en pastoreo (en línea). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Bogotá. . Consultado: oct. 2016. P1-16 Disponible en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/11_13_35_2649REVISIONProduccionVargas.pdf.

Vosti, S; Msangi, S; Lima, E; Quiroga, R; Batka, M. & Zanocco, C. 2011. Agricultural greenhouse gas emissions in Latin America and the Caribbean: current situation, future trends and one policy experiment. (On line) Inter-American Development Bank. Inter-American Development Bank. Januari 2011. 62p.

Zamorano (Escuela Agrícola Panamericana). 2012. Encuesta nacional de consumo de leña en hogares y pequeña industria de Honduras (en línea). Informe Final. Consultado 12 ago. 2016 p65. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=33595&lang=es.

CAPÍTULO III

Artículo II: Diversidad arbórea y su influencia en las reservas de carbono del componente leñoso de fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras

Resumen

Este estudio analizó la diversidad arbórea, las reservas de carbono (C) y la relación entre ambos en distintos usos de suelo (US) en fincas ganaderas (FG) doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Los US evaluados fueron bosques, áreas de conservación hídrica (ACH), potreros con árboles dispersos (ADP) y cercas vivas (CV). En bosques y ACH, se estableció parcelas de muestreo (PM) de 500 m^2, en ADP se usó una adaptación de la metodología desarrollada por Caicedo (2016) y en CV se usó una adaptación de la metodología implementada por Hassan *et al.* (2015). En cada PM se registró el nombre científico de cada individuo, cuando no fue posible la identificación científica, se colectó muestras de los individuos y fueron clasificadas con el apoyo de un taxónomo vegetal. Asimismo, a cada individuo se le tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP). Se avaluó la diversidad alfa por medio de índices de diversidad (Simpson, Shannom y Piellou) y curvas de rarefacción. La estructura y la composición de especies se evaluó analizando la distribución de los individuos y las especies por clases diamétrica (CD) y también por medio del índice de importancia ecológica (IVI). A través de un modelo alométrico (Chave *et al.* 2005), se pudo estimar el carbono (C) y finalmente por regresiones lineales simples, este (C) se relacionó con la diversidad. Se muestró 4,585 individuos, 248 especies, 166 géneros y 58 familias. Los índices de riqueza no mostraron diferencias entre bosques (H': 2,74; D': 0,08; J': 0,9), ACH (H':2.26; D':0,14; J'0,7) y ADP (H': 2,41; D': 0,13 y J': 0,8), siendo las CV el US menos diverso (H': 0,38; D': 0,81 y J': 0,30). Las curvas de acumulación de especies reflejan que, a excepción de las CV, en los demás US es posible encontrar más especies con un mayor esfuerzo de muestreo, esta tendencia es mayor en las ACH y bosques. La mayor parte de las especies e individuos presentaron un DAP menor a 40 cm típico de una poblancion joven. Entre las especies dominantes en bosques según IVI, se menciona a *Pouteria izabalensis, Dialium guianense y Tetragastris panamensis*, en ACH *Mimosa schomburgkii, Swietenia macrophylla y Ficus insípida*, en ADP *Mimosa schomburgkii, Attalea cohune y Cordia alliodora* y en CV *a Gliricidia sepium, Erythrina fusca*, estas dos últimas representaron más del 70% del IVI estimado para CV, siendo este último el US menos diverso. Respecto al C almacenado, no se encontró diferencia entre bosques y ACH, siendo estos dos los que más C por ha presentaron (172 y 143 Mg C ha^{-1}), seguido por las CV con 77,8 Mg C ha^{-1} y por último los ADP con 5,6 Mg C ha^{-1}. Estos dos últimos se diferenciaron estadísticamente entre sí y de los bosques y ACH ($p > 0,05$). No se evidenció influencia alguna de la diversidad sobre el carbono almacenado. En cambio, la abundancia de individuos sí tiene un efecto significativo en las reservas de C.

Palabras claves: Sistemas ganaderos, usos de suelo, bosques, áreas de conservación hídrica, cercas vivas, árboles dispersos en potreros, diversidad arbórea y carbono.

1. Introducción

La ganadería representa un sector crucial en la seguridad alimentaria de millones de personas en todo el mundo (FAO 2012); esta dependencia ha permitido que la coexistencia de esta actividad, con la conservación de la flora nativa de los ecosistemas naturales equivalga a un conflicto inevitable (Noy-Meir 2005). Dicho conflicto deriva de la evidente tendencia de la vegetación natural a regenerarse y construir estructuras boscosas; y de manera antagónica, el modelo tradicional en el cual se sustenta la ganadería, busca eliminar la sucesión vegetal con prácticas como quema, chapias y métodos químicos (Murgueitio 2012) en aras de sostener los niveles productivos que se traducen en ganancias económicas.

Sin embargo, se ha demostrado que las fincas ganaderas en la región tropical manejadas con principios ecológicos, pueden aportar a la conservación de la biodiversidad. Esto debido a que son capaces de albergar gran diversidad de especies de árboles, ya sean de regeneración natural, remanentes de bosques o plantaciones de especies con potencial maderable (Villanueva *et al*. 2013); que, además, cumplen una importante función en aspectos ecológicos como conectividad, reproducción y alimentación de fauna silvestre como aves y mamíferos; los cuales a su vez, contribuyen a la dispersión de especies arbóreas dentro y fuera de fragmentos de bosque remanentes en paisajes ganaderos (Russo y Botero 2014, Harvey et al. 2011Harvey et al. 2008; Harvey *et al*. 2006, Harvey *et al.* 2005, Harvey *et al.* 2005b, Harvey *et al.* 2003).

Dentro de las especies arbóreas más comunes encontradas en FG en la región tropical, se puede mencionar a *Gliricidia sepium*, *Guasuma ulmifolia*, *Psidium Guajaba*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Cordia alliodora*, *Cedrella odorata*, *Birsonima crassifolia* y *Swetenia macrophylla* (Villanueva-Partida *et al*. 2016; Sánchez *et al.* 2013). La coexistencia de estas especies con animales domésticos como el ganado es un indicativo de que es posible una ganadería conservacionista y sostenible. Sin embargo, lograrlo implica una mejor comprensión por parte de los productores o propietarios de las FG de la dinámica natural implícita dentro y fuera de su entorno productivo; lo que hace necesario voluntad y conciencia por parte de estos (AVSF 2014).

Las principales razones que motivan a los ganaderos para conservar o plantar árboles en sus fincas es más por provisión de bienes como leña, madera, forraje, sombra y alimento, que quizás por sus servicios ambientales como formación de suelo, conservación de recurso hídrico, conectividad o carbono; tales conocimientos pueden permitir que los productores ganaderos valoren la diversidad arbórea desde un punto de vista conservacionista (Duffy 2016, Russo y Botero 2014; Sánchez *et al*. 2013).

Las especies arbóreas dentro de las FG tienen un potencial de almacenamiento de carbono (C) significativo; reportándose desde 2,22 Mg C ha^{-1} en sistemas silvopastoriles del sur de México (Pignataro *et al*. 2016), hasta 33 Mg C ha^{-1} (equivalente a 66 Mg biomasa) encontrados en el sureste de Ecuador (Mcgroddy *et al.* 2015).

Países como Nicaragua (Zapata *et al.* 2010), México (FEF-PNUD 2015) y Colombia (FEDEGAN 2007) han orientado acciones hacia la reconversión de la ganadería en aras del

cumplimiento de compromisos ambientales internacionales derivados del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Honduras también se encuentra en un proceso de ejecución de estrategias encaminadas a lograr la sostenibilidad de la ganadería. El Programa Nacional Agroforestal de Paisajes Productivos Sostenibles (PNAPPS) hace parte de dichas estrategias; apoyando la generación de beneficios ambientales globales y múltiples (GEBs por sus siglas en inglés) en ecorregiones del país amenazadas por sistemas productivos locales como la ganadería extensiva (Yoro, Olancho, Valle y Choluteca), a través de la conservación de la biodiversidad, manejo sostenible del suelo y captura de C en los ecosistemas metas y a la vez promueve alianzas de mercados, financiamiento y planes para el manejo de fincas, lo cual permite la maximización de beneficios y sostenibilidad ambiental de este sector productivo (MiAmbiente 2016).

Dicho programa es la respuesta que Honduras ha planteado para implementar en el marco del compromiso internacional de reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de los bosques; y la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de C en los países en desarrollo (REDD+), ya que se estima que el país ha perdido 1,7 millones de ha de bosque en las últimas cuatro décadas, a una tasa de deforestación de 45 a 67 mil ha año (ONU-REDD+ Honduras 2016).

Un primer paso para promover la captura o conservación de carbono y la diversidad arbórea en las FG es conocer cuál es su existencia dentro de dichas fincas. Esto puede lograse mediante técnicas de muestreo temporales y permanentes que permitan obtener una línea base de las reservas de carbono que sirva para valorar el impacto de la adopción de una práctica o tecnología de mitigación en el futuro. En ese sentido, el presente estudio, aún fuera del área de intervención del PNAPPS, puede ser un instrumento a replicarse en esa zona, en aras de monitorear el carbono y la diversidad arbórea presente en las FG incluidas. Además, como línea base, representa una oportunidad para el desarrollo de futuros proyectos que busquen la sostenibilidad de las FG por medio de la conservación del carbono y la diversidad arbórea en el valle de Sico y Paulaya.

2. Metodología

2.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó entre los meses de febrero a junio de 2016 en el municipio de Iriona, Colón; Honduras, específicamente en el área de influencia del Programa Regional de Cambio Climático (PRCC), que con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), ejecuta el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)[3]. En la zona central de dicho municipio, se encuentra el valle de Sico y Paulaya. Cuyo nombre se debe a la extensión del valle por toda la comarca Sico y sobre la rivera nororiental del río Paulaya.

Iriona se caracteriza por pertenecer a la zona climática de bosque húmedo y muy húmedo tropical (Holdrige 1982), ubicada entre las coordenadas 85º 00´-85º 45´ LO; 15º 00- 15º 16´ LN

[3] Junto a socios como Madera Verde y la Mesa de Ambiente y Producción Sico y Paulaya.

y cuenta con una población de 21.461 habitantes en una extensión territorial de 4.289,4 km^2 (Cuadro 16).

Cuadro 16: Características biofísicas del municipio de Iriona, Sico y Paulaya, Honduras.

Variables	Características	Fuente
Zona de vida	Bosque húmedo y muy húmedo tropical.	Holdridge 1982
Coordenadas	85º 00´-85º 45´ LO; 15º 00- 15º 16´ LN.	SEPLAN 2011
Temperatura promedio (°C)	24-37	ICF 2015
Precipitación (mm)	2300-3000	SEPLAN 2011
Población (2016)	21,461	INE 2016
Extensión territorial (km2)	4.289,4	SEPLAN 2011
Cobertura forestal (%)	70,73	ICF 2015
Pastos y cultivos (%)	24,82	ICF 2015
Altitud (msnm)	0-2500	ICF 2015
Pendiente (%)	0-45	ICF 2015

Según estimaciones del Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF 2015), poco más del 70% del municipio se encuentra bajo cobertura forestal y un 24,8% del territorio es de vocación agropecuaria. La agricultura practicada en esta zona es de subsistencia, siendo la vocación del valle la ganadería, debido a que cuenta con buenas condiciones para el desarrollo de esta actividad (SEPLAN 2011). Además, el valle posee pendientes poco pronunciadas (0 al 15%), con suelos aluviales de alta fertilidad, típicos en valles rodeados de montañas y ríos. Las precipitaciones oscilan entre 2700 a 3000 mm y la altura sobre el nivel del mar está entre 0 y 250 m (ICF 2015; SEPLAN 2011).

Por estas cualidades climáticas y edáficas, la ganadería ha venido desarrollándose progresivamente en esta zona, pasando de 41.762 en el 2004 a 52.289 cabezas en el 2006, lo cual ha dado como resultado que la cobertura de potreros sea el uso de suelo predominante dentro de las fincas (Norales 2007)

El municipio de Iriona esta geográficamente dividido en 5 microrregiones; que contemplan a la región costera (Norte), la Biosfera del Río Plátano y humedales (Sur-Este), el valle (Sico-Paulaya en el Centro) y la Sierra o Río Tinto (Noroeste) (Figura 11).

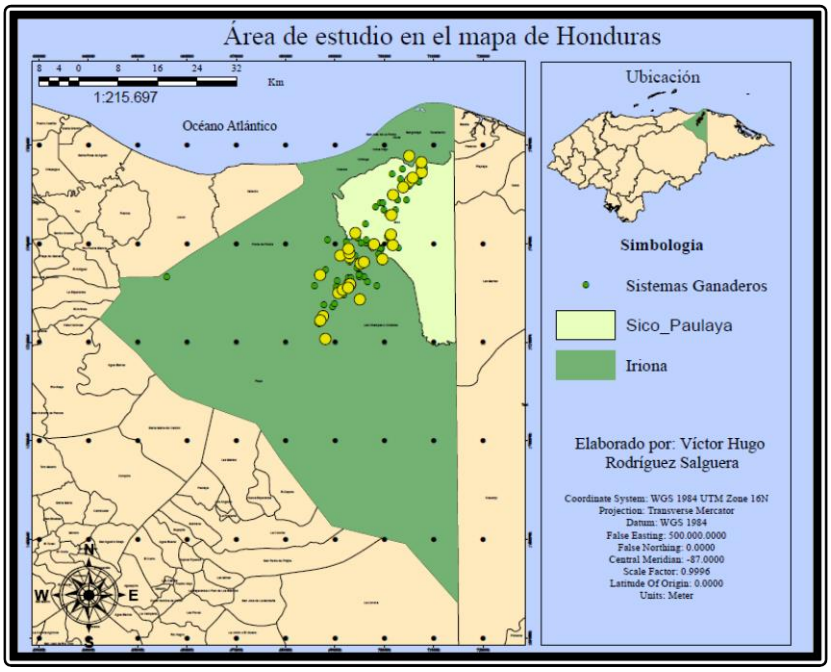

Figura 11: Mapa de ubicación y distribución de las fincas ganaderas en el valle de Sico y Paulaya, Honduras.

2.2. Selección y descripción de los sistemas ganaderos

El PRCC, con el apoyo de los Fondos Nórdicos, aplicó 100 encuestas semiestructuradas (50 encuestas PRCC y 50 encuestas Fondos Nórdicos) a productores ganaderos a lo largo del valle de Sico y Paulaya (Figura 11). La base de datos generada sirvió para seleccionar 30 fincas ganaderas con el propósito de cuantificar las reservas de carbono presentes en dichos sistemas productivos.

Una vez sistematizados los datos en formato Excel, haciendo uso del método Ward y la distancia euclidea estandarizada de la herramienta de conglomerado del programa InfoStat (Balzarini *et al*, 2008), se seleccionó 30 FG con base en características productivas (producción de leche y carga animal), usos de suelo (cercas vivas, áreas de conservación hídrica, cultivos agrícolas y bosques) y áreas dedicadas a la ganadería (hectáreas).

El criterio de selección de dichas fincas fue el gradiente de variabilidad presente a lo largo de todo el conglomerado, agrupándose las 100 FG en 30 conglomerados, de cada uno de los cuales, se seleccionó la FG del centro para evaluar la diversidad y cuantificar el carbono.

Los ID de las FG en orden descendente fueron 100, 97, 95, 94, 91, 87, 86, 85, 79, 77, 73, 64, 61, 59,57, 54, 50, 45, 44, 39, 32, 29, 24, 23, 22, 13, 12, 11, 8 y 6 (Figura 12).

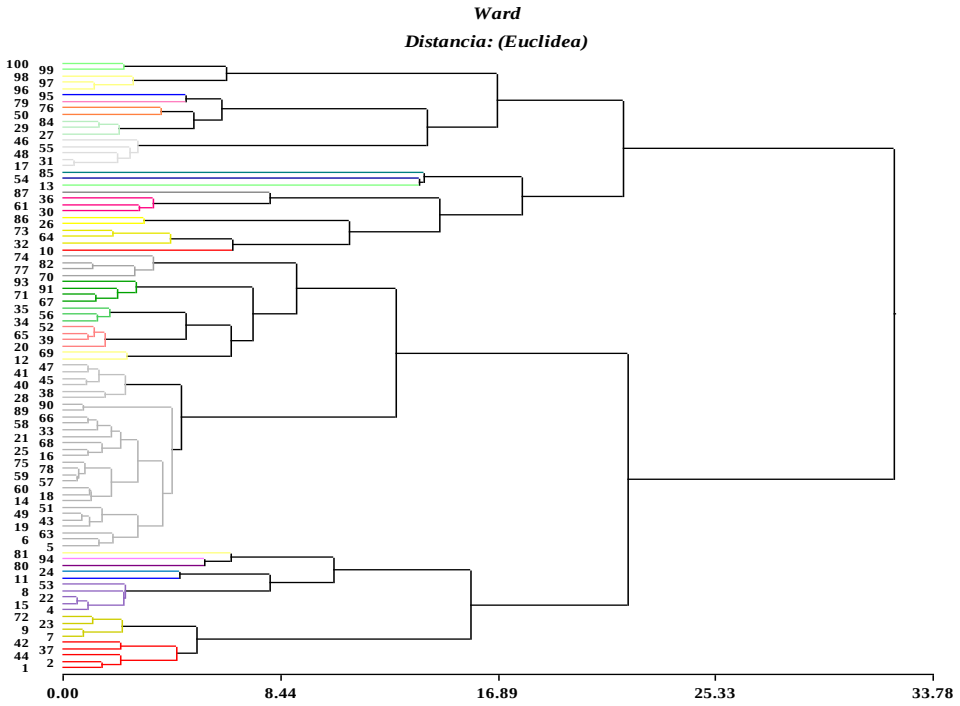

Figura 12: Análisis de conglomerado para la selección de las 30 fincas ganaderas evaluados en el valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Una vez seleccionadas las FG, el siguiente paso fue visitar a los propietarios y pedirles consentimiento previo para realizar el estudio en su propiedad. Luego de una respuesta afirmativa por parte del propietario, se acordó fecha para la realización del estudio.

El estudio consistió en el establecimiento de parcelas temporales de muestreo en cada uso de suelo (US), en las cuales se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a todos los individuos mayores a 3,5 cm en el caso de cercas vivas (CV) y a 8 cm en los potreros con árboles dispersos (ADP), áreas de conservación hídrica (ACH) y bosques. Para llegar a esto, el primer paso fue entrevistar al propietario y con ello recopilar información relacionada al área de la FG y US que la conforman. La información brindada fue comprobada en escritura que dichos propietarios poseen de estas. También se les solicitó información relacionada a números de potreros, ubicación y longitud de CV. Esto se realizó con ayuda del plano catastrado del inmueble y cuando no se contaba con plano se le solicitaba al productor que hiciera un croquis donde plasmara los US, así como también, las divisiones internas y sus colindantes. Posteriormente, se le solicitaba acompañamiento para hacer un recorrido por la propiedad y tener una mejor idea del arreglo existente en cuanto a US.

