

Desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en América Central

Código (FTG/RF-14652-RG)

CATIE



Año 2017

Este proyecto ha sido financiado por:



Con el apoyo de las siguientes instituciones (otros donantes):



CATIE



Diego Tobar López – dtobar@catie.ac.cr
Cristobal Villanueva – cvillanu@catie.ac.cr
Claudia Sepulveda – csepul@catie.ac.cr
Andres Vega – andres.vega@catie.ac.cr

INTA – Costa Rica



Sergio Abarca – sabarca@inta.go.cr
Roberto Soto – rsoto@inta.ac.cr

Instituto Nicaraguense de Tecnologia Agropecuaría



Luis Manuel Urbina Abaunza - ram060362@yahoo.es
Pavel Gutierrez - pavelgut85@hotmail.com

DICTA



DIRECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (DICTA)

Liliana Fernandez - lilijfernandez@yahoo.com
Ruben Diaz Turcios - rubendiazturcios@hotmail.com
Sonia Odili Amador - sonamad@yahoo.com

IDIAP



Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá

Domiciano Herrera - domyherrera@hotmail.com

Jesica Hassan - yessaimee@hotmail.com

Jaime Espinoza - econovaproject@hotmail.com

1. Índice General

1. Índice General	i
2. Resumen	1
3. Fin, meta u objetivo superior del Proyecto	4
3.1. Objetivo del proyecto.....	4
3.2. Finalidad del proyecto.....	4
4. Metodología y actividades realizadas	5
4.1. Estimación de gases de efecto invernadero – método indirecto.....	5
4.1.1. Límites de las estimaciones de GEI.....	6
4.1.2. Variables consideradas para las estimaciones de GEI.....	7
4.1.1. Comparación de herramientas para la estimación de GEI.....	8
4.2. Estimación de gases de efecto invernadero mediante el desarrollo de estudios experimentales.....	10
4.2.1. Medición de metano entérico en animales	10
4.3. Análisis de flujo de Óxido nitroso	14
5. Resultados	15
5.1. Selección de la herramienta u hoja de calculo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas con sistemas de producción de doble propósito.	15
5.2. Análisis de emisiones en fincas ganaderas en los países	19
5.2.1. Costa Rica.....	19
5.2.2. Honduras.....	21
5.2.3. Nicaragua.....	23
5.2.4. Panamá	26
5.3. Relación entre la emisiones de GEI y beneficio económico.....	31
5.3.1. Costa Rica.....	31
5.3.2. Nicaragua.....	32
5.3.3. Honduras.....	34
5.3.4. Panamá	35
5.4. Medición de metano enterico en animales – Técnica de SF6.....	38
5.5. Medición del flujo de óxido nitroso según fertilizante en pastura activas	43
5.5.1. Costa Rica.....	43
5.5.2. Nicaragua.....	47
5.5.3. Honduras.....	49
5.6. Factores de emisión	52
5.7. Fortalecimiento de las capacidades técnicas, estrategias de comunicación y divulgación de resultados que permitan la incidencia política y la promoción de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de GEI.	54
6. Conclusiones	60
7. Recomendaciones	62
8. Difusión y publicaciones	63
9. Bibliografía	64
10. Anexos	70
11. Tabla de indicadores	110

Índice de Figuras

Figura 1. Límite de las fincas ganaderas y principales fuentes de emisión de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O relacionadas con la producción ganadera, según se incluye en este estudio.....	5
Figura 2. Materiales y equipos empleados para el experimento de Metano Entrico con animales en Costa Rica.....	12
Figura 3. Experimento de Óxido Nitroso en la Finca Comercial del CATIE, Costa Rica.....	15
Figura 4. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en Esparza, Costa Rica (n =50).....	19
Figura 5. Composición de las emisiones de GEI en porcentaje de los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en Atlántida, Honduras (n=107).	21
Figura 6. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la Vía Láctea (Matiguás, Muy Muy), Nicaragua.	23
Figura 7. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la provincia de Azuero, Panamá.....	26
Figura 8. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Esparza, Costa Rica.	32
Figura 9. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Matiguas, Muy Muy, Nicaragua.	33
Figura 10. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Atlántida, Honduras.....	34
Figura 11. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en la provincia de Azuero, Panamá.	35
Figura 12. Relación entre Kg CO _{2e} y Kg de leche producidos en la región centro americana.	36
Figura 13. Emisión de metano en gCH ₄ /vaca/día.....	38
Figura 14. Consumo de materia seca en kg a ⁻¹ día ⁻¹	40
Figura 15. Consumo de energía bruta en MJ a ⁻¹ día ⁻¹	41
Figura 16. Emisión diaria de metano en relación con el peso metabólico.....	42
Figura 17. Conversión de la energía bruta consumida a metano en función del peso vivo.....	42
Figura 18. Crecimiento (PV) y emisión (CH ₄) promedio acumulado por animal.....	43
Figura 19. Flujo promedio acumulado de N ₂ O para un período de 28 días (periodo de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas en la finca comercial del CATIE. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05), con un nivel de confianza al 90%. ...	44
Figura 20. Flujo de emisión de N ₂ O y humedad del suelo (lado izquierdo) y con la temperatura ambiental (lado derecho) para el experimento de pastura activa en la finca comercial del CATIE.	45
Figura 21. Flujo de emisión de N ₂ O y humedad del suelo (lado izquierdo) y con la temperatura ambiental (lado derecho) para el experimento de pastura activa en la finca comercial del CATIE.	46
Figura 22. Flujo promedio acumulado de N ₂ O para un período de 28 días (periodo de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).	48
Figura 23. Flujo de emisión de N ₂ O y la temperatura ambiental para el experimento de pastura activa en Matiguas, Nicaragua.	49
Figura 24. Flujo promedio acumulado de N ₂ O para un período de 30 días (periodo de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).	50
Figura 25. Flujo de emisión de N ₂ O y temperatura (lado izquierdo) y con la humedad ambiental (lado derecho) para el experimento de Brachiaria en la finca experimental del CURLA, Atlántida, Honduras.	51
Figura 26. Flujo de emisión de N ₂ O y precipitación para el experimento de Brachiaria en la finca experimental del CURLA, Atlántida, Honduras.....	52

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Variables tomadas en cuenta por el presente estudio para la estimación de GEI.	7
Cuadro 2. Características de las herramientas empleadas para la medición de GEI.....	9
Cuadro 3. Comparación de la cuantificación emisiones de gases de efecto invernadero estimadas por según el nivel de intensificación, fuente de emisión en fincas ganaderas doble propósito en Esparza, Costa Rica, 2016, acorde a la hoja de cálculo analizadas.	17
Cuadro 4. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito, según intensificación en Esparza, Costa Rica	20
Cuadro 5. Comparación de emisiones de GEI (CO _{2e}) según fuente de emisión en fincas doble propósito en Esparza, Costa Rica. 2016	20
Cuadro 6. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO _{2e} por kg de leche, Esparza, Costa Rica.	21
Cuadro 7. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito, según intensificación en Atlántida, Honduras.	22
Cuadro 8. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósito en Atlántida, Honduras.....	22
Cuadro 9. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO _{2e} por kg de leche, Atlántida, Honduras.	23
Cuadro 10. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito en la Vía Láctea (Matiguás, Muy Muy), Nicaragua.....	24
Cuadro 11. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósito en Matiguás, Muy Muy, Nicaragua.	25
Cuadro 12. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO _{2e} por kg de leche en Matiguás, Muy Muy, Nicaragua.....	25
Cuadro 13. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito del Azuero según su el nivel intensificación.	27
Cuadro 14. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito mediante indicadores zootécnicos en la provincia de Azuero, Panamá.	27
Cuadro 15. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósitos en Azuero, Panamá.	28
Cuadro 16. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO _{2e} por kg de leche en la Provincia de Azuero, Panamá.	29
Cuadro 17. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, Esparza, Costa Rica.	31
Cuadro 18. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Matiguas, Muy Muy, Nicaragua.....	33
Cuadro 19. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Atlántida, Honduras.	34
Cuadro 20. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Atlántida, Honduras.	35
Cuadro 21. Calidad nutritiva de la pastura de <i>ratana</i> (<i>Ischaemum indicum</i>), presentado con valores promedio y su desviación estándar, Finca experimental Los Diamantes, Costa Rica. ...	38
Cuadro 22. Disponibilidad de materia seca y <i>calidad nutritiva de Cayman</i> (<i>Brachiaria híbrido</i>)	39
Cuadro 23. Estimación de materia seca carbono y nitrógeno, consumidos y excretados.	40

Cuadro 24. Promedio general de la emisión de metano	41
Cuadro 25. Eficiencia de emisión CH ₄ kg PV ⁻¹ ganado	43
Cuadro 26. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N ₂ O (p< 0.05) en pastura activas en Costa Rica.	44
Cuadro 27. Comparación de la disponibilidad de materia seca (g MS/m ²), según tratamientos.	47
Cuadro 28. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N ₂ O (p< 0.05) en pastura activas en Nicaragua.	47
Cuadro 29. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N ₂ O (p< 0.05) en pastura activas en la finca experimental ganadera del CURLA, Atlántida, Honduras.....	50
Cuadro 30. Factores de emisión estimados según los flujos de N ₂ O en las parcelas experimentales en los países de Centro América.	53
Cuadro 31. Cronograma de muestreo de óxido nitroso según el número de días de pastoreo.74	
Cuadro 32. Tratamientos y dosis utilizadas.	75
Cuadro 33. Cronograma de muestreo de óxido nitroso según el número de días de pastoreo.76	

2. Resumen

El proyecto ganadería-GEI FTG/RF-14652-RG se realizó en Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, teniendo como objetivo el de contribuir al desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Para cumplir con esta meta, el proyecto se ha venido ejecutando en dos fases de investigación, en la primera, se analizan las emisiones de GEI, mediante métodos indirectos basados en los protocolos del IPCC (2006), desarrollo de un monitoreo socioeconómico para analizar la rentabilidad de las fincas ganaderas y la segunda, se realiza de manera experimental, con el fin de estimar los factores de emisión de N₂O y CH₄ según el manejo de las fincas en la región.