Las FG evaluadas, en el valle de Sico y Paulaya, comprendieron un área total 2.040,1 ha; ocupada por US como potreros con árboles dispersos (ADP), bosques, áreas de conservación hídrica (ACH), cercas vivas y en menor medida otros usos de suelo como agricultura de subsistencia (huertos familiares, maíz y frijoles), cacao y palma con muy poca o nula cobertura arbórea.

Cuadro 17: Área total de usos de suelos del suelo presentes en sistemas ganaderos en el valle de Sico y Paulaya, Honduras.

Uso de suelo	No[1]	Media	Min	Max	Total
Área total de la FG (ha).	30	70,3(±11.1)	3,2	245,9	2.051,3
Árboles dispersos en potreros (ha).	30	57,5(±9,7)	3,2	231,9	1.725,1
Bosques (ha).	12	12,4(±4,8)	0,7	56,2	148,8
Áreas de Conservación Hídrica (ha).	8	4,8(±1,2)	1,4	10,5	38,4
Cercas Vivas (ha).	23	1,1(±0,7)	0,14	2,5	24,3

[1]Número de FG. --- Valores corresponden a medias, error estándar, mínimos, máximos y totales.

El US dominante en las FG del valle de Sico y Paulaya fueron potreros con árboles dispersos con 1725,1 ha (84,1%). Los bosques ocuparon un área de 148,8 ha (7,2%) y estuvieron presentes en 12 FG evaluadas, en cambio las ACH cubrieron 38,4 ha (1.9%) del área total de las FG estudiados y estuvieron presentes en 8 FG. Las CV comprendieron un área de 24,3 ha, encontrándose en 23 FG (Cuadro 17).

2.3. Estrategia de muestreo

Los US contemplados en este estudio son potreros con árboles dispersos, cercas vivas, áreas de conservación hídrica y bosques gestionados (Cuadro 18).

Cuadro 18: Definición de los usos de suelo contemplados para la evaluación de la diversidad arbórea y el carbono en el valle de Sico y Paulaya, Honduras.

US[1]	Definición
ADP[3]	Es un tipo de sistema silvopastoril (SSP) que se caracteriza por la presencia de árboles de usos múltiples (madera, leña, alimento y postes para cercas), plantados o de generación natural dentro del área de pastoreo. Los ADP son considerados el SSP más antiguo y más ampliamente usado en las FG de Honduras[6].
CV[4]	Son un tipo de SSP constituido por plantas arbóreas o arbustivas sembradas en forma lineal en las divisiones de los potreros en las cuales se fija el alambrado. Este sistema es muy común en Honduras y se utilizan numerosas especies de árboles según el interés del productor y la zona, entre las más comunes están *Gliricidia sepium* y *Erythrina spp*[7].
ACH[5]	Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanente o temporal dentro de los sistemas ganaderos[8]. También son conocidos como bosques ripários, ribereños, de galería o cañadas.
Bosques Gestionados	Son áreas cubiertas de árboles con una altura superior a los 5 m, una cobertura mayor al 10% y que se extienden por más de 0,5 ha dentro de la FG. Además, son objeto de gestión humana por el aprovisionamiento de madera, leña y postes para el mantenimiento de la FG como tal o bien con fines comerciales[9].

[1]Usos de suelo - [2]Parcelas de muestreo - [3]Árboles disperses en potreros - [4]Cercas vivas - [5]Áreas de conservación hídrica. Fuentes: [6 y7]Sánchez 2014 – [8]SIAT-AC 2015 – [9]FAO 2016; IPCC 2003.

El área muestreada en ADP fue de 126,7 ha (480 transectos), equivalente al 7,3% del área total (1.725,1 ha) en este US. En el caso de los bosques, se muestreó un área de 1,15 ha (23 PM) equivalente al 0,8% del área total de bosques (148,8 ha) en las 30 FG; para las ACH, se tomó muestras de 0,4 ha (8 PM) equivalente a 1% del área en este uso (38,4 ha); y para las CV, un área de 0,9 ha. (4,4 km en 88 segmentos) equivalente al 3,6% del área total (24,3 ha) registrada en este US en las FG.

2.4. Parcelas de muestreo en ADP

Los ADP estuvieron presentes en todos las FG. Para el muestreo del C en este US, se utilizó una adaptación de la metodología empleada por Caicedo (2016) en fincas agropecuarias de los municipios de La Dalia y Waslala en Nicaragua. Este consistió en inventariar los árboles o implementar números distintos de PM (transectos) de acuerdo con el área total ocupada en la FG por este US.

En ADP menores a 10 ha, se censó todos los árboles presentes en el US. Para los ADP mayores a 10 ha y menores a 30 ha, se procedió a establecer 15 transectos de forma rectangular y 20 transectos en áreas mayores a 30 ha. Dichos transectos medían 100 m de largo por 20 m de ancho para un área de 2000 m^2 por transecto.

El área de los ADP fue dividida en secciones; luego, los transectos se distribuyeron al azar dentro de cada sección o potrero. Cuando el número de potreros era mayor al número de transectos a establecerse (15 o 20), se ubicaban en los potreros más representativos (Figura 3a).

Para ubicar los transectos dentro de cada sección, se utilizó la función RAM# de una calculadora científica, definiéndose el ancho (coordenada X) y largo (coordenada Y) dentro de cada sección en metros. Dichas dimensiones fueron multiplicadas por la función RAM#, se obtuvo valores aleatorios para la longitud X y Y de cada sección, cuyo punto de inicio del transepto se ubicó en el lugar donde ambas coordenadas cartesianas se unían (XY). La orientación del transepto consistió en multiplicar 360° (grados) por la función RAM#, el resultado de esta operación se cotejaba en una brújula y de esta manera se definía de forma aleatoria la orientación de los transectos (Figura 13b). Cuando el punto de origen del transecto quedaba cerca del borde de la sección y la orientación de este era hacia fuera, entonces el transecto se corría hacia adentro siempre siguiendo la misma orientación.

De las 30 FG evaluadas, 3 presentaron un área de ADP menor a 10 ha, los cuales fueron inventariados, 8 presentaron áreas entre 11 y 30 ha en los cuales se estableció un total de 120 transectos (24 ha) y en 18 FG el área fue superior a las 30 ha, se determinó en estas FG 180 transectos (72 ha).

Figura 13: Método de muestreo en potreros con árboles dispersos en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. a) Potreros divididos en secciones para ubicar transectos. b) Coordenadas de ubicación de los transectos dentro de cada sección.

2.5. Parcelas de muestreo en CV

Para el uso de suelo CV, se implementó una adaptación de la metodología usada por Hassan (2011) en FG ganaderas de la Península de Azuero, Panamá; la cual consistió en hacer un recorrido por toda la finca con el propósito de visualizar la ubicación, analizar heterogeneidad y diseño de las CV presente. En cada FG, se estableció 4 segmentos de 50x2 m para un total de 0,04 ha (200m largo x 2m ancho) Dichos segmentos fueron ubicados en tramos representativos de toda la CV de la FG (Figura 4).

Se consideró árboles que tenían una copa bien estructurada como garantía de durabilidad o permanencia en el US. Se les registró el DAP también a aquellos individuos que estaban podados.

Figura 14: Métodos de muestreo en cercas vivas de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

2.6. Parcelas de muestreo en Bosques y ACH

En bosques y ACH, se estableció parcelas temporales de 500 m^2, rectangulares con dimensiones de 20 metros de ancho por 25 de largo.

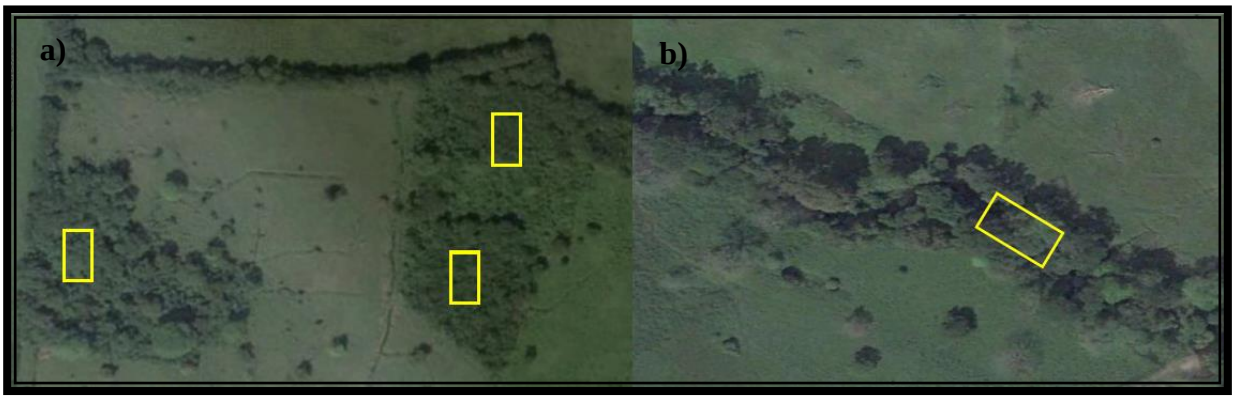

Figura 15: Establecimiento de PM en bosques (a) y áreas de conservación hídricas en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

En el US bosque, se estableció un total de 23 PM, dicho número por FG dependió del área destinada a este US dentro de esta; se determinó una PM de 500 m^2 (20 m ancho por 25 de largo) para las FG cuya área de bosque no excedía a 5 ha; dos parcelas de muestreo de 500 m^2 cada una (0,1 ha) cuando el US bosque dentro de la FG cubría un área entre 5 y 10 ha. Para las FG que tenían más de 10 ha en áreas de bosque, se dispuso tres PM de 500 m^2 cada una (0,15 ha) (Figura 5a). Esto se consideró de esta manera debido a que se logró observar en campo que las FG con mayor área de bosque presentaban mayor variabilidad en cuanto a número de fragmentos, cobertura y densidad arbórea; se ubicó las PM tomando en cuenta aspectos como: representatividad y efecto de orilla, dejando 20 m entre la PM y los bordes del bosque (CATIE 2000).

En las FG que presentaron ACH, se estableció un total de 8 PM (una por FG). La ubicación de dichas parcelas se hizo en lugares representativos de este US. Estas PM se dispusieron ubicando 25 m a lo largo del curso natural del agua y 10 m a cada lado de la fuente, ya que se pudo observar en campo que el ancho de este US rara vez fue menor a 20 m de ancho (Figura 15b).

2.7. Recolección de datos de campo

A cada individuo se le midió la circunferencia a la altura del pecho (CAP, medido a 1,30 m del suelo) con una cinta métrica y posteriormente se calculó el diámetro (DAP). Cuando se presentaron varios ejes, se midió cada tronco independientemente y se calculó el diámetro cuadrático medio (DCM) por individuo. Cuando el árbol tenía gambas, la medida del DAP fue tomada a 30 cm de altura sobre la última gamba del fuste (Detlefsen y Somarriba 2012; Detlefsen et al.2012, CATIE 2000).

Además del DAP, cada individuo fue identificado en campo con su nombre local con la ayuda de una persona con experiencia como guarda bosque e inventarios forestales y manuales dendrológicos desarrollados para la zona de estudio. Para especies de difícil identificación, se colectó una muestra de hojas, flores o frutos a los cuales se le asignó un código que correspondía al número de parcela o transecto, US y el ID de la FG y fueron llevadas al Herbario del Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH-Ceiba), para su identificación taxonómica por parte del profesor José Linares (M.Sc.).

Una vez con los nombres científicos y de familias, se preparó una base de datos para depurar o corregir ortográficamente dichos nombres haciendo uso del programa FDiversity (Casanoves *et al*. 2010).

2.8. Cálculo de variables dasométricas, diversidad arbórea y carbono almacenado.

En esta sección, se describe cada una de las ecuaciones utilizadas para los cálculos de DAP, DCM y carbono. Para este último, se usó un modelo alométrico general desarrollado en zonas biofísicas con las características de Sico y Paulaya (Bosque tropical húmedo). Cálculo del DAP y DCM.

El cálculo del DAP se realizó según se muestra en la ecuación 9.

Ecuación 9: Cálculo de diámetro a la altura del pecho para árboles muestreados en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

$$DCM = CAP/\pi$$

Donde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho.

π: pi, Es un número irracional o constante que denota la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro.

El DCM se estimó según muestra la ecuación 10.

Ecuación 10: Cálculo del diámetro cuadrático medio (DCM) en árboles bifurcados por debajo de 130 cm.

$$DCM = \frac{\sqrt{DAP}}{n^2}$$

DCM: Diámetro Cuadrático Medio

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

n: número de bifurcaciones del fuste antes 1,3 m de altura.

2.9. Cálculo del carbono

El carbono almacenado en biomasa arbórea fue estimado a partir de un modelo alométrico general para estimar biomasa en árboles, desarrollado por Chave *et al.* (2005). Este autor desarrolló modelos generales en distintos tipos de bosques tropicales, tomando en cuenta variables predictora del árbol, como DAP, densidad de la madera y altura total. Para efecto de este estudio, se seleccionó un modelo que considera DAP y densidad de la madera como variables predictora de biomasa (Ecuación 11)

Ecuación 11: Modelo alométrico desarrollado por Chave *et al.* (2005) para el cálculo de biomasa sobre el suelo en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$AGBest = p * exp^{(-1{,}499+2{,}148\,ln(D)+0{,}207(ln(D))^2-0{,}0281(ln(D))^3)}$$

AGBest: Biomasa Aérea estimada (kg)

p: Densidad de la madera g/cm^3

D: Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

Los resultados fueron obtenidos en kg de biomasa aérea por individuo lo que se multiplicó por el factor de conversión de biomasa a carbono (0,47), el resultado de todos los individuos fue sumado para obtener el C almacenado por PM, US y FG. Luego se extrapoló a Mg de C total por FG y Mg C ha^{-1} (Ecuación 12).

Ecuación 12: Cálculo de la fracción de carbono presente en la biomasa aérea de los usos de suelo de las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$C = BA * 0{,}47$$

Donde:

C: Carbono total presente en cada individuo en la biomasa aérea (kg).

BA: Biomasa aérea presente en cada árbol estimada a partir de Chave *et al.* 2005 (kg).

0,47: Fracción de carbono en la biomasa aérea sugerido por el IPCC 2006.

La densidad de la madera se obtuvo de la plataforma internacional de ecuaciones alométricas GlobAllomeTree (Henrry et al. 2013), de la base de datos Global wood density (Zanne *et al.* 2009) y de la base de datos regional y filogenética de la densidad de la madera de 2,456 especies de árboles neotropicales (Chave *et al.* 2006). El procedimiento fue buscar la densidad de la madera de cada especie encontrada en este estudio en las BDs anteriormente mencionadas, cuando no se encontró a nivel de especie se tomó la densidad promedio del género.

2.10. Carbono en árboles podados

El carbono almacenado en árboles podados de las CV se calculó multiplicando la biomasa del fuste por el factor de conversión de C (0.47). Para el cálculo de la biomasa, primero, se calculó el volumen del fuste (Ecuación 13), y este se multiplicó por la densidad de la madera (gramos/m^3 convertidos a kg/m^3). El factor de forma utilizado en el cálculo del volumen fue de 0,81, recomendado para árboles cuya altura del fuste no supera los 4 metros (Prodan e*t al.* 1997, citado por Caicedo 2016).

Ecuación 13: Cálculo del volumen en árboles podados presentes en CV de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$VOL = g \; x \; Hc \; x \; f$$

Dónde:

Vol = volumen del fuste expresado en m^3

g = área basal del árbol expresado en m^2

Hc = altura comercial o altura del fuste expresada en m

f = fue el factor de forma

Una vez calculado el volumen, fue multiplicado por la densidad de la madera cuyo resultado se multiplicó por la fracción de C estimada por IPCC (2006) para la biomasa de árboles (Ecuación 14).

Ecuación 14: Cálculo del carbono en la biomasa del fuste de árboles podados encontrados en cercas vivas de fincas ganaderas del Valle de Sico y Paulaya Honduras.

$$CB_f = Vol * p * 0,47$$

Donde:

Bf = Carbono en biomasa del fuste en kg

Vol = volumen en m^3

P = Densidad en kg/m^3

0,47: Fracción de carbono en la biomasa aérea sugerido por el IPCC 2006

2.11. Diversidad y composición de especies

Los índices de diversidad estimados expresan la composición de especies (presentes y su abundancia), riqueza de especies (Shannom, Simpsom y Piellou), acumulación de especies por individuos (curvas de rarefacción) y la abundancia relativa con base en frecuencias y dominancia en cuanto a área basal (IVI).

Se determinó el número de especies e índices de Shannon (H'), Pielou (J') y Simpson (D') para analizar la diversidad y la equidad por uso de suelo con información derivada de las PM.

Shannon se basa en el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo sacado al azar de una muestra (Magurran 2004). Considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad o hábitat están representadas en la muestra (Martella *et al.* 2012).

Ecuación 15: Fórmula para el cálculo del índice de Shannon (H') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$H = - (Pi * Ln\ Pi)$$

Donde:

Pi = ni/N (valor de importancia), N = total de todas las espécies, ni = abundancia para la especie i, LnPi = logaritmo natural de Pi.

El valor del índice de Shannon (H) suele hallarse entre 1,5 y 3,5 y solo raramente sobrepasa 4,5 (Magurran 2004).

El índice de Pielou equivale a la relación existente entre la diversidad (H') y el logaritmo natural del número de especies presentes en una comunidad (S). Esta relación expresa el grado de uniformidad o equidad en cuanto a composición específica. Pielou adopta valores entre 0 y 1. Uno indica que todas las especies son igualmente abundantes y 0 señala inequidad en cuanto al número de individuos por especie (Martella *et al.* 2012; Moreno 2001).

Ecuación 16: Fórmula para el cálculo del índice de Pielou (J') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$J = H/ln(S)$$

Donde

H = índice de diversidad de Shannon y; S = número de especies (o riqueza).

El índice de Simpson (D') se calcula utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 17: Fórmula para el cálculo del índice de Shannom (D') en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$D = 1 / (Pi)^2$

Donde:

Pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir ni/N.

Este índice está fuertemente enfocado hacia las especies más abundantes de la muestra y es menos sensible a la riqueza de especies (Martella *et al.* 2012) y es definido como la "Probabilidad de que, al sacar dos individuos al azar de una muestra, estos sean de la misma especie" (Magurran 2004).

También se evaluó la composición de especies por uso de suelo mediante el cálculo del índice de valor de importancia (Ecuación 18), este conjuga en un solo parámetro la abundancia, dominancia y frecuencia relativa de las especies (Curtis y Mcintosh 1950).

Ecuación 18: Fórmula para el cálculo del índice de valor de importancia ecológica (IVI) en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$IVI\ espécie\ i = A\%\ i + D\%\ i + F\%\ i$$

Donde:

A% i = abundancia relativa de especie i

D% i = dominancia relativa de la especie i

F% i = frecuencia relativa de especie i

La abundancia relativa se refiere al porcentaje de la suma de todas las ocurrencias de una especie en particular respecto a la sumatoria de ocurrencia de todas las especies en la misma comunidad.

Se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 19: Fórmula para el cálculo abundancia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$A\%\ i = (\Sigma\ Ai\ /\ \Sigma A)*100$$

Donde:

A% i = abundancia relativa de la especie i

Ai = número de ocurrencias de la especie i

ΣA = número total de indivíduos

La dominancia relativa se expresa como porcentaje de la sumatoria de las áreas basales de cada especie, expresa el aporte de una especie al área basal de una comunidad y se determina de la siguiente manera:

Ecuación 20: Fórmula para el cálculo dominancia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$D\% = (\Sigma ABi\ /\Sigma AB)\ x\ 100$$

Donde:

D % = dominancia relativa de la especie i

ΣABi = sumatoria de las áreas basales de la especie i

El área basal se calculó implementando la ecuación siguiente:

Ecuación 21: Fórmula para el cálculo del área basal en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$AB= \pi /4*DAP^2$$

ΣAB = sumatoria de áreas basales de todas las especies en la muestra.

La frecuencia relativa mide su dispersión de las especies dentro la comunidad vegetal y se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 22: Fórmula para el cálculo de la frecuencia relativa de especies en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.

$$F\% i = (Fai/ \Sigma Fa) x 100$$

Fai = Fi /ΣF

Donde:

F% i = frecuencia relativa

Fi = número de sistemas donde ocurre la especie i

ΣF = número total de sistemas

Fai =frecuencia absoluta de la especie i

ΣFa =sumatoria de frecuencias absolutas de todas las especies de la muestra

2.12. Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias entre US en estudio para la diversidad alfa (Shannom, Piellou y Simpson), distribución de las clases diamétrica y carbono por hectárea, se hizo análisis con modelos lineales generales y mixtos. Para ello, se declaró como efectos fijos los usos de suelo, como efectos aleatorios al número de fincas ganaderas (debido a que las observaciones de los usos de suelo fueron dentro de cada FG), y como covariable el área (ha) de muestreo por US. Además, para C, como los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas no se cumplieron, se transformó al logaritmo de base 10 (Log10).

Cuando los índices de diversidad, distribución de las clases diamétrica y el carbono mostraron diferencias estadísticas entre usos de suelos ($\alpha = 0.05$), se utilizó la prueba LSD de Fisher (diferencia mínima significativa) para ilustrar dichas diferencias. Todos los análisis mencionados y los gráficos derivados de ellos se elaboraron en el *software* InfoStat (Balzarini *et al.* 2008).

Para evaluar las diferencias entre los US según especies e individuos, se estimó primeramente densidades de especies y de individuos. Para densidad de especies, el número de especies se dividió por el número de individuos y se aplicó al cociente el logaritmo de base 10. Para densidad de individuos, el número de individuos se dividió por el área del US y también se aplicó logaritmo de base 10. Esto es recomendable cuando las áreas entre los US difieren y porque la relación especies área no es lineal. (Magurran 2011).

Las curvas de acumulación de especies por individuos fueron elaboradas en el software libre *Estimate S. 9.1.0.* (Colwell 2013), los resultados fueron exportados a Microsoft Excel, donde fueron construidas y editadas. (Microsoft Corporation, 2016). Se verificó el número de especies esperadas de acuerdo con el estimador no paramétrico Chao 1.

Para la relación carbono-diversidad, se realizó regresiones lineales simples para evaluar si la diversidad explica las reservas de carbono registrado en los US. Se utilizó como predictores de densidad de árboles por hectárea y el cociente (densidad) de especies por individuos, así como también, los índices de riqueza estimados para la diversidad alfa.

3. Resultados y discusión

3.1. Riqueza y diversidad alfa y beta de especies por uso de suelo estudiado en el valle de Sico y Paulaya, Honduras

En las 30 FG, se inventarió un total de 4585 individuos, de los cuales 1816 fueron encontrados en CV, 1768 en ADP, 757 en bosques y 244 en ACH. La densidad de árboles fue más alta en las CV con 1870,4 árboles ha^{-1} (418 individuos km^{-1} de CV), seguido por ACH con 800 árboles ha^{-1}, luego bosques con 700,7 árboles ha^{-1}, y la menor densidad de individuos se presentó en ADP con 14,3 árboles ha^{-1} (Cuadro 19).

Un estudio desarrollado en la cuenca del río Bulbul del municipio de Matiguás, Nicaragua, documentó resultados similares a los presentes, donde las CV fueron el US que mayor densidad de árboles presentó (946 individuos por parcelas de 0,10 ha, equivalente a 9460 árboles ha^{-1}), superando a los bosques con 3970 árboles ha^{-1}(397 árboles en parcelas de 0,1 ha), bosques ripários con 4250 árboles ha^{-1} (425 árboles en parcelas de 0,1 ha) y potreros con baja cobertura arbórea (84 árboles ha^{-1}). Esto está asociado a las altas densidades (Anexo 6) con que los productores acostumbran a establecer árboles de fácil reproducción asexual en las cercas dentro de sus FG (Sánchez *et al*.2005).

Chacón y Harvey (2013) reportaron densidades de árboles en potreros de Cañas, río Frío (Costa Rica), Rivas y Matiguás (Nicaragua) de 7,8, 23,1, 16,8 y 30,1 árboles ha^{-1}. Siendo la densidad de árboles en potreros del municipio de Rivas la que más se asemeja a lo encontrado en este estudio (14,5 árboles ha^{-1}). Por otro lado, un inventario de árboles dispersos desarrollados en 237 ha de Monte Verde, Costa Rica reportó una densidad un poco mayor (25 árboles ha^{-1}), determinándose mediante fotografías aéreas que puede ser más baja (Harvey *et al*. 2008). Sin embargo, en Tabasco, México se reportan en potreros densidades entre los 24 y 212 árboles ha^{-1} (Villanueva-Partida *et al.* 2015). En otras palabras, las densidades de árboles en potreros son variables y depende de características intrínsecas de las FG como son intensidad de manejo (uso

de herbicidas y chapeo), edad del uso de suelo, beneficios del árbol y condiciones del área donde están presentes (Harvey *et al.* 2007; Guevara *et al.* 2005).

En general, se registró un total de 248 especies leñosas, 166 géneros y 58 familias. En el US ADP, se encontró 158 especies, 120 géneros y 52 familias; en bosques 140 especies, 107 géneros y 40 familias; en ACH 92 especies, 72 géneros y 38 familias y; en CV 27 especies, 23 géneros y 17 familias (Cuadro 19; Anexo 2, 3, 4 y 5). Cabe enfatizar que la razón por la cual el número de especies es mayor en ADP que en los demás US es debido al mayor esfuerzo de muestreo logrado para este US (126,7 ha), comparado con bosques (1,15 ha), ACH (0,4 ha) y CV (0,9 ha).

Chacón (2003) reporta 91 especies y 39 familias en bosques secundarios, 90 especies y 30 familias en bosques ripários y 25 especies y 9 familias en pasturas con alta cobertura arbórea. En el caso de potreros, el mayor número de especie en este estudio es debido al tamaño de área muestreada, ya que el esfuerzo de muestreo realizado por Chacón (2003) equivalió a 1,6 ha para cada uso de suelo mencionado anteriormente, en este estudio, se muestreó un total de 126,7 ha en árboles dispersos en potreros.

Por otro lado, Sánchez *et al.* (2005) reportan un número de especies menor en bosques (62), ACH (80) y ADP (23-41); pero superior en CV (52). Lo cual se debe a una alta incidencia de proyectos e investigaciónes que han propiciado el establecimiento de CV diversas en Matiguás, Nicaragua (Orozco y López 2013) y probablemente a la poca disponibilidad de otro material vegetativo diferentes a las especies ya establecidas en Sico y Paulaya, lo cual ha sido una limitante en la implementación de CV diversas en lugares como Copan, Honduras (Trautman-Richers, 2007).

Con un esfuerzo de muestreo parecido al de este estudio, Harvey y Haber (1999) reportaron 190 especies arbóreas en una muestra de más de 5500 árboles dispersos en potreros de 24 FG de la vertiente pacifica de Costa Rica (Monte Verde), siendo estas en su gran mayoría especies típicas del bosque.

Cuadro 19: Características arbóreas de los usos de suelos presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

Características	**ADP**	**Bosques**	**ACH**	**CV**
Total de árboles registrados	1768	757	244	1816
Densidad (árboles ha^{-1})	14,3	700,7	800	1870,4
Total de especies	162	140	92	27
Total de géneros	120	107	72	23
Total de familias	52	50	38	17

ADP: Árboles Dispersos en Potreros; Áreas de Conservación Hídrica; CV: Cercas Vivas

El alto número de especies registradas en pasturas en el valle de Sico y Paulaya, en relación a lo reportado por Chacón (2003) y Sánchez *et al*. (2005), puede estar asociado a la ubicación. Se ha demostrado en fincas ganaderas una relación positiva entre la cercanía de los árboles al bosque y la incidencia de avifauna, lo que puede estar contribuyendo en la dispersión de especies

arbóreas del bosque a las pasturas (Gutiérrez *et al.* 2012), y a su vez, puede estar siendo favorecido por las condiciones climáticas de la zona (Ramos-Montaño y García-Conde 2013). Esto tomando en cuenta que el valle de Sico se caracteriza por estar en medio de dos grandes ecosistemas, como son la Reserva de Biosfera de Río Plátano y el Parque Nacional de Río Tinto (SEPLAN 2011).

Otra razón que explica la relativa alta incidencia de especies en los potreros puede estar asociada a la baja intensificación con la que se manejan las pasturas, ya que los productores usan métodos químicos, pero en bajas cantidades debido a la baja rentabilidad de la ganadería en el valle, lo que los lleva a alternar el manejo de plantas no deseadas en las pasturas con métodos mecánicos. Por otro lado los productores han venido reemplazando las pasturas nativas por especies exóticas mejoradas las cuales protegen de incendios haciendo rondas en las cercas (Norales 2007). Asimismo, la carga animal es relativamente baja (1,6 UA ha-1) lo que puede estar teniendo menor impacto por el pisoteo en la vegetación emergente (Cingolani et al. 2005).

La diversidad de especies acá reportada es una evidencia del potencial de conservación que aún albergan las FG del valle. Se estima que para el país (Honduras) existe un total de 7524 especies vegetales (SERNA 2008; SERNA 2001), está representado en este estudio un 3,3% (248) de ese número, lo cual indica que a pesar de que en el valle domina la ganadería aún alberga especies de importancia ecológica.

3.2. Riqueza de especies en cada uno de los usos de suelo estudiados en el valle de Sico y Paulaya, Honduras

La figura 16 presenta la riqueza de la vegetación arbórea en cada uno de los US a nivel de diversidad alfa. En el índice de Piellou, Shannom y Simpson se observa que tanto la riqueza de especie (S) como su dominancia (equidad) dentro de los US es mejor en los bosques, ACH y ADP en comparación con las CV (Figura 16a, b y c). Este último US refleja poca riqueza y equidad de especies (H': 0,38; D': 0,81 y J': 0,30).

Tomando en cuenta el número de individuos ha^{-1}, en la figura 16d se aprecia que la mayor densidad de individuos está presente en las CV; sin embargo, este US está dominado por pocas especies; en cambio, los ADP tienen una menor densidad de árboles, pero la diversidad es mayor (H': 2,41; D': 0,13 y J': 0,8), lo cual se atribuye a un alto número de especies remanentes de bosque y de regeneración natural en este US, o bien, es válido considerar que los potreros, como ya se mencionó, a pesar de su baja densidad de individuos son un US que conservan especies valiosas que pueden estar reflejando la gran heterogeneidad del paisaje antes de su fragmentación o una excelente conexión de organismos dispersores entre masas boscosas que están propiciando una regeneración natural dentro de este US (Harvey *et al*, 2008b; Harvey & Haber 1999).

Asimismo, Villanueva-Partida *et al.* 2016 evaluando la diversidad arbórea en tres condiciones de densidad (alta, media y baja densidad arbórea) encontraron que los índices Simpson, Shannon y Pielou indicaron una mayor diversidad en las áreas de potreros con baja cobertura arbórea (H': 1,4; D': 0,6 y J': 0,6) en relación con los potreros con alta cobertura (H': 1,2; D': 0,4 y J': 0,5),

lo que atribuyen a que las pasturas con altas densidades arbóreas eran dominadas por especies de homogenización biótica (especies caracterizadas por su éxito en la colonización de áreas descubiertas por su tolerancia y resistencia a diferentes condiciones ambientales) como *Gmelina arborea, Cedrella odorata y Spondias mombin.*

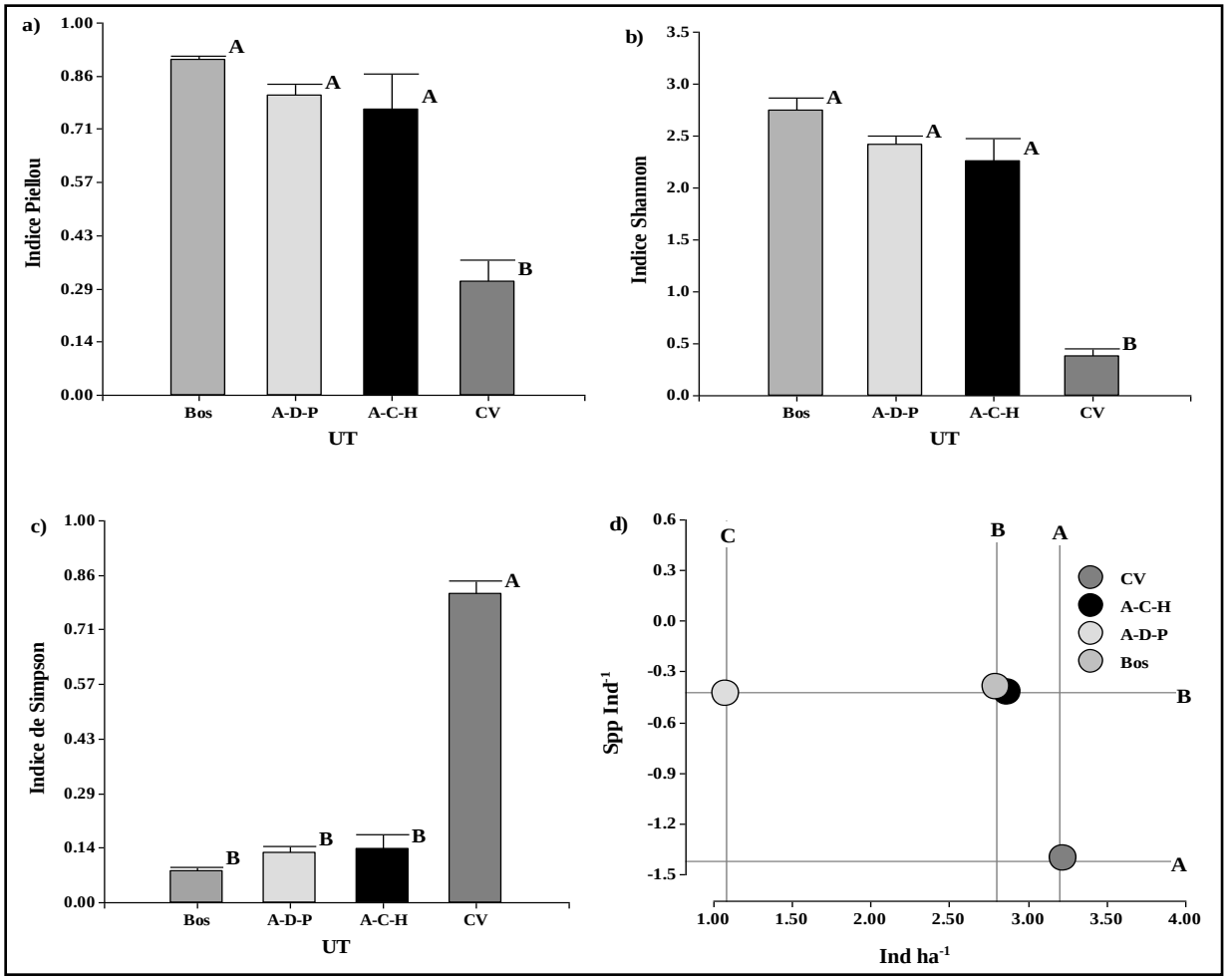

Figura 16: Diversidad específica e índices de diversidad para cada US en fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya, Honduras: a) Índice de diversidad de Piellou para cada US. b) Índice de diversidad de Shannom para cada US. c) Índice de diversidad de Simpson para cada US. d) Comparación de individuos vs. especies en cada uso de suelo[4]. Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LCD de Fisher ($p > 0.05$). ADP: Árboles dispersos en potreros. CV: Cercas vivas. Bosques y ACH: Áreas de conservación hídrica.

Los bosques y las ACH se comportaron de manera similar en cuanto a densidad de individuos y número de especies presentes, estos US no mostraron diferencias en cuanto a la riqueza (D': 0,08 y 0,14) y equitatividad (H': 2,74 y 2.26; J': 0,9 y 0,7) de las especies (Figura 6a, b y c) esto coincide con lo encontrado por Chacón *et al.*(2003) en río Frío, Costa Rica, donde las especies en estos US mostraron un comportamiento similar (H': 2,26; D': 0,19 en bosques secundarios

4 Nota: La comparación de individuos vs especies en cada uso de suelo se calcula bajo la siguiente formula $\frac{spp}{ha} = \frac{spp}{NoInd} * \frac{NoInd}{Ha}$ (Gotelli y Colwell 2011). La expresión de cada parámetro está dada en su forma logarítmica de base 10 (Log10) tanto en el eje X como en Y.

y H': 2,14; D': 0,26 en bosques ripários), siendo considerados como los hábitat con mayor valor de conservación de biodiversidad en relación con las pasturas con alta y baja cobertura arbórea.

Las CV son el US que menos especies presenta (26), pero cuenta con una alta densidad de individuos. Caicedo (2015) en paisajes agropecuarios en el Tuma La Dalia y Waslala, Nicaragua documenta 94 y 72 especies en estos dos sitios, y asevera que hay un potencial de acumulación de especies si se incrementa el área muestreada, lo cual se diferencia de lo reportado en el valle de Sico y Paulaya, donde es muy poco probable incrementar de manera significativa un mayor número de especies en CV aún con un esfuerzo de muestreo superior al logrado (Figura 16d). Chacón y Harvey (2013) reportaron un número de especies igual a las encontradas en el valle (27) en CV de río Frío, un número muy inferior al reportado en el mismo estudio para CV de Cañas (85), Rivas (73) y Matiguás (72).