Para los análisis de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se realizó a través de métodos indirectos, efectuándose una revisión bibliográfica, seleccionándose cuatro herramientas (*Coo farm tool*, *EX-ACT FAO*, *Herramienta INTA*, *Herramienta CATEI-GEI*), para ser comparadas con los siguientes parámetros: geográfico, variables asociadas al manejo ganadero, variables para la cuantificación de emisiones según el sector (energía, combustibles, insumos agroquímicos, animales y desechos). Al comparar los resultados del cálculo de emisiones de cada herramienta, se apreció que esta brinda diferentes valores. Los resultados de emisiones con valores altos, totales por finca, se obtienen con las herramientas que se emplean con las ecuaciones y valores predefinidos por el IPCC en el TIER 1 o Nivel 1; mientras que los valores bajos, se obtuvieron empleando las ecuaciones, factores de emisión que se basan a nivel nacional o regional, bajo el TIER 2 o Nivel 2. El uso de las herramientas, va a depender del nivel de información que se tenga en el país. Para el proyecto se seleccionó una herramienta que maneja información de Nivel 2.

En cada país, las fincas ganaderas se clasificaron según el grado de intensificación acorde al manejo de uso de tecnologías y arreglos silvopastoriles, como el uso de bancos forrajeros de alto valor nutritivo, presencia de pasturas mejoradas, carga animal, y eficiencia productiva (litros/vaca/día). Las fincas de baja intensificación, fueron aquellas con mayor extensión de tierra (133.4 ± 24.2 ha) y presentan una área grande de pastos naturales cubriendo un 78% del área total de uso ganadero. Las fincas con alta intensificación, presentan mayor eficiencia productiva (litros/vaca/día) con un rango de producción entre 8 – 6, y mayor área de pastos mejorados cubriendo un área superior al 70% del área total de uso ganadero.

En términos generales, las fincas de alta y media intensificación presentaron manejos similares en la variable de suplementación animal, apreciando que la suplementación se les proporcionaba principalmente a las vacas en ordeño, siendo las fuentes de suplemento más habituales los concentrados comerciales, pastos de corta, ensilajes.

La principal fuente de emisión del sector ganadero, proviene de la fermentación entérica de los animales; evidenciándose que, en las fincas con baja intensificación, alimentado el ganado solamente con pastoreo, generan más emisiones de metano que las fincas que suplementan con bancos de forrajes y concentrados (alta intensificación). El 88% de los productores no realizan ninguna práctica de gestión del estiércol, mientras que las fincas que hacen un manejo del estiércol lo emplean para la producción de biogas o biofertilizantes.

Los análisis de correlación para identificar las sinergias entre las emisiones generadas en la actividad ganadera y por unidad de producto (kilo de leche), entre los indicadores productivos y económicos: carga animal (AU/ha), producción de leche (kg/ha/año) y beneficio costo, en Costa Rica, la carga animal presentó una correlación positiva entre la producción de leche y las emisiones totales de la finca ($r=0,75$), apreciando que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche presentaron una correlación negativa ($r=-0,79$) observando que a media que se incrementa la producción de leche se reducen las emisiones de metano.

En Nicaragua, la carga animal presentó una correlación positiva entre las emisiones totales de la finca ($r=0,76$), evidenciando que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche con la carga animal presentaron una correlación negativa ($r=-0,51$), lo que significa que a media que se incrementa la producción de leche se reducen las emisiones de metano. Se presentó una correlación negativa ($r=-0,74$), entre la producción de leche y las emisiones por unidad de producto, apreciándose que algunas fincas presentan una alta productividad y una baja emisión de CO_2e . Esta tendencia entre la relación de leche y emisiones producidas se asemeja a la referida por Gerber et al. (2011). Así que los sistemas de mayor productividad tienden a poseer los menores valores de emisiones de GEI.

En Honduras, la carga animal presentó una correlación baja con las emisiones totales de la finca ($r=0,25$), con la misma tendencia encontrada en los otros países, donde se observó que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche con la carga animal presentaron una correlación negativa ($r=-0,38$), lo que significa que a media que se incrementa la producción de leche se reducen las emisiones de metano (Cuadro 19; Figura 9). Se presentó una correlación negativa ($r=-0,42$), entre la producción de leche y las emisiones

por unidad de producto, en el cual se aprecia que en fincas que presentan una alta productividad y una baja emisión de CO₂e.

En Panamá, la carga animal presentó una significativa correlación positiva ($r=0,94$) con la producción de leche, es decir fincas con mayor producción tienden a tener mayores emisiones totales. La relación B/C se tuvo una correlación negativa débil. Sin embargo, la relación B/C presentó una correlación negativa moderada ($r = -0.46$) con las emisiones por kilo de leche producidas en las fincas (Kg CO₂/ Kg leche); por lo que algunas fincas con menores emisiones de CO₂e por litro de leche producido tienden a una mayor relación B/C. Estos resultados registran que a pesar que la mayoría de las fincas tienen un manejo convencional, se encuentran pocas fincas en la región que manejan una ganadería con buenas prácticas asociados a sistemas silvopastoriles.