Las curvas de acumulación de especies (CAE) muestran diferencias para el número de especies acumuladas en cada US. En el caso de los bosques y las ACH (Figura 17), la CAE no muestra una asíntota al finalizar el muestreo; por lo contrario, se nota una tendencia marcada a crecer, indicando que es posible encontrar un número significativo de especies en estos US dentro de las FG. El esfuerzo de muestreo solamente registra un 75% (140 especies bosques) y 55% (92 especies de ACH) de las especies arbóreas esperadas (218 y 260) en el área de muestreo de estos US. Al contrario, en ADP y CV, la CAE muestra un suave aumento al finalizar el muestreo (Figura 17), lo cual indica que las especies sin registrar en estos US son pocas. El esfuerzo de muestreo en estos casos revela un 82% (158 especies en ADP) y 80% (27 especies en CV) de las especies arbóreas esperadas para ambos US (170 y 30).

Sánchez *et al*. (2005) Encontró resultados similares para bosques ripários y bosques secundarios, siendo estos US los que mayor acumulación de especie presentaron en un menor esfuerzo de muestreo en comparación con US antropogénicos (potreros y cercas vivas) cuyas especies están sujetas a pisoteo, manejo (podas, ramoneo, raleos, etc.) e intereses económicos de los propietarios, lo cual justifica la menor presencia de especies e individuos por unidad de área.

Cuando el número de individuos fue el mismo en bosques y ACH, el número de especies no se diferenció entre estos dos US; sin embargo, con un mayor esfuerzo de muestreo se espera que el número de especies sea mayor en ACH que en el propio bosque, esto puede atribuirse a que las condiciones de humedad y las características químicas de los suelos de las ACH propician el desarrollo de regeneración natural más que en los bosques (Gutiérrez *et al*. 2012). Otra razón se debe a que las ACH generalmente presentaron pendientes pronunciadas, lo cual limita la entrada del ganado; en cambio los bosques en las FG, sufren talas que año con año forman claros producto de cosechas inadecuadas y en su mayoría no están protegidos con cercas, por lo que el ganado ingresa voluntariamente; mientras que en la ACH, los productores rara vez talan un árbol para evitar el deterioro del recurso hídrico (Guevara *et al*.2005).

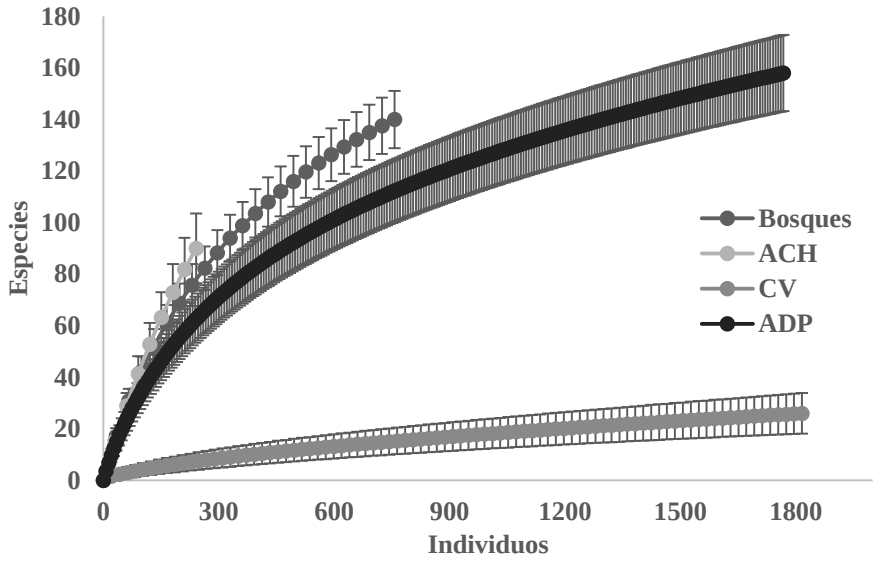

Figura 17: Curvas de rarefacción por individuo en diferentes US presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Curva de rarefacción en bosques (S=140; Chao1 = 160-218). Curva de rarefacción en ACH (áreas de conservación hídrica) (S=92; Chao1 = 140-271). Curva de rarefacción en ADP (potreros con árboles dispersos) (S=158; Chao1 = 186-200). Curva de rarefacción en CV (cercas vivas) (S=26; Chao1 = 31-35).

Otro estudio llevado a cabo en potreros de Esparza Costa Rica, reporta resultados similares al presente estudio, donde la CAE mostró un suave incremento al finalizar el muestreo indicando que el número de especies esperadas no sería significativo con un mayor esfuerzo de muestro (Villanueva *et al.* 2006); no sucediendo así, en Cañas, donde las CAE en potreros con árboles dispersos y cercas vivas de distintos sistemas productivos no mostraron una asíntota al finalizar el muestreo, indicando mayor presencia de especies en los usos de suelo.

3.3. Estructura y composición de especies presentes en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras. Distribución de especies por clases diamétrica

En cuanto a la estructura arbórea, hubo una distribución diferente ($p > 0,05$) en las clases diamétrica (CD). En todos los US, el mayor porcentaje de individuos promedio se concentró en las CD menores a 40 cm de DAP. Las CV registraron un mayor número de individuos promedio en las CD más bajas (< 20 cm). Los ADP presentaron un mayor número de individuos promedio en las CD mayores a 20 cm de DAP respecto a los demás US. Los bosques y las ACH tienen una distribución más homogénea en todas las CD (Figura 18a).

Tanto para individuos como para especies, todos los US están representados en todas las clases diamétrica a excepción de las CV, que no presentó ningún individuo en la CD > 60 cm. (Figura 10a y b).

El mayor número de especies se encuentra en las CD menores a 40 cm. Los bosques y las ACH presentaron mayor número de especies en las CD < 30, los ADP tienen más especies en las CD mayores a 20 cm con relación a los demás US. En cambio, las CV presentaron una distribución más homogénea de las especies en todas las CD donde estuvo presente.

Esta distribución demuestra que las especies y los individuos pueden catalogarse como una vegetación mayoritariamente joven en el valle, ya que para estas dos variables (especies e individuos) más del 80% de los casos registrados se encuentran acumulados en las CD más bajas (< 40 cm de DAP).

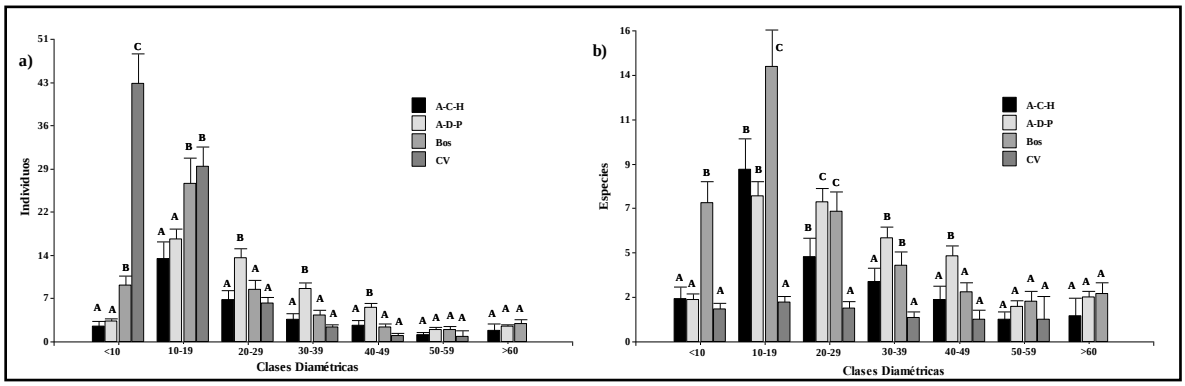

Figura 18: Número promedio de individuos (a) y especies (b) con DAP ≥ 3,5 cm por clase diamétrica para los usos de suelo árboles dispersos en potreros (ADP), bosque, áreas de conservación hídrica (ACH) y cercas vivas (CV), en el valle de Sico y Paulaya, Honduras. Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LCD de Fisher (p > 0.05). ADP: Árboles dispersos en potreros. CV: Cercas vivas. Bos: Bosques y ACH: Áreas de Conservación hídrica.

Chacón *et al.* (2003) reportan un patrón de distribución parecido al encontrado en este estudio, en bosques secundarios, bosques ripários y potreros. Donde la acumulación de los individuos estuvo, en su mayoría, presente en las CD más bajas (< 40 cm de DAP), lo cual es característico de una vegetación joven.

Otro estudio llevado a cabo en FG del trópico seco de Costa Rica (Esparza) compara distribuciones diamétrica de individuos en potreros y CV, se encuentra igualmente que los individuos registrados (5896) están presentes en su mayoría en las CD menores a 40 cm DAP (Villanueva *et al.* 2003).

Algo importante a recalcar de este resultado es que las especies (diversidad) y, por ende, los individuos, están en una etapa de desarrollo joven; esto indica un potencial de crecimiento (carbono) y de conservación de diversidad a más largo plazo, el hecho de que los potreros tengan muchas especies e individuos jóvenes refleja un potencial de regeneración natural de la zona lógicamente propiciado por las condiciones edafoclimáticas (fertilidad y altas precipitaciones) que la caracterizan.

3.3.1. Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) para especies presentes en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras

De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI), en ADP las 10 especies más importantes desde el punto de vista ecológico representan un 48,6% del IVI. Estas especies son: *Mimosa schomburgkii, Cordia alliodora, Attalea cohune, Zanthoxylum acuminatum, Salix humboldtiana, Terminalia amazonia, Byrsonima crassifolia, Inga cocleensis, Cordia bicolor y Spondias mombin* (Cuadro 20).

Las 20 especies más comunes reportadas como árboles dispersos en potreros de Honduras son *M. platycarpa, M. zacapana, S. macrophylla, C. odorata, T. guayacan, C. alliodora, V. ferruginea, M. indica, S. mombin,* y entre otras a *Tectona grandis* (Sánchez, B. 2014); de estas en el valle de Sico y Paulaya, se encontraron como especies dominantes a *M. schomburgkii, C. alliodora, y S. mombin,* la primera también es conocida como carbón de playa, y es muy parecida a *M. platycarpa y M. zacapana* (carbón), cuyos usos son madera, leña y forraje. Además, se encontró a *C. odorata, T guayacan, M. indica y T. grandis* como especies menos frecuentes (Anexo 2).

En CV el IVI arrojó resultados muy diferentes; 10 especies representaron el 94,9% de todos los registros de este US, las cuales fueron: *Gliricidia sepium, Erythrina fusca, Cordia alliodora, Swietenia macrophylla, Mimosa schomburgkii, Erythrina berteroana, Psidium guajava, Albizia adinocephala, Tabebuia guayacan, Spondias mombin*; de estas 10 especies, las dos primeras fueron las que predominaron (81,9%), lo que indica que este US en el valle se caracteriza por ser poco diverso (Cuadro 20).

En CV de FG de Honduras generalmente están presentes 10 especies como *Cassia grandis, Guazuma ulmifolia, Bursera simaruba, Spondia purpurea, Leucaena leucocephala, G. sepium, E. berteroana, Jatropha curcas, Jacaranda copaia y Cordia dentata* (Sánchez, B. 2014); en el valle las CV, estuvieron mayormente dominadas por *G. sepium, E. fusca* y *C. alliodora*; esto puede estar asociado a la falta de material vegetativo entre los productores del valle y es probable también, al desconocimiento sobre la importancia de las CV, desde el punto de vista ecológico; ya que se pudo observar que la función por la cual se establecen las CV es nada más para delimitar áreas de potreros, y aún no son incluidas como una potencial fuente de alimentación para el ganado o bien para incrementar servicios ecosistémicos como conectividad o carbono

En el caso de las ACH, las 10 especies más importantes representaron un IVI menor (35,7%). Dichas especies son: *Mimosa schomburgkii, Swietenia macrophylla, Ficus insípida, Pterocarpus officinalis, Terminalia amazonia, Attalea cohune, Luehea seemannii, Calophyllum brasiliense, Cecropia peltata, Brosimum alicastrum.*

En bosques, las 10 especies más importantes fueron *Pouteria izabalensis, Dialium guianense, Tetragastris panamensis, Hernandia stenura, Macrohasseltia macroterantha, Sloanea faginea, Licania sparsipilis Calophyllum brasiliense, Vochysia ferruginea y Cupania dentata.*

Un estudio realizado con el propósito de identificar y caracterizar tipos de bosques en un gradiente altitudinal en el litoral atlántico de Honduras (Atlántida, Lancetilla) reporta especies como *P. izabalensis, D. guianense, Brosimum spp; Virola spp; T. amazonia, V. guatemalensis,* entre otras también reportadas como especies dominantes en bosques y áreas de conservación hídrica en el presente estudio, sobre todo en bosque de bajura. Este mismo estudio resalta a *D. guianensis* como especies típicas de bosques ripários *y a Attallea sp.* común en áreas abiertas o potreros, llegando a formar rodales casi puros, un patrón que también se repite en este estudio para *A. cohune* que al igual que en Lancetilla también es conocido localmente como corozo (Doblado 2011).

Cuadro 20: Valores relativos del Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) de las 10 especies más importantes en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

Potreros **con árboles dispersos**					**Cercas vivas**				
	Porcentaje					Porcentaje			
Especies	AR	DR	FR	IVI	Especies	AR	DR	FR	IVI
M. schomburgkii	27,4	12,8	10,0	16,7	*G. sepium*	81,2	68,6	55,9	68,6
C. alliodora	9,9	5,6	7,8	7,7	*E. fusca*	13,5	17,9	8,4	13,3
A. cohune	6,7	10,2	5,9	7,6	*C. alliodora*	0,9	2,5	8,4	3,9
Z. acuminatum	2,9	3,4	3,9	3,4	*S. macrophylla*	1,5	4,8	3,5	3,3
S. humboldtiana	2,8	6,7	0,6	3,4	*M.schomburgkii*	0,3	1,3	3,5	1,7
T. amazonia	2,6	2,5	1,8	2,3	*E. berteroana*	0,9	0,4	2,8	1,4
B.crassifolia	2,7	0,9	3,0	2,2	*P. guajava*	0,3	0,2	2,1	0,9
I. cocleensis	2,2	1,3	1,8	1,8	*A. adinocephala*	0,1	0,7	1,4	0,7
C. bicolor	2,0	1,1	2,0	1,7	*T.guayacan*	0,1	0,4	1,4	0,6
S. mombin	1,4	1,8	1,7	1,7	*S. mombin*	0,1	0,3	1,4	0,6
Subtotal (10 especies)				48,6	Subtotal (10 especies)				94,9
Otras (148)				51,4	Otras (16)				5,1
Total (158)				100	Total (26)				100
Áreas de conservación hídrica					Bosques gestionados				
	Porcentaje					Porcentaje			
Especies	AR	DR	FR	IVI	Especies	AR	DR	FR	IVI
M.schomburgkii	10,7	9,1	1,6	7,1	*P. izabalensis*	6,9	9,3	3,8	6,7
S. macrophylla	6,6	5,3	3,2	5,0	*D. guianense*	3,8	8,5	3,6	5,3
F. insipida	2,0	9,5	2,4	4,6	*T. panamensis*	3,4	6,2	3,6	4,4
P. officinalis	3,3	6,2	0,8	3,4	*H. stenura*	3,2	5,0	3,0	3,7
T. amazonia	2,0	4,6	3,2	3,3	*M.macroterantha*	1,5	6,4	2,3	3,4
A. cohune	2,9	5,2	1,6	3,2	*S. faginea*	4,0	1,4	3,0	2,8
L. seemannii	1,6	3,0	2,4	2,4	*L. sparsipilis*	3,8	2,2	1,5	2,5
C. brasiliense	3,3	2,2	1,6	2,4	*C. brasiliense*	2,0	2,8	2,3	2,4
C. peltata	2,9	2,9	0,8	2,2	*V. ferruginea*	2,1	2,5	1,8	2,1
B. alicastrum	1,6	3,1	1,6	2,1	*C. dentata*	2,5	1,1	2,5	2,1
Subtotal (10 especies)				35,7	Subtotal (10 especies)				35,3
Otras (82)				64,3	Otras (130)				64,7
Total (92)				100	Total (140)				100

Todas estas especies reportadas según IVI son en su mayoría generalistas o heliófitas durables que, en el caso de bosques, han emergido en claros de aprovechamiento selectivo y han pasado a formar parte del dosel superior, pero también es válido mencionar la presencia de especies típicas de ecosistemas boscosos que aún se conservan en estos bosques evaluados, por ej. *T. panamensis, M. apetala, M. macroterantha,* entre otras.

Al igual que los bosques, las ACH presentaron una mayor heterogeneidad en las especies más importantes, dicho US estuvo dominado por especies de crecimiento rápido, típicas de vegetación secundaria como fueron *F. insípida, C. peltata, C. obtusifolia e I. thibaudiana Salix humboldtiana, P. officinalis,* etc; estas especies están aún presente en las FG debido al servicio

que prestan (conservación hídrica), ya que por las características de su sistema radicular y su tolerancia a desarrollarse en ambientes húmedos pueden retener agua en la superficie del suelo, manteniendo un flujo hídrico permanente dentro de la FG (Nova y Caro 1991).

En el caso de potreros y CV, las especies presentes en este US, en su mayoría, son el resultado de la selección de los propietarios quienes prefieren ciertas especies por su desempeño en bienes y servicios importantes en la finca como fuente de madera (*C. alliodora*), sombra para el ganado *(F. insípida)*, leña *(M. schomburgkii e I. cocleensis)*, frutos para consumo humano *(B. crassifolia, S. mombin)* y para alimentación animal (forraje) en la época seca *(F. insípida, L. seemannii y M. schomburgkii*) (Muñoz et al. 2003).

Muchas de las especies encontradas como ADP son remanentes del US anterior (*V. guatemalensis y Z. acuminatum*); otras provienen de regeneración natural y por su potencial para madera o leña son conservadas por el agricultor (*C. alliodora y C. bicolor*) y otras son establecidas con la esperanza de proveer recursos económicos alternativos a la actividad ganadera en el futuro (*S. macrophylla*).

Vale recalcar a *M. schomburgkii* como especie exitosa dentro de las FG. Esta especie ha sido identifica en América Central, en Nicaragua (Barrett 1991, Warren 1978, Little 1971) en zonas bajas (< 150 msnm) de la parte norte costera de la RAAN (Región Autónoma del Atlántico Norte) en bosques ripários y mayormente en sabanas, como consecuencia de su fruto (vaina) apetecida por el ganado y eficientemente dispersada por este dentro de las pasturas.

El éxito de *M. schomburgkii* es atribuible a la resistencia de los ácidos digestivos del ganado por parte de las semillas ingeridas de este árbol que le permiten poder germinar luego de excretados. Lo anteriormente dicho no está reportado en la literatura, pero es manejado como conocimiento empírico por los productores y se pudo observar altas tasas de regeneración de esta planta producto de las heces de ganado.

La Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente (SERNA), en el año 2008, lanzó un listado de las especies de preocupación especial para Honduras; en dicho documento, se señala 253 plantas vasculares, de las cuales 78 aproximadamente son árboles; de este listado fueron encontrados en el valle de Sico y Paulaya a *C. odorata (0,3% IVI) y S. macrophylla* (1.1% IVI) mayormente en potreros y cercas vivas, y *Sommera montana* (0,2% IVI) hallada como especie rara en bosque. Esto indica que, aunque el paisaje este dominado por especies generalistas de áreas abiertas, aún pueden existir especies de interés de conservación.

Cabe mencionar que los US objeto de estudio en el valle pueden estar desempeñando una función importante en la conectividad y la alimentación de fauna silvestre a través de fragmentos de bosque, ACH (Harvey *et al.*2008), CV (Chacón y Harvey 2006) y ADP (Estrada 2008). Es importante evaluar estos factores dentro del paisaje tomando en cuenta las dos masas boscosas que le rodean (Río Plátano y Río Tinto).

Asimismo, es importante resaltar a *A. cohune* como una especie abundante y compartida en los potreros y ACH. Esta palma anteriormente era conservada por los productores por sus hojas que

les permitía hacer los techos de casas de habitación, hoy en día el zinc y otros materiales de construcción han reemplazado su uso, por lo cual esta planta está siendo poco aprovechada lo que ha causado un crecimiento acelerado en el número de individuos dentro de los potreros (Doblado 2011), pero a su vez su abundantes frutos son sustento de roedores y otros mamíferos silvestres lo que le da una importante función de conservación (Zamora 2000).

Finalmente, otras especies palma en estado joven observada de forma abundante en potreros fue *Elaeis oleífera,* conocida localmente como palma india o palma cutera y es una degeneración de la palma aceitera (de allí su nombre de palma india) que en los últimos años ha venido creciendo en el valle. Del fruto de esta palma se alimenta muchas aves entre ellas *Coragyps atratus,* dicha ave es conocida comúnmente como cute de allí su otro nombre local (Palma cutera) y se puede decir que es quien la dispersa por las praderas (Maldonado 2016 comunicación personal), a tal punto que puede llegar a dominar el paisaje y con ellos reemplazar otras especies vegetales de importancia en el valle.

3.4. Reservas de carbono almacenado arriba del suelo en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras

El carbono (C) almacenado en los árboles en las 30 FG estudiadas, fue en total de 48.691,3 Mg. De este total, el 58,3% (28.396,8 Mg), se encuentra almacenado en bosques, un 23,3% (11.365,9 Mg) en ADP, el 12,9% (6.320 Mg) en ACH y un 5,5% (2608,5) en CV (Cuadro 21).

Los bosques fueron el US que más Mg C ha^{-1} almacenó (172,2± 40,9), seguido por las ACH (143,4±18,7), los cuales no se diferenciaron estadísticamente. Las CV y los ADP almacenan 77,8 (±12,3) y 5.6 (± 0,7) Mg de C ha^{-1}, diferenciándose estadísticamente entre si y además de los bosques y ACH ($p > 0,05$).

Chacón *et al.* (2003) encontró en *Río* Frio resultados inferiores en bosques secundarios (103,7 Mg C ha^{-1}) y superiores en bosques ripários (188 Mgha^{-1}) y a diferencia de este estudio ambos US mostraron diferencias significativas. Otro estudio realizado en Nicaragua (Matiguás), documenta un almacenamiento de C en bosques secundarios y ripários inferiores a los resultados acá obtenidos (92,4 ± 11,3 y 90, 8 ± 48,6 t C ha^{-1}), reflejando que los bosques secundarios almacenan más carbono que los ripários (Ibrahim *et al.* 2007). Cabe mencionar que tanto el C almacenado en el bosque como el C de ACH o bosques ripários evaluados está dentro del rango estimado por IPCC (2006) para el bosque tropical lluvioso del continente americano (120-400 Mg de biomasa o 60-200 Mg C ha^{-1}).

Respecto a ADP, los resultados obtenidos por Chacón *et al.* (2003), son superiores a los acá reportados (20,6 y 22.3 Mg C ha^{-1}). Un resultado un poco similar, aplicando la misma metodología de muestreo fue reportado por Caicedo (2015) en potreros de El Tuma-La Dalia y Waslala. En ambos sitios este autor reportó 7,72 Mg C ha^{-1}.

Cuadro 21: Carbono total y por hectárea almacenado en usos de suelos presentes en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

Uso de suelo	CT[1] (Mg)	C (Mg^1ha^1)[2]	
Bosques	28.396,8	172,2 (± 40,9)	C
ACH	6320	143,4 (± 18,7)	C
CV	2.608,5	77,8 (± 12,3)	B
ADP	113.65,9	5,6 (± 0,7)	A
Total	48.691,3		

[1]Carbono total--- [2]Se aplicó un ANDEVA bajo un marco de modelos mixtos para considerar la falta de heterogeneidad de las varianzas. La exactitud del modelo seleccionado fue en base parámetros de AIC y BIC. Valores corresponden a totales, medias y errores estándares. Letras diferentes indican diferencias significativas según el criterio de Fisher (> 0,05)

Chacón y Harvey (2013) evaluando reservas de biomasa arriba del suelo de árboles dispersos en potreros en cuatro lugares de Centroamérica (Cañas y río Frío en Costa Rica; Rivas y Matiguás en Nicaragua), encontró un promedio de biomasa de 10,7 (±1,1) Mg C ha^{-1} (equivalente a 5,03 Mg C ha^{-1}) para los cuatro sitios; en Matiguás y río Frio las reservas de biomasa fueron de 12,4 (±1,0) Mg C ha^{-1} (equivalente a 5,8 Mg C ha^{-1}) y 13,5 (±3,51) Mg C ha^{-1} (equivalente a 6,3 Mg C ha^{-1}) siendo estos dos lugares los que más se asemeja a lo reportado en este estudio para este US.

Un estudio recientemente publicado sobre C en SSP de base tradicional y llevado a cabo bajo las mismas condiciones climáticas en Chiapas, México y usando el mismo estimador de biomasa (Chave *et al.* 2005), reporta un nivel medio de C que oscila entre 2,1 y 4,9 Mg C ha^{-1}(Pignataro *et al.* 2016). Levemente inferior a lo acá reportado para ADP; sin embargo, otro estudio desarrollado en el sureste de Ecuador reporta entre 11 y 66 Mg biomasa ha^{-1} equivalente a 5,5 y 33 mg C ha^{-1} en ADP (Mcgroddy *et al.* 2015).

En CV de FG de la península de Azuero (Panamá), Hassan (2011), utilizando la misma técnica de muestreo, reporta una acumulación de C superior (56,23 Mg C km^{-1} o bien 281,15 Mg C ha^{-1}) a la reportada en este estudio; años después, este mismo autor y colegas encontraron para la misma zona (parte baja de la cuenca del *Río* La Villa, Azuero) 10,7 Mg C km^{-1} (53, 5 Mg C ha^{-1}) en cercas vivas simples y 17,8 Mg C km^{-1} (89,05 Mg C ha^{-1}) en CV multiestratos (Hassan *et al.*2015); un dato muy similar al reportado en CV del valle de Sico y Paulaya.

3.5. Relación entre la diversidad arbórea y carbono almacenado en usos de suelo del valle de Sico y Paulaya, Honduras

La figura 19a no muestra ningún efecto de la diversidad arbórea de US de FG del valle de Sico y Paulaya sobre las reservas de C (R^2=0,07; P=0,0227), en otras palabras, la diversidad arbórea no explica ni aumento ni disminución en las existencias de C. Si se aborda a nivel de individuos y C se puede ver un comportamiento diferente; en este caso, sí hay una tendencia de incremento de C (R^2=0,74; P=0,0001) a medida que el número de individuos es mayor dentro de cada US (Figura 19a y b).

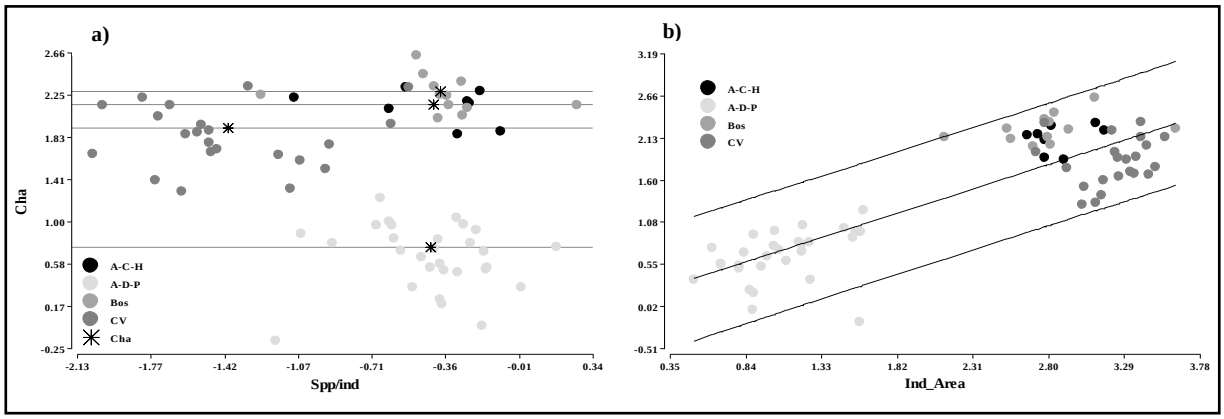

Figura 19: Relación entre el carbono almacenado y la diversidad arbórea presente en usos de suelo de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras. a) Relación entre diversidad y carbono (R2=0.07; P=0.0227). b) Relación entre individuos y carbono (R2=0.74; P<0,0001). ADP: Árboles Dispersos en Potreros. CV: Cercas Vivas. Bos: Bosques gestionados y ACH: Áreas de Conservación Hídrica.

Además del gráfico anteriormente descrito, el cuadro 7 también presenta coeficientes de determinación y P-valores que reflejan la falta de relación entre los índices de diversidad (H', D' y J') y el C almacenado en las FG.

Cuadro 22: Coeficiente de determinación y P-valores que explican la ausencia de relación entre la diversidad (riqueza y equidad) y el carbono almacenado en fincas ganaderas del valle de Sico-Paulaya, Honduras.

H'		**D'**		**J'**	
R^2	P-Valor	R^2	P-Valor	R^2	P-Valor
0,06	0,0349	0,09	0,0130	0,06	0,0439

En la literatura son muchos los estudios que relacionan la diversidad arbórea con la productividad (en términos de biomasa o C) en diferentes hábitats naturales o agroforestales, algunos reportan una relación positiva (Návar-Cháidez y González-Elizondo 2009), ausencia de relación (Kirby y Potvin 2009) o bien una relación negativa (Enquist y Niklas 2001) al asumir la diversidad arbórea como una variable predictora de la biomasa o el C almacenado.

La falta de dependencia entre la diversidad arbórea y el C es más marcada en los bosques y ACH, en cambio los usos de suelo antropogénicos (ADP y CV) aparentemente presentan una tendencia a disminuir el C a mediada que la diversidad aumenta, lo cual puede estar asociado a que estos US presentan una mayor cantidad de individuos en algunas pocas especies. Por ejemplo, las CV estuvieron dominadas por dos especies (*G. sepium y E. fusca*) y los potreros también presentaron alta abundancia en algunas especies (*A. cohune, M. schomburgkii* por ej.); pero no seremos concluyentes con esta tendencia debido a que los parámetros estadísticos (significancia y coeficientes de determinación) no lo permiten.

Relaciones realizadas entre C y diversidad arbórea en sistemas agroforestales en el Tuma-La Dalia y Waslala por medio de modelos de senderos (Path Análisis) demuestran una leve relación positiva entre estas dos variables en CV (R^2=0,24; P=0,0001) y ADP (R2=0,52; P=0,0001). Este autor concluye que la relación entre el C almacenado en la biomasa aérea y la diversidad del dosel de sombra depende de los US evaluados y deja claro que existe un mayor efecto de la abundancia de individuos sobre el C almacenado cuando los US muestran alta abundancia para un grupo reducido de especies y muchas especies con pocos individuos, lo cual se refuerza con los resultados presentes (Caicedo 2015).

Kirby y Potvin (2009) tampoco evidenciaron efecto entre diversidad de especies de árboles y biomasa sobre el suelo de bosques y sistemas agroforestales. Sin embargo, sus resultados destacaron la contribución desproporcionada de un pequeño número de especies a las reservas de biomasa, como consecuencia de su abundancia relativa (alto número de individuos por especies).

Un resultado diferente fue encontrado por Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009), estos autores reportaron un efecto positivo entre diversidad arbórea y productividad (R^2 entre 0.60 y 0.85) en términos de biomasa de bosques templados de Durango, México; estos autores consideran que se requiere de estudios más exhaustivos para entender dichas relaciones y recomiendan desarrollar evaluaciones en distintas series de tiempo, lo cual puede conducir a establecer conclusiones más sólidas y relevantes.

Toda esta variabilidad de patrones en el comportamiento del C en relación con la diversidad conlleva a suponer que se debe al grado de heterogeneidad presente en los sistemas naturales, donde la diversidad vegetal de los ecosistemas pueden o no presentar un potencial de almacenamiento; los patrones de precipitación, temperatura, edad, altitud, manejo selectivo, y otros aspectos relacionados a decisiones antropogénicas (Bunker *et al*, 2005), son probablemente condiciones que pueden estar influenciado a la vegetación y su stock de carbono, más que su propia composición específica.

4. Conclusiones

La riqueza y la composición de especies por usos de suelo son diferente en las fincas ganaderas doble propósito del valle de Sico y Paulaya. Siendo los bosques y las áreas de conservación hídrica los que presentaron mayor conservación de diversidad arbórea. Sin embargo, a pesar de la baja densidad de individuos dentro de las pasturas, aún existen en estas un considerable número de especies conservadas. Las tres especies más importantes en potreros fueron *M. schomburgkii, C. alliodora y A. cohune*, en CV *G. sepium, E. fusca y C. alliodora*, en ACH *M. schomburgkii, S. macrophylla, F. insípida* y en bosques *P. izabalensis, D. guianense, T. panamensis.*

En las fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, los bosques y áreas de conservación hídricas son el uso de suelo que más carbono almacena por unidad de área, seguido por las cercas vivas y los potreros.

No se demostró efecto alguno de la diversidad taxonómica sobre las reservas de carbono, sin embargo, la densidad de individuos sí influye en el carbono de los sistemas ganaderos del valle.

5. Recomendaciones

Se recomienda evaluar a nivel de paisaje la conectividad de especies aportada por los usos de suelo de las fincas ganaderas, esto debido a que el valle es una matriz pecuaria entre dos ecosistemas que albergan una gran diversidad de flora y fauna, lo cual puede estar afectando el movimiento de especies entre ambas masas boscosas.

Se recomienda la inclusión de proyectos que promuevan el conocimiento de otras especies arbóreas apropiadas para la zona, para ser incluidas como cercas vivas y de esta manera contribuir al incremento de la diversidad de este uso de suelo y, a su vez, contribuir a la conectividad de fauna silvestre y promover otros servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono.

6. Bibliografía

AVSF (Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras). 2014. Otra ganadería es posible (en línea). Nogent sur Marne Francia. Consultado: 16 oct. 2016. p.82. Disponible en: https://www.avsf.org/public/posts/635/otra-ganaderia-es-posible-en-venezuela.pdf.

Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, J; Robledo, C. 2008. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. Regresión con variables auxiliares (dummies):136-141.

Bennett, A. F. (1998). Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectitividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de conservación de Bosques. Conservando los Ecosistemas Boscosos Serie No. 1 IUCN. 276p.

Bunker, D. E; DeClerck, F; Bradford, J. C; Colwell, R. K; Perfecto, I; Phillips, O. L; ... & Naeem, S. (2005). Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest. Science, 310(5750), 1029-1031.

Caicedo, A. WJ. 2016. Diversidad y almacenamiento de carbono, en dos sitios con diferente grado de intensificación de uso de suelo de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 89p.

Casanoves, F; Pla, L; Di Rienzo, J. A. & Díaz, S. (2010). FDiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity. Methods in Ecology and Evolution, 2(3), 233-237.

Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; & Kleinn, C. (2001). Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Agroforestería en las Américas, 8(30), 17-20.

Chacón, M, Harvey, C.A; Delgado D. 2003. Diversidad arbórea y almacenamiento de carbono en un paisaje fragmentado del bosque húmedo de la zona atlántica de Costa Rica (en línea). Turrialba. CR. CATIE (Centro Agronómico de Agricultura Tropical), Consultado 29 de enero de 2003. Disponible en http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2154e/A2154e.pdf.

Chacón, M. y Harvey, C.A. 2013. Reservas de biomasa de árboles dispersos en potreros y mitigación al cambio climático. 2013 Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica (UCR) Costa Rica. 24(1):17-26. 2013 ISSN: 1021-7444. 26p.

Chacon, M; Harvey, CA. 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. Agroforestry systems 681:15-26.

Chave, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, MA; Chambers, JQ; Eamus, D; Fölster, H; Formad, F; Higuchi, N; Kira, T; Lescure, JP; Nelson, BW; Ogawa, H; Puig, H; Riéra, B; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecología 145:87-99.

Chave, J.C; Muller Landau, H.C; Baker, T.R; Easdale, T.A; ter Steege, H; Webb, C.O. (2006) Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. Ecological Applications, 16: 2356-2367.CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) 2010. Listados Actualizados de las Especiesde Fauna y Flora. Incluidas en los Apéndices de la CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana.117p.

Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. (On line) Version 9 and earlier. User's Guide and application. Published at: http://purl.oclc.org/estimates.

Cox, T.F; Cox, M. A. (2001). Multidimensional Scaling. 2ª ed. Chapman & Hall. CRC. 313p.

Curtis, JT; McIntosh, RP. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 313:434-455.

Detlefsen, G; Marmillod, D; Scheelje, M; Ibrahim, M. 2012. Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE División de Investigación y Desarrollo Turrialba, Costa Rica. 36p.

Detlefsen, G. y Somarriba 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. CATIE-Proyecto FINNFOR Bosques y Manejo Forestal en America Central. Turrialba, Costa Rica. 244p.

Di Rienzo, J. A; Casanoves, F; Pla, L; Vílchez, S; & Di Rienzo, M. J. (2010). Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. Revista Latinoamericana de Conservación Latin American Journal of Conservation.

Doblado A. LS. 2011. Identificación y caracterización de tipos de bosque y su relación con variables ambientales, en un paisaje fragmentado al Norte de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61p.

Duffy, B. A. (2016). Trees in the Agricultural Matrix: Reforestation Processes in a Tropical Dry Landscape in Chinandega, Nicaragua.

Enquist, B.J; Niklas, K.J; 2001. Invariant scaling relations across tree-dominated communities. Nature. 410, 655-660.

Estrada, A. (2008). Fragmentación de la selva y agroecosistemas como reservorio de conservación de la fauna silvestre en Los Tuxtlas, México. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica, CA Harvey y JC Sáenz (eds.). Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, 327-348.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. Protocolo de Kioto (en línea). Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático (CMNUCC). Consultado: 06 oct. 2016. p25. Disponible en: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1992. Convenio sobre diversidad biológica. Consultado: 06 oct. 2016. p25. Disponible en: https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf.

Flores, J y Manzanares, D. 2014. Estrategia para la incorporación de los ganaderos en los esfuerzos de conservación de los bosques en la región del Valle de Sico-Paulaya, Honduras. CATIE, Honduras.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. Ganadería mundial 2011 – La ganadería en la seguridad alimentaria (en línea). Consultado 02 oct. 2016. Roma, FAO. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/016/i2373s/i2373s00.pdf.

Guevara, S; Laborde, J; & Sánchez-Ríos, G. (2005). Los árboles que la selva dejó atrás. Interciencia, 30(10), 595-601.

Gutiérrez, G. A; Suárez, J. C; Carrillo, F. Á; & Orjuela, J. A. 2012. Árboles dispersos en potreros y conectividad estructural en el paisaje de fincas ganaderas de la amazonia colombiana. Ingenierías & Amazonia, 5(1).

Hassan, J. 2011. El ciclo de vida en la producción de leche y la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero en fincas doble propósito de la península de Azuero, República de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE: 144 p.

Harvey, CA; Villanueva, C; Villacis, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. Agroforestería en las Américas 1039-40:30-39.

Harvey, CA; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems & Environment 1111:200-230.

Harvey, C.A; Alpizar, F; Chacón, M. and Madrigal, R. 2005. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives. Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC), San José, Costa Rica. 140 pp.

Harvey, CA; Alpízar, F; Madrigal, R. 2006. Mejores prácticas de manejo para asegurar la provisión de servicios ecológicos en sistemas agrícolas y forestales en América Latina.

Harvey, CA; Villanueva, C; Esquivel, H; Gómez, R; Ibrahim, M; López, M; Martínez, J; Muñoz, D; Restrepo, C; Sáenz, JC. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. Forest Ecology and Management 26110:1664-1674.

Harvey, C. A; & Sáenz, J. C. (2008). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. 1ª ed. Santo Domingo de Heredia. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). p600.

Harvey, CA; Tucker, NI; Estrada, A. 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, DC:261-289.

Harvey, C.A; & W.A. Haber. 1999. Remanent trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. Agrof. Systems. 44: 37-68.

Henry, M; Bombelli, A; Trotta, C; Alessandrini, A; Birigazzi, L; Sola, G; ... & Picard, N. (2013). GlobAllomeTree: international platform for tree allometric equations to support volume, biomass and carbon assessment. iForest-Biogeosciences and Forestry, 6(6), 326.

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 arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas. No. 45. 36p.

ICF (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestas Áreas Protegidas y Vida Silvestre). 2015. Atlas municipal y forestal y cobertura de la tierra. Municipio de Iriona, Colon. Colon, Hn; Esc. 12B p.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry (en línea). Consultado: Sept. 2016. 628p. Disponible: http://www.ipcc-nggip-iges.or.jp.

_____ 2006. Emisiones resultantes de las gestiones del ganado y del estiércol. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea). Consultado 26 ago. 2016. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

Kruskal, J. B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness-of-fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika, 29, 1–28.

Kirby, K. R; Potvin, C; y Guerrero, N. 2009. Variación en el almacenamiento de C entre especies de árboles: Implicaciones para el manejo de proyectos sobre sumideros de carbono a pequeña escala. (Versión en español del artículo: Kirby, K. and Potvin, C. 2007. Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. Forest Ecology and Management 246: 208-221.)

Ludeña, C.E, M. Salomon, M. Cocco, C. Dannecker, J. Grütter y S. Zelaya. 2015. Identificación y priorización de Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMA) en los sectores de agricultura, transporte y eco-fogones en Honduras (en línea). Banco Interamericano de Desarrollo, Consultado: 07 oct. 2016. Monografía No. 343. Washington, DC. Disponible en: https://publications.iadb.org/handle/11319/7286.

Magurran, A. E. & McGill, B. J. (2011). Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press.. Estimating species richness. (Gotelli NJ. and Colwell RK) Charter 4.

Magurran, AE. 2014. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. 1ª ed. Blackwell Publishing Company. Oxford University Press Oxford. 255p.

Martella,. MB. Trumper EV. Bellis LM. Renison, D. Giordano, PF. Bazzano, G. Gleiser, RM. 2012. Manual de Ecología: Evaluación de la biodiversidad (en línea). Cátedra de Ecología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Velez Sarsfield 299 (5000). Córdoba, Argentina. Consultado: 29 Sept 2016. 115p. Disponible en: http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/917

McGroddy, M. E; Lerner, A. M; Burbano, D. V; Schneider, L. C; & Rudel, T. K. (2015). Carbon stocks in silvopastoral systems: A study from four communities in southeastern Ecuador. Biotropica, 47(4), 407-415.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Murguiitio, R. E. 2012. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. Pastos y Forrajes, Consultado: 16 oct. 2016. [S.l.], v. 23, n. 3, feb. 2012. Disponible en: http://payfo.ihatuey.cu/index.php/pasto/article/view/940/442.

Návar-Cháidez, J. D. J; & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. Polibotánica, (27), 71-87.

Norales R.A. 2007. Análisis socioeconómico del estado actual y potencial de la ganadería bovina en el municipio de Iriona departamento de Colón, Honduras (en línea). Tesis Ing. Zamorano. Tegucigalpa, Hn. 21 p. Consultado: ago. 2016. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/817/1/T2454.pdf.

Nova, G. G. y Caro, B. FM. 1991. Reforestación de Microcuencas (en línea). Especies que debemos utilizar en una microcuenca. Consultado: 10 oct. 2016. 28p. Disponible en: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/reforestacion_microcuencas/reforestacion4.html.

Noy-Meir, E. 2005. Producción ganadera y conservación de la biodiversidad: Conflictos y soluciones (en línea). Facultad de Agricultura, Universidad Hebrea de Jerusalén. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Consultado: 02 oct. 2016. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/147-conservacion_biodiversidad.pdf.

Pignataro, AG, Tacher, SIL, Rivera, ARJ, Toral, JN, Espinosa, MG, y Carmona, NR (2016). Los sistemas silvopastoriles de la etnia Maya Chol en el sur de México: estrategias con una base tradicional. Journal of Environmental Management, 181, 363-373.

Portillo-Reyes, H.O. 2007. Recopilación de la Información Sobre la Biodiversidad de Honduras. Informe Final de Consultaría. Tegucigalpa: INBIO-DiBio. 22p.

Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real. P. 1997. Mensura Forestal. IICA/GTZ. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Dostenible. San José, Costa Rica. ISSN 1027-2631; no. A1/SC-97-01, no.1. 586p.

Ramírez, E. JG. 2009. Diagnóstico de la producción de carne bovina en Honduras (en línea). Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Lic. Zamorano, Hn; (Escuela Agrícola Panamericana). 25 p. Consultado: sept. 2016. Disponible en http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/208/1/T2820.pdf.

Ramos-Montaño, C; & García-Conde, M. R. 2013. Ecosystem characteristics associated with livestock farming in the Arauca department (Colombia): challenges regarding climate change. ORINOQUIA, 20(1), 28-38.

República de Honduras Visión de País 2010 – 2038 y Plan de Nación 2010- 2022 (en línea). Presentados para consideración del Soberano Congreso Nacional - enero 2010. Consultado: 07 oct. 2016. p. 176. Disponible en: http://www.unicef.org/honduras/Vision_de_Pais_2038.pdf.

Rodríguez, S. N. 2013. Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación (en línea). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-Car Subdirección de administración de los recursos naturales y áreas protegidas. Consultado 22 sept. 2016. Bogotá D.C. Colombia. Disponible en: https://www.google.com/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Nathaly+Rodr%C3%ADguez+Santos.+Gu%C3%ADa+para+la+cuantificaci%C3%B3n+de+la+biomasa+y+el+carbono+forestal%2C+generaci%C3%B3n+de+modelos+y+uso+de+herramientas+para+su+estimaci%C3%B3n.

Russo, R. y Botero, R. 2014. Ganadería entre los árboles para recuperar equilibrios ecológicos (en línea). Ambientico. jul. 2014. #245. Consultado: 16 oct. 2016. P 3-7. Disponible en: http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientico/245.pdf.

Sánchez, D. Villanueva, C; Rusch, G. M; Ibrahim, M. DeClerck F. 2013. Estado del Recurso Arbóreo en Fincas Ganaderas y su Contribución en la Sostenibilidad de la Producción en Rivas, Nicaragua (en línea). 1 ed. – Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2013. Consultado 6 de oct 2016. Serie técnica. Boletín técnico / CATIE; no.60. p50. Disponible en: http://funcitree.nina.no/Portals/ft/Documents/ESTADO%20DEL%20RECURSO%20ARB%C3%93REO%20EN%20FINCAS%20GANADERAS.pdf.

Sánchez, D; Hervey, CA; Grijalva, A; Medina, A; Vílchez, S; Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua.

SEPLAN (Secretaría Técnica de Planificación y Cooperación Externa) 2011. Plan de desarrollo municipal con enfoque de ordenamiento territorial (PDM-OT 2011-2030) Iriona, Colón. p210.

SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente). 2010. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Honduras (en línea). Tegucigalpa, Hn, Consultado 05 oct. 2016. Disponible en http://faolex.fao.org/docs/pdf/hon148589.pdf.

SERNA/DiBio (Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente/Direción de Biodiversidad) 2001. Estudio Sobre Diversidad Biológica de la República de Honduras. Primera Edición. Editorial Multiprints. Tegucigalpa.

SERNA/DiBio (Secretaría de Recursos Naturales y del Ambiente/Dirección de Biodiversidad) 2001. Especies de Preocupación Especial en Honduras. Mejía TM; Ordoñez y House PR. Eds. Tegucigalpa. 76p.

Trautman-Richers, BT. 2007. Factores que influyen en el diseño, implementación y manejo de sistemas silvopastoriles con características que favorezcan la conservación de la biodiversidad en Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE: 171 p.

USAID (Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2016. en línea. "Programa Regional de Cambio Climático: dos años de logros" (PRCC) (Documental). CATIE. Consultado 07 oct 2016. 5 min. Sep; son; color. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=yX7QwJmQkU8.

Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Esquive, H. 2003. Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas Vol. 10 Nº 39-402003. 16p.

Villanueva-Partida, C; Casanova-Lugo, F; Villanueva-López, G; González-Valdivia, N; Oros-Ortega, I; & Díaz-Echeverría, V. (2016). Influence of the density of scattered trees in pastures on the structure and species composition of tree and grass cover in southern Tabasco, Mexico. Agriculture, Ecosystems & Environment, 232, 1-8.

Zanne, AE; López-González, G.*, Coomes, DA; Ilic, J; Jansen, S; Lewis, S.L; Miller, RB; Swenson, NG; Wiemann, MC; and Chave, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: http://hdl.handle.net/10255/dryad.235.

Zamora, V. N. 2000. Árboles de la Mosquitia Hondureña Descripción de 150 especies. (No. 43). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 334p.

7. Anexos

Anexo 1: Listado general de especies y sus familias

No	Especies	Familias
1	*Acrocomia aculeata*	*Arecaceae*
2	*Albizia adinocephala*	*Mimosaceae*
3	*Albizia niopoides*	*Mimosaceae*
4	*Alchornea latifolia*	*Euphorbiaceae*
5	*Alchorneopsis floribunda*	*Euphorbiaceae*
6	*Alseis hondurensis*	*Rubiaceae*
7	*Ampelocera hottlei*	*Ulmaceae*
8	*Ampelocera macrocarpa*	*Ulmaceae*
9	*Anacardium occidentale*	*Anacardiaceae*
10	*Andira inermis*	*Fabaceae*
11	*Annona muricata*	*Annonaceae*
12	*Annonaceae*	*Annonaceae*
13	*Apeiba membranacea*	*Malvaceae*
14	*Astrocaryum alatum*	*Arecaceae*
15	*Astrocaryum mexicanum*	*Arecaceae*
16	*Astronium graveolens*	*Anacardiaceae*
17	*Attalea cohune*	*Arecaceae*
18	*Banara guianensis*	*Salicaceae*
19	*Banara sp*	*Salicaceae*
20	*Bellucia pentamera*	*Melastomataceae*
21	*Billia hippocastanum*	*Sapindaceae*
22	*Brosimum alicastrum*	*Moraceae*
23	*Brosimum guianense*	*Moraceae*
24	*Bunchosia petenensis*	*Malpighiaceae*
25	*Bursera simaruba*	*Burseraceae*
26	*Byrsonima crassifolia*	*Malpighiaceae*
27	*Calophyllum brasiliense*	*Calophyllaceae*
28	*Calyptranthes chytraculia*	*Myrtaceae*
29	*Calyptranthes perlaevigata*	*Myrtaceae*
30	*Carapa guianensis*	*Meliaceae*
31	*Carpotroche platyptera*	*Flacourtiaceae*
32	*Casearia sp*	*Salicaceae*
33	*Casearia sylvestris*	*Salicaceae*
34	*Cassia grandis*	*Fabaceae*
35	*Cassipourea elliptica*	*Rhizophoraceae*
36	*Castilla elastica*	*Moraceae*
37	*Castilla tunu*	*Moraceae*
38	*Cecropia insignis*	*Urticaceae*

39	*Cecropia obtusifolia*	*Urticaceae*
40	*Cecropia peltata*	*Urticaceae*
41	*Cedrela odorata*	*Meliaceae*
42	*Ceiba pentandra*	*Malvaceae*
43	*Celtis sp*	*Cannabaceae*
44	*Cespedesia macrophylla*	*Ochnaceae*
45	*Chimarrhis parviflora*	*Rubiaceae*
46	*Chrysophyllum mexicanum*	*Sapotaceae*
47	*Citharexylum caudatum*	*Verbenaceae*
48	*Citrus aurantiifolia*	*Rutaceae*
49	*Citrus aurantium*	*Rutaceae*
50	*Citrus limetta*	*Rutaceae*
51	*Citrus limon*	*Rutaceae*
52	*Citrus sinensis*	*Rutaceae*
53	*Citrus sp*	*Rutaceae*
54	*Citrus x paradisi*	*Rutaceae*
55	*Clethra macrophylla*	*Clethraceae*
56	*Coccoloba belizensis*	*Polygonaceae*
57	*Coccoloba swartzii*	*Polygonaceae*
58	*Coccoloba tuerckheimii*	*Polygonaceae*
59	*Cocos nucifera*	*Arecaceae*
60	*Cojoba arborea*	*Mimosaceae*
61	*Colubrina glandulosa*	*Rhamnaceae*
62	*Cordia alliodora*	*Boraginaceae*
63	*Cordia bicolor*	*Boraginaceae*
64	*Crescentia alata*	*Bignoniaceae*
65	*Critonia sexangularis*	*Asteraceae*
66	*Croton schiedeanus*	*Euphorbiaceae*
67	*Croton sp1*	*Euphorbiaceae*
68	*Croton sp2*	*Euphorbiaceae*
69	*Cupania cubensis*	*Sapindaceae*
70	*Cupania dentata*	*Sapindaceae*
71	*Cupania glabra*	*Sapindaceae*
72	*Cupania juglandifolia*	*Sapindaceae*
73	*Cyathea costaricensis*	*Cyatheaceae*
74	*Cynometra retusa*	*Fabaceae*
75	*Dalbergia cubilquitzensis*	*Fabaceae*
76	*Dendropanax arboreus*	*Araliaceae*
77	*Dialium guianense*	*Caesalpiniaceae*
78	*Dussia martinicensis*	*Fabaceae*
79	*Elaeis oleifera*	*Arecaceae*
80	*Elaeocarpaceae*	*Elaeocarpaceae*

81	*Enterolobium cyclocarpum*	*Mimosaceae*
82	*Erythrina berteroana*	*Fabaceae*
83	*Erythrina fusca*	*Fabaceae*
84	*Erythrina poeppigiana*	*Fabaceae*
85	*Eugenia farameoides*	*Myrtaceae*
86	*Eugenia galalonensis*	*Myrtaceae*
87	*Eugenia koepperi*	*Myristicaceae*
88	*Euterpe precatoria*	*Arecaceae*
89	*Faramea sp*	*Rubiaceae*
90	*Ficus insipida*	*Moraceae*
91	*Ficus maxima*	*Moraceae*
92	*Ficus velutina*	*Moraceae*
93	*Ficus werckleana*	*Moraceae*
94	*Ficus yaponensis*	*Moraceae*
95	*Garcinia intermedia*	*Clusiaceae*
96	*Gliricidia sepium*	*Fabaceae*
97	*Glossostipula strigosa*	*Rubiaceae*
98	*Goethalsia meiantha*	*Malvaceae*
99	*Guarea glabra*	*Meliaceae*
100	*Guarea grandifolia*	*Meliaceae*
101	*Guazuma ulmifolia*	*Malvaceae*
102	*Guettarda combsii*	*Rubiaceae*
103	*Gymnanthes concolor*	*Euphorbiaceae*
104	*Hasseltia floribunda*	*Salicaceae*
105	*Hernandia stenura*	*Hernandiaceae*
106	*Hiraea smilacina*	*Malpighiaceae*
107	*Hirtella americana*	*Chrysobalanaceae*
108	*Hyeronima alchorneoides*	*Euphorbiaceae*
109	*Hymenaea courbaril*	*Caesalpiniaceae*
110	*Hymenolobium mesoamericanum*	*Fabaceae*
111	*Ilex guianensis*	*Aquifoliaceae*
112	*Ilex tectonica*	*Aquifoliaceae*
113	*Inga cocleensis*	*Fabaceae*
114	*Inga edulis*	*Fabaceae*
115	*Inga leiocalycina*	*Fabaceae*
116	*Inga oerstediana*	*Fabaceae*
117	*Inga punctata*	*Fabaceae*
118	*Inga sapindoides*	*Fabaceae*
119	*Inga thibaudiana*	*Fabaceae*
120	*Inga vera*	*Fabaceae*
121	*Inga yuncheri*	*Fabaceae*
122	*Jacaranda copaia*	*Bignoniaceae*