En la segunda etapa del proyecto en Costa Rica, se realizó un estudio de emisiones de metano con la técnica SF₆ con animales para la producción de carne, cuya emisión diaria (kg CH₄ peso vivo) fue mayor en los pesos iniciales y se redujo en la medida que los animales fueron creciendo. Bajo las condiciones del ensayo, la eficiencia de emisión en la vida productiva de los animales en crecimiento, fue diferente. Para las estimaciones alométricas de inventarios, de emisión para fermentación entérica, además de un peso vivo (PV), consumo de materia seca (MS) y energía promedio, se requiere de un modelo de emisión, que refleje el periodo evaluado en función del crecimiento de los animales.

Para el monitoreo de los flujos de N₂O, se utilizó la Técnica de la Cámara Cerrada (Closed-Chamber Technique o CCT) (Rondón, 2000; Klein y Harvey, 2012). La CCT es empleada en el muestreo de Gases de Efecto Invernadero por ser simple de operar, rápida y con costos relativamente más bajos en comparación con otras. Esta técnica, es utilizada a nivel internacional para la medición de los gases de efecto invernadero, se encuentra estandarizada y fue validada para la región Centroamericana por el proyecto. El uso de esta metodología, se realizó para evaluar el impacto del uso en fertilizantes sobre pasturas activas y su efecto en la emisión de GEI. En los tres estudios desarrollados en la región Centroamericana, se encontraron diferencias con respecto al flujo de N₂O, al tratamiento y el día de observación. En Costa Rica y Nicaragua, se registró que las emisiones del Biol y fertilizantes, los valores más bajos de la Urea+Inhibidor. En Honduras, la urea presentó valores más altos que el Bocachi. Estos valores estuvieron influenciados por los parámetros climáticos que imperan en la zona.

En las áreas de estudio del proyecto, se realizaron capacitaciones a más de 90 productores, a través de talleres, visitas a fincas para divulgar tecnologías de bajo costo y que contribuyan a la estrategia de mitigación. Los principales temas que se desarrollaron fueron: - alimentación: establecimiento y manejo de pasturas mejoradas – con el objetivo de que el ganado se alimente eficientemente; -suplementación con

bancos forrajeros, bloques nutricionales, ensilajes y minerales, planes de manejo de potreros –que conllevan análisis de suelos, bromatológicos, recomendaciones técnicas de fertilización, establecimiento de períodos de descanso; - cálculo de la carga animal adecuada y el establecimiento del tipo de gramíneas y leguminosas adecuadas según la zona de vida; -administración: establecimiento de sistemas de registros.

3. Finalidad, meta y objetivo superior del Proyecto

3.1. Objetivo del proyecto

Contribuir al desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

3.2. Finalidad del proyecto

Desarrollo y validación de metodologías para cuantificar emisiones de GEI y calcular indicadores económicos según sistemas de manejo y niveles de emisión de GEI.

Para responder con el objetivo general del proyecto, se están desarrollando cuatro componentes:

- **Componente 1:** Sistematizar las metodologías y herramientas de cálculo utilizadas para la cuantificación de GEI en fincas ganaderas.
- **Componente 2.** Cuantificar las emisiones de GEI en distintos sistemas de producción ganadera con diferente grado de intensificación.
- **Componente 3.** Evaluar el desempeño económico de los sistemas de producción ganaderos y su relación con las emisiones de GEI.
- **Componente 4.** Desarrollar mecanismos de comunicación, divulgación e incidencia política para promover el uso de sistemas ganaderos competitivos y con bajas emisiones de GEI.

4. Metodología y actividades realizadas

4.1. Estimación de gases de efecto invernadero – método indirecto

El proyecto se desarrolló en dos fases de investigación, en la primera, se analizan las emisiones de GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O), mediante métodos indirectos basados en los protocolos del IPCC (2006). En el proyecto, la cuantificación de emisiones se consideraron las siguientes actividades:

- Fermentación entérica producto de los procesos de digestibilidad del ganado
- Manejo de residuos agrícolas sólidos y líquidos dentro de la finca
- Aplicación de fertilizantes sintéticos a los bancos forrajeros y pastos de la finca
- Combustibles utilizados en transporte y en actividades productivas
- Energía eléctrica empleada en las actividades productivas.
- Todas las emisiones fueron expresadas en $\text{t CO}_2\text{e}$.

Para las estimaciones de GEI, se consideró la finca como unidad de medida (Figura 1). Se consideraron las emisiones generadas en los procesos dentro y fuera de las fincas:

Dentro de la finca: Incluyen las emisiones producidas por los animales en los procesos digestivos, manejo de estiércol, utilización de fertilizantes y de combustible fósil para suplir agua o procesos de preparación de suplemento.