123	*Lacistema aggregatum*	*Lacistemataceae*
124	*Laetia procera*	*Flacourtiaceae*
125	*Lauraceae*	*Lauraceae*
126	*Licania sp*	*Chrysobalanaceae*
127	*Licania sparsipilis*	*Chrysobalanaceae*
128	*Licaria capitata*	*Lauraceae*
129	*Licaria triandra*	*Lauraceae*
130	*Lonchocarpus guatemalensis*	*Fabaceae*
131	*Lonchocarpus hondurensis*	*Fabaceae*
132	*Lonchocarpus rugosus*	*Fabaceae*
133	*Lonchocarpus schiedeanus*	*Fabaceae*
134	*Luehea seemannii*	*Malvaceae*
135	*Maclura tinctoria*	*Moraceae*
136	*Macrohasseltia macroterantha*	*Flacourtiaceae*
137	*Malouetia guatemalensis*	*Apocynaceae*
138	*Mangifera indica*	*Anacardiaceae*
139	*Manilkara zapota*	*Sapotaceae*
140	*Maranthes panamensis*	*Chrysobalanaceae*
141	*Matayba apetala*	*Sapindaceae*
142	*Matayba oppositifolia*	*Meliaceae*
143	*Meliosma glabrata*	*Sabiaceae*
144	*Miconia argentea*	*Melastomataceae*
145	*Miconia hondurensis*	*Melastomataceae*
146	*Miconia ligulata*	*Melastomataceae*
147	*Miconia poeppigii*	*Melastomataceae*
148	*Miconia sp*	*Melastomataceae*
149	*Mimosa schomburgkii*	*Fabaceae*
150	*Morinda panamensis*	*Rubiaceae*
151	*Mosannona depressa*	*Annonaceae*
152	*Naucleopsis naga*	*Moraceae*
153	*Nectandra cuspidata*	*Lauraceae*
154	*Nectandra hihua*	*Lauraceae*
155	*Neea psychotrioides*	*Nyctaginaceae*
156	*Ochroma pyramidale*	*Malvaceae*
157	*Ocotea canaliculata*	*Lauraceae*
158	*Ocotea dendrodaphne*	*Lauraceae*
159	*Ormosia coccinea*	*Fabaceae*
160	*Ouratea sp*	*Ochnaceae*
161	*Ouratea valerioi*	*Ochnaceae*
162	*Pachira aquatica*	*Malvaceae*
163	*Parathesis lepidota*	*Primulaceae*
164	*Pera arborea*	*Euphorbiaceae*

165	*Pera barbellata*	*Euphorbiaceae*
166	*Persea americana*	*Lauraceae*
167	*Picramnia antidesma*	*Picramniaceae*
168	*Pleuranthodendron lindenii*	*Salicaceae*
169	*Podocarpus guatemalensis*	*Podocarpaceae*
170	*Podocarpus oleifolius*	*Podocarpaceae*
171	*Posoqueria latifolia*	*Rubiaceae*
172	*Pourouma bicolor*	*Urticaceae*
173	*Pouteria belizensis*	*Sapotaceae*
174	*Pouteria izabalensis*	*Sapotaceae*
175	*Pouteria reticulata*	*Sapotaceae*
176	*Pouteria sapota*	*Sapotaceae*
177	*Protium costaricense*	*Burseraceae*
178	*Protium Schippi*	*Burseraceae*
179	*Protium sp*	*Burseraceae*
180	*Pseudolmedia glabrata*	*Moraceae*
181	*Pseudosamanea guachapele*	*Mimosaceae*
182	*Psidium guajava*	*Myrtaceae*
183	*Psychotria nervosa*	*Rubiaceae*
184	*Psychotria sp*	*Rubiaceae*
185	*Pterocarpus officinalis*	*Fabaceae*
186	*Pterocarpus rohrii*	*Fabaceae*
187	*Quercus oleoides*	*Fagaceae*
188	*Quiina macrophylla*	*Ochnaceae*
189	*Roupala glaberrima*	*Proteaceae*
190	*Sabal mauritiiformis*	*Arecaceae*
191	*Salix humboldtiana*	*Salicaceae*
192	*Sapium glandulosum*	*Euphorbiaceae*
193	*Saurauia selerorum*	*Actinidiaceae*
194	*Schefflera morototoni*	*Araliaceae*
195	*Schizolobium parahyba*	*Caesalpiniaceae*
196	*Senna bacillaris*	*Fabaceae*
197	*Senna siamea*	*Caesalpiniaceae*
198	*Sideroxylon contrerasii*	*Sapotaceae*
199	*Simarouba amara*	*Simaroubaceae*
200	*Simarouba glauca*	*Simaroubaceae*
201	*Sloanea faginea*	*Elaeocarpaceae*
202	*Sloanea picapica*	*Elaeocarpaceae*
203	*Sloanea tuerckheimii*	*Elaeocarpaceae*
204	*Sommera montana*	*Rubiaceae*
205	*Spondias mombin*	*Anacardiaceae*
206	*Spondias purpurea*	*Anacardiaceae*

207	*Spondias radlkoferi*	*Anacardiaceae*
208	*Sterculia apetala*	*Malvaceae*
209	*Swartzia simplex*	*Fabaceae*
210	*Swartzia sp*	*Fabaceae*
211	*Swietenia macrophylla*	*Meliaceae*
212	*Symphonia globulifera*	*Clusiaceae*
213	*Syzygium malaccense*	*Myrtaceae*
214	*Tabebuia donnell-smithii*	*Bignoniaceae*
215	*Tabebuia guayacan*	*Bignoniaceae*
216	*Tabernaemontana donnell-smithii*	*Apocynaceae*
217	*Tamarindus indica*	*Fabaceae*
218	*Tapirira guianensis*	*Anacardiaceae*
219	*Tectona grandis*	*Lamiaceae*
220	*Tephrosia sp*	*Fabaceae*
221	*Terminalia amazonia*	*Combretaceae*
222	*Terminalia oblonga*	*Combretaceae*
223	*Tetragastris panamensis*	*Burseraceae*
224	*Thevetia ahouai*	*Apocynaceae*
225	*Trichilia pallida*	*Meliaceae*
226	*Trichospermum grewiifolium*	*Malvaceae*
227	*Trichospermum mexicanum*	*Malvaceae*
228	*Trophis racemosa*	*Moraceae*
229	*Turpinia occidentalis*	*Staphyleaceae*
230	*Ulmus mexicana*	*Ulmaceae*
231	*Vatairea lundellii*	*Fabaceae*
232	*Vernonanthura patens*	*Asteraceae*
233	*Virola elongata*	*Myristicaceae*
234	*Virola koschnyi*	*Myristicaceae*
235	*Virola multiflora*	*Myristicaceae*
236	*Virola sebifera*	*Myristicaceae*
237	*Vismia baccifera*	*Hypericaceae*
238	*Vismia mexicana*	*Hypericaceae*
239	*Vochysia ferruginea*	*Vochysiaceae*
240	*Vochysia guatemalensis*	*Vochysiaceae*
241	*Xylopia aromatica*	*Anacardiaceae*
242	*Xylopia frutescens*	*Annonaceae*
243	*Xylosma oligandra*	*Salicaceae*
244	*Zanthoxylum acuminatum*	*Rutaceae*
245	*Zanthoxylum caribaeum*	*Rutaceae*
246	*Zanthoxylum rhoifolium*	*Rutaceae*
247	*Zuelania guidonia*	*Salicaceae*
248	*Zygia longifolia*	*Fabaceae*

Anexo 2: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en potreros con árboles dispersos de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

No	Especies	AR	DR	FR	IVI
1	*Mimosa schomburgkii*	27.414	12.794	10.032	16.747
2	*Cordia alliodora*	9.909	5.555	7.767	7.744
3	*Attalea cohune*	6.740	10.207	5.933	7.627
4	*Zanthoxylum acuminatum*	2.918	3.423	3.883	3.408
5	*Salix humboldtiana*	2.817	6.716	0.647	3.393
6	*Terminalia amazonia*	2.616	2.466	1.834	2.305
7	*Byrsonima crassifolia*	2.666	0.943	3.020	2.210
8	*Inga cocleensis*	2.163	1.276	1.834	1.758
9	*Cordia bicolor*	1.962	1.105	2.050	1.705
10	*Spondias mombin*	1.408	1.845	1.726	1.660
11	*Ficus insipida*	0.755	2.704	1.187	1.548
12	*Vochysia guatemalensis*	1.207	1.945	1.402	1.518
13	*Ochroma pyramidale*	0.905	2.647	0.863	1.472
14	*Pterocarpus officinalis*	1.006	1.319	1.942	1.422
15	*Ceiba pentandra*	0.402	2.741	0.755	1.300
16	*Tabebuia guayacan*	0.905	1.103	1.834	1.281
17	*Luehea seemannii*	0.905	1.370	1.510	1.262
18	*Inga edulis*	1.610	0.794	1.294	1.233
19	*Elaeis oleifera*	0.654	1.749	0.971	1.125
20	*Bursera simaruba*	0.905	0.699	1.726	1.110
21	*Dalbergia cubilquitzensis*	1.006	0.627	1.510	1.048
22	*Pouteria sapota*	0.553	1.516	0.971	1.014
23	*Sapium glandulosum*	0.453	2.259	0.216	0.976
24	*Psidium guajava*	1.157	0.651	1.079	0.962
25	*Dialium guianense*	0.755	0.885	1.187	0.942
26	*Brosimum alicastrum*	0.352	1.446	0.755	0.851
27	*Swietenia macrophylla*	0.704	0.702	1.079	0.828
28	*Schizolobium parahyba*	0.755	0.533	1.187	0.825
29	*Albizia adinocephala*	0.654	0.623	1.187	0.821
30	*Andira inermis*	0.654	0.509	1.294	0.819
31	*Spondias radlkoferi*	0.604	0.844	0.971	0.806
32	*Coccoloba tuerckheimii*	0.704	0.434	1.187	0.775
33	*Cojoba arborea*	0.352	1.105	0.755	0.737
34	*Mangifera indica*	0.302	1.266	0.539	0.702
35	*Virola koschnyi*	0.302	1.135	0.647	0.695
36	*Vatairea lundellii*	0.352	1.028	0.647	0.676
37	*Terminalia oblonga*	0.252	1.338	0.431	0.674
38	*Trichospermum mexicanum*	0.553	0.454	0.863	0.624
39	*Inga punctata*	0.553	0.231	1.079	0.621

40	*Zuelania guidonia*	0.604	0.241	0.863	0.569
41	*Symphonia globulifera*	0.453	0.674	0.539	0.555
42	*Tetragastris panamensis*	0.402	0.479	0.755	0.546
43	*Inga sapindoides*	0.553	0.296	0.755	0.535
44	*Brosimum guianense*	0.402	0.443	0.755	0.533
45	*Calophyllum brasiliense*	0.553	0.805	0.216	0.525
46	*Persea americana*	0.453	0.325	0.755	0.511
47	*Schefflera morototoni*	0.402	0.414	0.647	0.488
48	*Cedrela odorata*	0.352	0.457	0.647	0.485
49	*Cecropia obtusifolia*	0.553	0.343	0.539	0.479
50	*Xylopia frutescens*	0.553	0.143	0.647	0.448
51	*Cecropia peltata*	0.402	0.180	0.755	0.446
52	*Citrus sinensis*	0.604	0.256	0.431	0.430
53	*Ficus yaponensis*	0.252	0.499	0.539	0.430
54	*Vochysia ferruginea*	0.352	0.490	0.431	0.425
55	*Ocotea canaliculata*	0.352	0.150	0.755	0.419
56	*Gliricidia sepium*	0.402	0.141	0.647	0.397
57	*Erythrina fusca*	0.151	0.842	0.108	0.367
58	*Cecropia insignis*	0.302	0.146	0.647	0.365
59	*Astronium graveolens*	0.252	0.303	0.539	0.364
60	*Inga oerstediana*	0.352	0.260	0.431	0.348
61	*Licaria triandra*	0.252	0.250	0.539	0.347
62	*Pachira aquatica*	0.252	0.236	0.539	0.342
63	*Matayba oppositifolia*	0.252	0.440	0.324	0.338
64	*Macrohasseltia macroterantha*	0.151	0.473	0.324	0.316
65	*Coccoloba belizensis*	0.050	0.781	0.108	0.313
66	*Protium costaricense*	0.201	0.295	0.431	0.309
67	*Simarouba amara*	0.201	0.275	0.431	0.302
68	*Castilla elastica*	0.201	0.254	0.431	0.295
69	*Jacaranda copaia*	0.201	0.451	0.216	0.289
70	*Casearia sylvestris*	0.252	0.165	0.431	0.283
71	*Protium Schippi*	0.302	0.101	0.431	0.278
72	*Pouteria izabalensis*	0.151	0.542	0.108	0.267
73	*Guazuma ulmifolia*	0.201	0.154	0.431	0.262
74	*Lonchocarpus guatemalensis*	0.201	0.182	0.324	0.236
75	*Hymenaea courbaril*	0.101	0.378	0.216	0.231
76	*Vismia mexicana*	0.302	0.037	0.324	0.221
77	*Miconia poeppigii*	0.252	0.065	0.324	0.213
78	*Bellucia pentamera*	0.252	0.058	0.324	0.211
79	*Cocos nucifera*	0.252	0.164	0.216	0.210
80	*Guarea grandifolia*	0.151	0.125	0.324	0.200
81	*Acrocomia aculeata*	0.151	0.119	0.324	0.198

82	*Tectona grandis*	0.151	0.119	0.324	0.198
83	*Inga vera*	0.201	0.169	0.216	0.195
84	*Colubrina glandulosa*	0.151	0.105	0.324	0.193
85	*Cassia grandis*	0.101	0.262	0.216	0.193
86	*Tabebuia donnell-smithii*	0.101	0.228	0.216	0.182
87	*Ficus werckleana*	0.101	0.223	0.216	0.180
88	*Miconia ligulata*	0.151	0.034	0.324	0.170
89	*Alchorneopsis floribunda*	0.101	0.164	0.216	0.160
90	*Apeiba membranacea*	0.050	0.321	0.108	0.160
91	*Croton sp1*	0.201	0.161	0.108	0.157
92	*Protium sp*	0.151	0.095	0.216	0.154
93	*Cespedesia macrophylla*	0.101	0.115	0.216	0.144
94	*Dendropanax arboreus*	0.151	0.057	0.216	0.141
95	*Ampelocera macrocarpa*	0.101	0.101	0.216	0.139
96	*Crescentia alata*	0.151	0.050	0.216	0.139
97	*Morinda panamensis*	0.101	0.207	0.108	0.139
98	*Celtis sp*	0.101	0.204	0.108	0.137
99	*Lonchocarpus rugosus*	0.101	0.089	0.216	0.135
100	*Hyeronima alchorneoides*	0.050	0.239	0.108	0.132
101	*Cupania dentata*	0.151	0.028	0.216	0.132
102	*Chrysophyllum mexicanum*	0.201	0.073	0.108	0.127
103	*Laetia procera*	0.050	0.218	0.108	0.125
104	*Coccoloba swartzii*	0.050	0.209	0.108	0.122
105	*Glossostipula strigosa*	0.101	0.050	0.216	0.122
106	*Citharexylum caudatum*	0.101	0.038	0.216	0.118
107	*Hirtella americana*	0.101	0.037	0.216	0.118
108	*Goethalsia meiantha*	0.050	0.184	0.108	0.114
109	*Naucleopsis naga*	0.101	0.023	0.216	0.113
110	*Cupania cubensis*	0.151	0.058	0.108	0.106
111	*Calyptranthes chytraculia*	0.050	0.139	0.108	0.099
112	*Simarouba glauca*	0.050	0.105	0.108	0.088
113	*Swartzia sp*	0.050	0.102	0.108	0.087
114	*Miconia argentea*	0.101	0.051	0.108	0.087
115	*Annona muricata*	0.101	0.036	0.108	0.081
116	*Lonchocarpus schiedeanus*	0.050	0.072	0.108	0.077
117	*Virola multiflora*	0.050	0.072	0.108	0.077
118	*Sloanea tuerckheimii*	0.101	0.022	0.108	0.077
119	*Citrus x paradisi*	0.050	0.072	0.108	0.077
120	*Tamarindus indica*	0.050	0.071	0.108	0.076
121	*Astrocaryum mexicanum*	0.101	0.015	0.108	0.074
122	*Ampelocera hottlei*	0.050	0.063	0.108	0.074
123	*Citrus limon*	0.101	0.010	0.108	0.073

124	*Pera arborea*	0.050	0.060	0.108	0.073
125	*Pseudosamanea guachapele*	0.050	0.060	0.108	0.073
126	*Podocarpus guatemalensis*	0.050	0.059	0.108	0.072
127	*Vernonanthura patens*	0.101	0.008	0.108	0.072
128	*Lonchocarpus hondurensis*	0.050	0.045	0.108	0.068
129	*Mosannona depressa*	0.050	0.045	0.108	0.068
130	*Sterculia apetala*	0.050	0.045	0.108	0.068
131	*Spondias purpurea*	0.050	0.044	0.108	0.067
132	*Pterocarpus rohrii*	0.050	0.044	0.108	0.067
133	*Ilex guianensis*	0.050	0.036	0.108	0.065
134	*Saurauia selerorum*	0.050	0.036	0.108	0.065
135	*Manilkara zapota*	0.050	0.032	0.108	0.064
136	*Hernandia stenura*	0.050	0.032	0.108	0.063
137	*Carapa guianensis*	0.050	0.031	0.108	0.063
138	*Alchornea latifolia*	0.050	0.030	0.108	0.063
139	*Senna siamea*	0.050	0.029	0.108	0.062
140	*Ormosia coccinea*	0.050	0.027	0.108	0.062
141	*Maranthes panamensis*	0.050	0.027	0.108	0.062
142	*Lacistema aggregatum*	0.050	0.026	0.108	0.061
143	*Erythrina berteroana*	0.050	0.024	0.108	0.061
144	*Ocotea dendrodaphne*	0.050	0.021	0.108	0.060
145	*Tephrosia sp*	0.050	0.019	0.108	0.059
146	*Pleuranthodendron lindenii*	0.050	0.018	0.108	0.059
147	*Clethra macrophylla*	0.050	0.013	0.108	0.057
148	*Casearia sp*	0.050	0.012	0.108	0.057
149	*Sloanea faginea*	0.050	0.012	0.108	0.057
150	*Picramnia antidesma*	0.050	0.011	0.108	0.056
151	*Citrus aurantium*	0.050	0.011	0.108	0.056
152	*Vismia baccifera*	0.050	0.008	0.108	0.055
153	*Citrus limetta*	0.050	0.007	0.108	0.055
154	*Anacardium occidentale*	0.050	0.006	0.108	0.055
155	*Neea psychotrioides*	0.050	0.006	0.108	0.055
156	*Citrus aurantiifolia*	0.050	0.004	0.108	0.054
157	*Quercus oleoides*	0.050	0.003	0.108	0.054
158	*Thevetia ahouai*	0.050	0.003	0.108	0.054

Anexo 3: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en cercas vivas de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

No	Especies	AR	DR	FR	IVI
1	*Gliricidia sepium*	81.167	68.553	55.944	68.555
2	*Erythrina fusca*	13.491	17.885	8.392	13.256
3	*Cordia alliodora*	0.936	2.520	8.392	3.949
4	*Swietenia macrophylla*	1.487	4.778	3.497	3.254
5	*Mimosa schomburgkii*	0.275	1.287	3.497	1.686
6	*Erythrina berteroana*	0.936	0.353	2.797	1.362
7	*Psidium guajava*	0.275	0.196	2.098	0.856
8	*Albizia adinocephala*	0.110	0.677	1.399	0.729
9	*Tabebuia guayacan*	0.110	0.374	1.399	0.628
10	*Spondias mombin*	0.110	0.334	1.399	0.614
11	*Guarea grandifolia*	0.055	0.930	0.699	0.561
12	*Hymenaea courbaril*	0.055	0.724	0.699	0.493
13	*Erythrina poeppigiana*	0.220	0.219	0.699	0.379
14	*Virola sebifera*	0.055	0.341	0.699	0.365
15	*Cespedesia macrophylla*	0.055	0.284	0.699	0.346
16	*Colubrina glandulosa*	0.110	0.074	0.699	0.295
17	*Syzygium malaccense*	0.055	0.105	0.699	0.286
18	*Virola koschnyi*	0.055	0.101	0.699	0.285
19	*Pterocarpus officinalis*	0.055	0.046	0.699	0.267
20	*Sabal mauritiiformis*	0.055	0.039	0.699	0.265
21	*Bursera simaruba*	0.055	0.039	0.699	0.265
22	*Citrus aurantium*	0.055	0.039	0.699	0.265
23	*Miconia ligulata*	0.055	0.029	0.699	0.261
24	*Attalea cohune*	0.055	0.025	0.699	0.260
25	*Luehea seemannii*	0.055	0.023	0.699	0.259
26	*Guazuma ulmifolia*	0.055	0.023	0.699	0.259
27	*Morinda panamensis*	0.055	0.023	0.699	0.259

Anexo 4: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en áreas de conservación hídrica de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

No	Especies	AR	DR	FR	IVI
1	*Mimosa schomburgkii*	10.656	9.099	1.613	7.123
2	*Swietenia macrophylla*	6.557	5.295	3.226	5.026
3	*Ficus insipida*	2.049	9.465	2.419	4.645
4	*Pterocarpus officinalis*	3.279	6.201	0.806	3.429
5	*Terminalia amazonia*	2.049	4.551	3.226	3.275
6	*Attalea cohune*	2.869	5.171	1.613	3.218
7	*Luehea seemannii*	1.639	3.042	2.419	2.367

8	*Calophyllum brasiliense*	3.279	2.205	1.613	2.366
9	*Cecropia peltata*	2.869	2.909	0.806	2.195
10	*Brosimum alicastrum*	1.639	3.060	1.613	2.104
11	*Tabernaemontana donnell-smithii*	2.049	0.795	3.226	2.023
12	*Vochysia guatemalensis*	1.639	2.776	1.613	2.009
13	*Gymnanthes concolor*	1.639	3.201	0.806	1.882
14	*Cespedesia macrophylla*	2.049	1.713	1.613	1.792
15	*Dialium guianense*	2.049	1.629	1.613	1.764
16	*Guarea grandifolia*	2.049	1.296	1.613	1.653
17	*Cecropia obtusifolia*	0.820	2.447	1.613	1.626
18	*Inga thibaudiana*	2.049	0.876	1.613	1.513
19	*Inga sapindoides*	2.049	1.507	0.806	1.454
20	*Cordia alliodora*	1.230	1.374	1.613	1.405
21	*Inga vera*	2.459	0.656	0.806	1.307
22	*Salix humboldtiana*	0.820	2.230	0.806	1.285
23	*Apeiba membranacea*	0.410	2.597	0.806	1.271
24	*Guarea glabra*	1.639	0.409	1.613	1.220
25	*Bursera simaruba*	0.820	1.007	1.613	1.146
26	*Trichospermum mexicanum*	1.230	0.540	1.613	1.128
27	*Inga cocleensis*	1.230	0.407	1.613	1.083
28	*Alseis hondurensis*	1.639	0.726	0.806	1.057
29	*Matayba oppositifolia*	1.639	0.431	0.806	0.959
30	*Hyeronima alchorneoides*	0.820	0.388	1.613	0.940
31	*Pouteria reticulata*	0.410	1.534	0.806	0.917
32	*Pouteria izabalensis*	0.820	1.122	0.806	0.916
33	*Hernandia stenura*	0.820	0.307	1.613	0.913
34	*Dalbergia cubilquitzensis*	0.410	1.495	0.806	0.904
35	*Spondias mombin*	0.820	0.264	1.613	0.899
36	*Miconia sp*	0.820	0.241	1.613	0.891
37	*Schefflera morototoni*	0.410	1.343	0.806	0.853
38	*Castilla elastica*	1.230	0.519	0.806	0.852
39	*Malouetia guatemalensis*	0.820	0.805	0.806	0.810
40	*Croton schiedeanus*	0.820	0.626	0.806	0.751
41	*Ilex tectonica*	0.820	0.583	0.806	0.736
42	*Astronium graveolens*	0.820	0.534	0.806	0.720
43	*Zygia longifolia*	0.820	0.484	0.806	0.703
44	*Ocotea canaliculata*	0.820	0.466	0.806	0.698
45	*Alchornea latifolia*	0.820	0.465	0.806	0.697
46	*Maclura tinctoria*	0.820	0.425	0.806	0.684
47	*Ficus yaponensis*	0.410	0.833	0.806	0.683
48	*Ficus velutina*	0.410	0.763	0.806	0.660
49	*Symphonia globulifera*	0.410	0.763	0.806	0.660

50	*Inga yuncheri*	0.820	0.323	0.806	0.650
51	*Lacistema aggregatum*	0.820	0.261	0.806	0.629
52	*Zanthoxylum acuminatum*	0.410	0.656	0.806	0.624
53	*Pouteria sapota*	0.410	0.630	0.806	0.616
54	*Bellucia pentamera*	0.820	0.165	0.806	0.597
55	*Brosimum guianense*	0.410	0.569	0.806	0.595
56	*Ilex guianensis*	0.820	0.150	0.806	0.592
57	*Vatairea lundellii*	0.410	0.510	0.806	0.576
58	*Tetragastris panamensis*	0.410	0.414	0.806	0.543
59	*Hiraea smilacina*	0.410	0.345	0.806	0.520
60	*Hirtella americana*	0.410	0.309	0.806	0.508
61	*Vismia mexicana*	0.410	0.283	0.806	0.500
62	*Nectandra cuspidata*	0.410	0.282	0.806	0.499
63	*Pachira aquatica*	0.410	0.266	0.806	0.494
64	*Xylopia frutescens*	0.410	0.242	0.806	0.486
65	*Virola elongata*	0.410	0.219	0.806	0.479
66	*Croton sp1*	0.410	0.184	0.806	0.467
67	*Inga punctata*	0.410	0.170	0.806	0.462
68	*Alchorneopsis floribunda*	0.410	0.158	0.806	0.458
69	*Cupania juglandifolia*	0.410	0.158	0.806	0.458
70	*Zuelania guidonia*	0.410	0.158	0.806	0.458
71	*Garcinia intermedia*	0.410	0.145	0.806	0.454
72	*Simarouba amara*	0.410	0.139	0.806	0.452
73	*Calyptranthes perlaevigata*	0.410	0.128	0.806	0.448
74	*Carpotroche platyptera*	0.410	0.127	0.806	0.448
75	*Calyptranthes chytraculia*	0.410	0.122	0.806	0.446
76	*Annonaceae*	0.410	0.111	0.806	0.442
77	*Licania sparsipilis*	0.410	0.111	0.806	0.442
78	*Pleuranthodendron lindenii*	0.410	0.106	0.806	0.441
79	*Spondias radlkoferi*	0.410	0.106	0.806	0.441
80	*Macrohasseltia macroterantha*	0.410	0.096	0.806	0.437
81	*Neea psychotrioides*	0.410	0.082	0.806	0.433
82	*Coccoloba tuerckheimii*	0.410	0.073	0.806	0.430
83	*Ficus maxima*	0.410	0.073	0.806	0.430
84	*Hasseltia floribunda*	0.410	0.073	0.806	0.430
85	*Lonchocarpus rugosus*	0.410	0.073	0.806	0.430
86	*Psychotria nervosa*	0.410	0.073	0.806	0.430
87	*Inga leiocalycina*	0.410	0.069	0.806	0.428
88	*Miconia hondurensis*	0.410	0.061	0.806	0.426
89	*Posoqueria latifolia*	0.410	0.061	0.806	0.426
90	*Persea americana*	0.410	0.057	0.806	0.424
91	*Virola sebifera*	0.410	0.049	0.806	0.422

92	*Trichilia pallida*	0.410	0.039	0.806	0.419

Anexo 5: Lista de especies e índice de valor de importancia ecológica en bosques gestionados de fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya Honduras.

No	Especies	AR	DR	FR	IVI
1	*Pouteria izabalensis*	6.869	9.294	3.807	6.657
2	*Dialium guianense*	3.831	8.519	3.553	5.301
3	*Tetragastris panamensis*	3.435	6.151	3.553	4.380
4	*Hernandia stenura*	3.170	4.976	3.046	3.731
5	*Macrohasseltia macroterantha*	1.453	6.440	2.284	3.393
6	*Sloanea faginea*	3.963	1.371	3.046	2.793
7	*Licania sparsipilis*	3.831	2.160	1.523	2.505
8	*Calophyllum brasiliense*	1.982	2.812	2.284	2.359
9	*Vochysia ferruginea*	2.114	2.465	1.777	2.118
10	*Cupania dentata*	2.510	1.126	2.538	2.058
11	*Virola koschnyi*	1.453	1.702	2.030	1.729
12	*Matayba apetala*	2.378	1.181	1.269	1.609
13	*Terminalia amazonia*	1.057	2.306	1.269	1.544
14	*Ampelocera hottlei*	1.321	1.966	1.269	1.519
15	*Xylopia frutescens*	2.246	0.693	1.523	1.487
16	*Trichospermum mexicanum*	2.378	0.737	1.269	1.461
17	*Brosimum guianense*	1.717	1.056	1.523	1.432
18	*Ceiba pentandra*	0.132	3.856	0.254	1.414
19	*Licania sp*	2.378	0.521	1.015	1.305
20	*Cespedesia macrophylla*	2.114	0.459	1.269	1.280
21	*Vochysia guatemalensis*	1.057	1.741	1.015	1.271
22	*Dendropanax arboreus*	1.717	0.939	1.015	1.224
23	*Pera arborea*	1.321	1.180	1.015	1.172
24	*Psychotria sp*	1.453	0.525	1.523	1.167
25	*Euterpe precatoria*	1.717	0.350	1.269	1.112
26	*Protium costaricense*	1.057	1.209	1.015	1.094
27	*Castilla tunu*	0.396	2.030	0.761	1.063
28	*Ulmus mexicana*	0.528	2.029	0.508	1.022
29	*Cupania cubensis*	0.925	1.064	1.015	1.001
30	*Guarea glabra*	1.189	0.468	1.269	0.975
31	*Ilex tectonica*	0.661	0.901	1.269	0.943
32	*Sloanea picapica*	0.264	2.058	0.508	0.943
33	*Cojoba arborea*	0.396	1.910	0.508	0.938
34	*Cassipourea elliptica*	1.057	0.332	1.269	0.886
35	*Miconia ligulata*	1.189	0.406	1.015	0.870
36	*Bursera simaruba*	0.661	0.667	1.269	0.865

37	*Symphonia globulifera*	0.528	0.939	0.761	0.743
38	*Sommera montana*	1.057	0.151	1.015	0.741
39	*Tapirira guianensis*	0.396	1.040	0.761	0.733
40	*Schefflera morototoni*	1.057	0.576	0.508	0.713
41	*Pourouma bicolor*	0.528	0.848	0.761	0.713
42	*Faramea sp*	0.661	0.686	0.761	0.703
43	*Miconia hondurensis*	0.793	0.150	1.015	0.652
44	*Licaria triandra*	0.925	0.267	0.761	0.651
45	*Banara guianensis*	0.661	0.193	1.015	0.623
46	*Inga thibaudiana*	0.793	0.280	0.761	0.611
47	*Cyathea costaricensis*	1.057	0.217	0.508	0.594
48	*Protium Schippi*	0.793	0.205	0.761	0.586
49	*Spondias mombin*	0.528	0.688	0.508	0.575
50	*Licaria capitata*	0.661	0.248	0.761	0.557
51	*Pachira aquatica*	0.264	0.833	0.508	0.535
52	*Terminalia oblonga*	0.264	0.831	0.508	0.534
53	*Garcinia intermedia*	0.528	0.312	0.761	0.534
54	*Hirtella americana*	0.528	0.299	0.761	0.530
55	*Cecropia obtusifolia*	0.528	0.532	0.508	0.523
56	*Glossostipula strigosa*	0.661	0.102	0.761	0.508
57	*Cordia bicolor*	0.396	0.570	0.508	0.491
58	*Ocotea canaliculata*	0.528	0.182	0.761	0.491
59	*Lauraceae*	0.528	0.406	0.508	0.481
60	*Castilla elastica*	0.661	0.267	0.508	0.478
61	*Sideroxylon contrerasii*	0.528	0.381	0.508	0.472
62	*Brosimum alicastrum*	0.528	0.117	0.761	0.469
63	*Meliosma glabrata*	0.264	0.631	0.508	0.468
64	*Cynometra retusa*	0.396	0.473	0.508	0.459
65	*Parathesis lepidota*	0.661	0.207	0.508	0.458
66	*Swartzia sp*	0.396	0.426	0.508	0.443
67	*Attalea cohune*	0.264	0.549	0.508	0.440
68	*Cecropia peltata*	0.528	0.261	0.508	0.432
69	*Zuelania guidonia*	0.396	0.377	0.508	0.427
70	*Simarouba amara*	0.264	0.505	0.508	0.425
71	*Zanthoxylum rhoifolium*	0.264	0.650	0.254	0.389
72	*Cupania juglandifolia*	0.528	0.120	0.508	0.385
73	*Pterocarpus officinalis*	0.264	0.357	0.508	0.376
74	*Pseudolmedia glabrata*	0.396	0.221	0.508	0.375
75	*Nectandra hihua*	0.661	0.174	0.254	0.363
76	*Hymenolobium mesoamericanum*	0.264	0.288	0.508	0.353
77	*Picramnia antidesma*	0.396	0.062	0.508	0.322
78	*Clethra macrophylla*	0.264	0.147	0.508	0.306

79	*Casearia sylvestris*	0.528	0.135	0.254	0.306
80	*Dalbergia cubilquitzensis*	0.264	0.135	0.508	0.302
81	*Guarea grandifolia*	0.264	0.102	0.508	0.291
82	*Bunchosia petenensis*	0.264	0.091	0.508	0.288
83	*Ouratea valerioi*	0.264	0.064	0.508	0.278
84	*Trichilia pallida*	0.264	0.054	0.508	0.275
85	*Turpinia occidentalis*	0.264	0.046	0.508	0.273
86	*Eugenia farameoides*	0.264	0.045	0.508	0.272
87	*Tabernaemontana donnell-smithii*	0.264	0.043	0.508	0.272
88	*Luehea seemannii*	0.132	0.428	0.254	0.271
89	*Carpotroche platyptera*	0.264	0.033	0.508	0.268
90	*Jacaranda copaia*	0.132	0.384	0.254	0.257
91	*Billia hippocastanum*	0.132	0.373	0.254	0.253
92	*Alseis hondurensis*	0.396	0.066	0.254	0.239
93	*Albizia niopoides*	0.132	0.322	0.254	0.236
94	*Ochroma pyramidale*	0.396	0.055	0.254	0.235
95	*Miconia poeppigii*	0.132	0.298	0.254	0.228
96	*Vismia mexicana*	0.264	0.163	0.254	0.227
97	*Chimarrhis parviflora*	0.264	0.152	0.254	0.223
98	*Pouteria belizensis*	0.264	0.131	0.254	0.216
99	*Pera barbellata*	0.264	0.087	0.254	0.202
100	*Ficus insipida*	0.264	0.078	0.254	0.199
101	*Trichospermum grewiifolium*	0.132	0.198	0.254	0.195
102	*Pouteria sapota*	0.132	0.192	0.254	0.193
103	*Laetia procera*	0.132	0.190	0.254	0.192
104	*Dussia martinicensis*	0.132	0.183	0.254	0.190
105	*Protium sp*	0.264	0.051	0.254	0.190
106	*Xylopia aromatica*	0.264	0.050	0.254	0.189
107	*Matayba oppositifolia*	0.264	0.042	0.254	0.187
108	*Xylosma oligandra*	0.264	0.039	0.254	0.186
109	*Byrsonima crassifolia*	0.132	0.138	0.254	0.174
110	*Zanthoxylum caribaeum*	0.132	0.119	0.254	0.168
111	*Cecropia insignis*	0.132	0.093	0.254	0.160
112	*Croton sp2*	0.132	0.080	0.254	0.155
113	*Swartzia simplex*	0.132	0.080	0.254	0.155
114	*Pterocarpus rohrii*	0.132	0.071	0.254	0.152
115	*Vatairea lundellii*	0.132	0.069	0.254	0.151
116	*Astronium graveolens*	0.132	0.063	0.254	0.150
117	*Posoqueria latifolia*	0.132	0.060	0.254	0.149
118	*Cupania glabra*	0.132	0.058	0.254	0.148
119	*Ouratea sp*	0.132	0.048	0.254	0.145
120	*Astrocaryum mexicanum*	0.132	0.039	0.254	0.141

121	*Mosannona depressa*	0.132	0.035	0.254	0.140
122	*Tectona grandis*	0.132	0.035	0.254	0.140
123	*Eugenia galalonensis*	0.132	0.032	0.254	0.139
124	*Virola multiflora*	0.132	0.030	0.254	0.139
125	*Quiina macrophylla*	0.132	0.029	0.254	0.138
126	*Eugenia koepperi*	0.132	0.027	0.254	0.138
127	*Inga cocleensis*	0.132	0.027	0.254	0.138
128	*Pleuranthodendron lindenii*	0.132	0.027	0.254	0.138
129	*Calyptranthes chytraculia*	0.132	0.026	0.254	0.137
130	*Podocarpus oleifolius*	0.132	0.026	0.254	0.137
131	*Bellucia pentamera*	0.132	0.025	0.254	0.137
132	*Guettarda combsii*	0.132	0.025	0.254	0.137
133	*Saurauia selerorum*	0.132	0.023	0.254	0.136
134	*Banara sp*	0.132	0.022	0.254	0.136
135	*Senna bacillaris*	0.132	0.018	0.254	0.135
136	*Astrocaryum alatum*	0.132	0.017	0.254	0.134
137	*Elaeocarpaceae*	0.132	0.016	0.254	0.134
138	*Trophis racemosa*	0.132	0.016	0.254	0.134
139	*Roupala glaberrima*	0.132	0.015	0.254	0.134
140	*Schizolobium parahyba*	0.132	0.013	0.254	0.133

Anexo 6: Ilustración de las densidades de árboles con las cuales los productores establecen las cercas vivas de *Erythrina spp* (a) y *G. sepium* (b) en fincas ganaderas del valle de Sico y Paulaya, Honduras.