Fuera de la finca: Incluye las emisiones por quema de combustible fósil por adquisición de insumos, transporte de jornales, comercialización de la leche cruda y las emisiones por procesos productivos en la fabricación de insumos para la finca (gas, quema de leña), así como la venta del producto principal de comercialización.

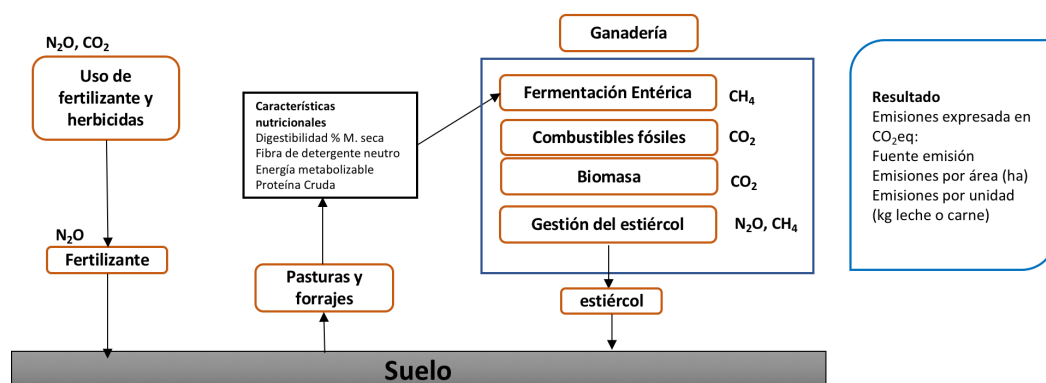


Figura 1. Límite de las fincas ganaderas y principales fuentes de emisión de CO_2 , CH_4 y N_2O relacionadas con la producción ganadera, según se incluye en este estudio.

4.1.1. Límites de las estimaciones de GEI

Para el análisis de las emisiones a nivel de finca, se utilizó la metodología del Nivel 1/ 2, capítulo 10 de las Directrices del IPCC (2006) y el capítulo 4 de las orientaciones del IPCC de buenas prácticas y gestión de la incertidumbre. Haciéndose necesario, la obtención de datos detallados sobre la población de ganado, desglosados por especie o categoría de animales y por región climática (fría, templada, cálida), consumo de materia seca por el animal (2.5% peso vivo), y considerando los siguientes supuestos:

1. Se utiliza el poder de calentamiento del gas CH₄ de 27, N₂O de 265, para obtener los resultados en CO_{2e}, factores recomendados por el IPCC (2013).
2. Se utilizó el factor de conversión de CH₄ (Y_m) 6.5 %, para forraje de moderada calidad (IPCC 2006).
3. Se consideran dos periodos de producción de leche (época seca y época lluviosa),
4. Se utilizó un 4% de porcentaje de grasa, promedios de productividad litros leche animal por día, tanto para la época seca y lluviosa, promedios obtenidos de información secundaria.
5. La unidad animal corresponde a 400 Kg (en Panamá), 450 kg (Costa Rica, Honduras y Nicaragua).
6. Se consideró que los animales adultos, no ganan peso en época seca y para la época lluviosa, se asumió una ganancia de peso de 0.33 kg por día.
7. Las variaciones de peso reportadas en las fincas, fue una ganancia de peso promedio para las crías lactantes en época seca y en época lluviosa para las fincas de 0.2 y 0.5 kg por día respectivamente.
8. Se asumió que el requerimiento en materia seca (MS) de las vacas, en ambas épocas, es de 2.5% MS por animal, por día del peso vivo (400 kg),
9. Para la proteína cruda del pasto, a través de información secundaria, se asumieron los valores para la época seca de 4% y en época lluviosa 10.5 % proteína cruda (PC).
10. Los datos de digestibilidad de proteína cruda fueron obtenidos del trabajo de Peters et al. (2011) y Sánchez (2008), además de datos proporcionados por las cooperativas de leche en cada región.
11. Las emisiones de N₂O se calcularon multiplicando las entradas de N de la aplicación de fertilizante N y estiércol animal, orina y heces producidas durante el pastoreo por los factores del IPCC (2006)

4.1.2. Variables consideradas para las estimaciones de GEI

Las variables empleadas para la estimación de emisiones se presentan en el Cuadro 1, las cuales fueron empleadas para la comparación de los modelos a través de cuatro aspectos: ámbito geográfico, variables asociadas a las emisiones, emisiones de GEI consideradas y productos resultantes de las distintas herramientas (**Cuadro 1**). Esto permitió observar las variables que consideraron cada uno de los modelos para su selección.

Cuadro 1. Variables tomadas en cuenta por el presente estudio para la estimación de GEI.

	Variables	Descripción	Unidad de medida
Ámbito geográfico	Área geográfica	Toma en cuenta las emisiones generadas a nivel de explotación o finca	Región
	Clima	Parámetros climáticos, rangos promedio de la temperatura, la humedad, precipitación y humedad relativa del área de estudio, etc.	°C Mn %HR
	Suelo	Toma en cuenta la topografía del área, así como el tipo de suelo	COS % pH Tipo de suelo Área (ha)
Variables asociadas a las emisiones	Producción lechera (bovinos)	Producción de leche producida en la finca	Kg /animal/año
	Categorías y características de los animales	Especificaciones en cuanto a las diferentes categorías de hato y características de los animales (genética, condición corporal, peso vivo, etc.), utilizado por los productores en sus sistemas de producción	Categoría del hato Raza Condición corporal PV (kg)
	Pasturas	Características de los pastos, así como sus características nutricionales	Tipo de pasto
	Estrategias de alimentación	Tipos de dietas que manejan los productores, así como sus características nutricionales	(%DIVMS) (%PC) (%FDN) (kcal/kg MS)
Emisiones de GEI consideradas por las herramientas	CO ₂ proveniente de electricidad	Electricidad consumida por el productor para la elaboración del producto comercializado	t CO ₂ /kWh
	CO ₂ proveniente	Uso del transporte dentro y fuera de la finca de los insumos utilizados	t CO ₂ /L combustible

	del transporte		
	Emissiones de CH ₄ entérico	Toma en cuenta la alimentación dada al bovino, así como su peso vivo para estimar la emisión de este gas	t CH ₄ /animal/ año
	Emissiones de CH ₄ , N ₂ O gestión de estiércol	Se refiere a las emisiones de óxido nitroso generados por los residuos provenientes de los animales a través de purines y estiércol	t CH ₄ , N ₂ O / t desechos sólidos
	Emissiones de fertilizantes N ₂ O	Se refiere a las emisiones generadas por la aplicación de fertilizantes nitrogenados u otros en las pasturas, bancos forrajeros, así como en cultivos forrajeros que se encuentran dentro de la finca	t N ₂ O /ha/año
	Emissiones incorporadas por abonos	Se refiere a la cantidad de estiércol producido y utilizado para compost u otro uso dentro de las fincas	t N ₂ O /ha/año
Productos resultantes de la estimación de GEI de las distintas herramientas	GEI/ha	Se refiere al total de emisiones de GEI generados por los bovinos en un área determinada	t CO ₂ e/ha
		GEI/producto	kg CO ₂ e/kg producto
		Se refiere al total de emisiones de GEI generadas durante el proceso de desarrollo y final del producto a comercializar (Intensificación de emisiones)	

4.1.1. Comparación de herramientas para la estimación de GEI

Basado en la revisión bibliográfica de los diferentes modelos empleados para la estimación de gases de efecto invernadero, se generó un resumen de las características que consideran cada una de las herramientas de cálculo de GEI (Cuadro 2). Cada herramienta presenta los resultados de acuerdo al manejo recomendado de cada hoja de cálculo, por ejemplo, la herramienta *EX-ACT* está orientada a la evaluación de proyectos; estima las emisiones de un sistema antes y después de haberse aplicado un proyecto, para las estimación de emisiones provenientes de la fermentación entérica, únicamente considera el número de animales que maneja la finca considerando el número de animales para producción de leche y carne, bajo el alcance 1 del IPCC 2006. Mientras que la herramienta de Cool Farm Tool divide las categorías de animales en juveniles, animales en fase de producción y animales en fase sin producción, no obstante permite realizar los cálculos de emisiones empleando las dietas que los productores utilizan mediante el alcance TIER 2. Mientras que las herramientas locales (Inta y CATIE-GEI), maneja las emisiones según la categoría animal y el tipo de alimentación que

brindan los productores a los animales, los cálculos los desarrolla empleando el alcance 2. Toda la herramienta permite ajustar los factores de emisión nacionales o los que tiene de referencia el IPCC, para la estimación de emisiones (Cuadro 2).

Al finalizar la comparación de las herramientas evaluadas, se seleccionó una herramienta, con el fin de efectuar el estudio comparativo de las fincas ganaderas en cada país, se realizó basado según el grado de *intensificación de las fincas*¹, donde las fincas de alta intensificación se caracterizaron por utilizar una mayor cantidad de insumos y prácticas de manejo más eficientes que las fincas de baja intensificación. Las fincas más intensivas fueron sistemas de producción de doble propósito en las que emplean diferentes arreglos silvopastoriles como bancos de forrajeros, pasturas mejoradas asociadas a árboles dispersos en potreros, cercas vivas, mientras que las fincas de baja intensificación fueron sistemas de producción donde las pasturas naturalizadas o mejoradas se manejaban en monocultivo y con presencia de cercas vivas.

Cuadro 2. Características de las herramientas empleadas para la medición de GEI.

Características	EX - ACT	Cool Farm Tool	Hoja del INTA	Hoja CATIE-GEI
Objetivo	Orientada a evaluación de proyectos	Orientada a mercados y productos	Inventarios y balances de GEI	Inventarios y balances de GEI
Ámbito de aplicación	Mundial	Mundial	País	País
Ecuaciones	(IPCC 2006)	(IPCC 2006)	(IPCC 2006)	(IPCC 2006)
Factores de emisión	(IPCC 2006)	(IPCC 2006)	Factores según país	Factores según país
Niveles	Tier 1 y 2	Tier 1 y 2	Tier 1 y 2	Tier 1 y 2
Formato	(Excel)	(Excel)	(Excel)	(Excel)
Fuentes de emisión estimadas	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂

¹ **Intensificación de las fincas ganaderas** se define como la utilización de insumos externos de alta calidad alimenticia, fertilización para el manejo de potreros, buenas prácticas ganaderas como: mejoramiento genético, practicas sanitarias y de manejo para aumentar la productividad (Shiar 2000).

Emisiones resultantes	En t/año CO ₂ e total y	En kg CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ y en kg CO ₂ e total, por área y producto	En t/año CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ , y t/año CO ₂ e total	En t/año CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ y en t/año CO ₂ e total, producto y área
Otras características	Permite realizar proyecciones a futuro	-	-	Permite estimar las emisiones de más de una finca a la vez
Organización	FAO	Sustainable Agriculture, Sustainable Food Lab (Cool Farm Alliance), University of Aberdeen	INTA-CR	CATIE

4.2. Estimación de gases de efecto invernadero mediante el desarrollo de estudios experimentales

4.2.1. Medición de metano entérico en animales

Se llevó a cabo en el área de ganadería de la Estación Experimental Los Diamantes, ubicada en Guápiles, cantón de Pococí. De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978), la estación se ubica en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical, con una precipitación anual de 4332 mm y una temperatura diaria promedio de 24,6 °C.

De acuerdo con Veldkamp (1993), el suelo que se presenta en la estación experimental es de tipo Eutric Hapludands, posee características ándicas, bien desarrolladas con buen drenaje y fértil, con horizontes A de 25 a 45 cm y con un horizonte B de franco a franco arenoso.

Se seleccionó un área de aproximadamente 5 hectáreas de terreno con apartos de 2720 m² en promedio. Este terreno cuenta con pasto *B. híbrido cv Cayman*² establecido en 2012 con semilla certificada proveniente de México (Semillas Papalotla CR), manejada mediante pastoreo racional con enfoque Voisin, donde se tienen 11 potreros donde se mantienen a los animales durante dos días y 7 potreros donde se mantienen a los animales por un periodo de 3 días, para un total de 43 días de rotación; con una carga animal que oscila entre 2,5 y 3,0 UA/ha/año.

Manejo de las pasturas. Se seleccionaron dos potreros contiguos, en el primero, un apto o potrero con pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) con el manejo tradicional de la zona y una carga animal de 2,0 UA/ha/año, con tres días de ocupación y 28 días de rebrote. El segundo potrero, con pasto Cayman híbrido de especies del género *Brachiaria* (Hernández et al, 2014) con tres años de establecido, la cual fue manejada mediante pastoreo racional con enfoque Voisin con 43 días de descanso, carga animal, durante la evaluación inició con 1,67 y finalizó 2,47 UA ha⁻¹ año⁻¹. La unidad animal³ (UA) fue definida en 450 Kg de peso vivo. Durante el periodo de evaluación, en ambas pasturas, no se utilizó ninguna clase de fertilizantes.

Manejo de los animales. Se utilizaron un total de 16 animales de la raza Brahmán, de los cuales ocho machos en crecimiento y ocho hembras > 2 años, con un peso de 358,6 y 511,2 kg respectivamente. Los animales recibieron previamente un adiestramiento para mejorar su docilidad y poner los collares recolectores de gases en sus cuellos con mayor facilidad. Se tomaron muestras cada 28 días durante un año. Los animales se alimentaron exclusivamente bajo pastoreo y suplementación mineral que provee la Estación experimental Los Diamantes a todos los animales, el acceso de agua es libre.

Para la toma de muestra de metano en este grupo de animales, se empezó a partir de los 15 días después de haber introducido las cápsulas de SF₆ en el rumen de los animales.

Disponibilidad forrajera y la composición botánica. Se estimó, previo al ingreso de los animales, mediante el método de rango en peso seco propuesto por (Haydock y Shaw, 1975). Seleccionando tres puntos representativos de la pastura a evaluar de 1 al 3, donde 1 representa el punto de menor disponibilidad forrajera y el 3 de mayor disponibilidad de forraje. Los observadores calibraron su visión con estos puntos de referencia para realizar las 30 observaciones visuales y tres reales por apto de 1640 m². Para las muestras reales se utilizó un marco de 0,25 m² donde se recolectó el pasto

² Desarrollo del híbrido por el INTA en asocio con la empresa Papalotla

³ Unidad Animal: se refiere al peso de los animales, el término se uniformiza en un peso específico, 450 kg de peso vivo.

a 10 cm de nivel del suelo. Los puntos se cosecharon y llevaron a peso seco constante, estimando la producción por punto, posteriormente, con los valores visuales se estimó la producción de forraje con base seca por regresión. El método para estimar la composición botánica, fue el de rango de peso seco propuesto por Mannetje y Haydock (1963). Se utilizó un marco de 0.25 m² y se realizaron 30 visuales por parcela, utilizando los mismos puntos de muestreo para la estimación de disponibilidad forrajera. El observador, estimó cuál de las especies ocupa el primero, segundo y tercer lugar en términos de peso seco.

Medición de metano. Se realizó mediante la técnica del hexafloruro de azufre (SF₆), que consistió, en colocar a nivel de rumen un tubo de permeación conteniendo SF₆. La tasa de liberación del FS₆ fue determinada por regresión lineal para cada tubo, pesándose semanalmente, durante dos meses, previamente a ser implantados en el rumen. Para el muestreo, se instaló un tubo colector al vacío y ergonómicamente diseñado en el cuello del animal, el cual fue conectado a un capilar que se situó por medio de un gamarrón (bozal) en el morro del animal (Westberg et al, 1998; MPI, 2014).

Esta técnica permitió el pastoreo libre y sin limitaciones de los animales, garantizando un comportamiento y bienestar adecuado y natural. Se utilizó un tubo colector de gases por día de pastoreo. El metano y FS₆ contenidos en el tubo colector, se determinó por cromatografía de gases en el laboratorio de suelos del INTA (Figura 2).



Figura 2. Materiales y equipos empleados para el experimento de metano entérico con ganado vacuno en Costa Rica

Las tasas de emisión de FS₆ y CH₄ para la estimación de metano, se asumió que son exactamente iguales, por lo tanto, las diluciones también son idénticas. La mezcla de los

gases se debió a los movimientos de los animales y del mismo rumen. Por lo tanto, la tasa de emisión del metano (Q_{CH_4}) pudo ser calculada por la medición de la concentración de CH_4 y SF_6 , así como la tasa de liberación de SF_6 (Q_{SF_6}):

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times [CH_4] / [SF_6] \quad (\text{Westberg et al, 1998})$$

Durante la fase de implementación de la técnica, se contó con recursos FONTAGRO-NZ, y del Proyecto Livestock Plus ejecutado con CIAT, CATIE, INTA y MAG.

Degradación *in situ* y calidad nutritiva. Para la determinación de la degradación *in situ* de los forrajes que consumieron los animales, se midió la emisión de metano entérico, por medio de la técnica del SF_6 , se utilizaron 4 novillos con cánula ruminal, con un peso aproximado de 350 kg, los cuales se mantuvieron pastoreando en las mismas pasturas de los animales de medición directa de metano, así como en las mismas condiciones agroecológicas y de manejo. El periodo de incubación fue de 48 horas, con material molido a 2 mm (5 gr de forraje) en bolsas de nylon de aproximadamente 17,0 cm de largo por 9,0 de ancho, con un poro de 52μ , el tiempo de incubación fue de 48 horas, de acuerdo con la técnica descrita por Orskov, Hovelly Mould (1979). El cálculo de degradación para la materia seca (MS) se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ degradación ruminal} = (\text{Cantidad inicial} - \text{Cantidad residual}) / \text{Cantidad inicial} * 100$$

Estimación del consumo voluntario.

Oxido crómico (Cr_2O_3). El consumo voluntario de pasto, se estimó mediante la técnica de marcadores externos (Mejía 2002), utilizando óxido crómico. A los animales se les suministró una dosis de 10 g d^{-1} de Cr_2O_3 durante 7 días consecutivos, tomando muestras de heces directamente del recto del animal, a partir del quinto día. Posteriormente, se preparó una muestra compuesta por animal, a la cual se le determinó la concentración de óxido crómico, mediante digestión nítrico perclórica y determinación por absorción atómica de cromo. A las muestras de forraje y heces se les determinó carbono (C) y nitrógeno (N).

La cantidad de heces y el consumo de pasto se estimaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Heces (kg MS)} = \text{Cromo total consumido (g)} / \text{Concentración de cromo en las heces (g/kg)}$$

$$\text{Consumo de pasto} = \text{Heces} / \text{Indegradabilidad del pasto} * 100$$

Estimación alométricas de consumo. Para la estimación alométricas, se utilizó la ecuación 10.17 del nivel 2, sugerida en el volumen IV capítulo 10 de las guías para inventarios nacionales de GEI de IPCC 2006, sobre la ingesta de materia seca para ganado en crecimiento y terminación, con una concentración de energía neta dietaría (NE_{ma}) constante de 6,5 MJ kg MS⁻¹.

$$\text{Consumo} = PV^{0,75} * [(0,2441 * NE_{ma} - 0,0111 * NE_{ma}^2 - 0,472) / NE_{ma}]$$

4.3. Análisis de flujo de Óxido nitroso

Para el monitoreo de los flujos de GEI entre el suelo y la atmósfera, se utilizó la Técnica de la Cámara Cerrada (Closed-Chamber Technique o CCT) (Rondón, 2000; Klein y Harvey, 2012) (Anexo 1). La CCT es empleada en el muestreo de Gases de Efecto Invernadero por ser simple de operar, rápida y con costos relativamente más bajos en comparación con otras. Esta técnica, es utilizada a nivel internacional para la medición de los gases de efecto invernadero, se encuentra estandarizada y en proceso de validación para la región Centroamericana por el proyecto. El objeto del uso esta metodología, es para evaluar el impacto del uso en fertilizantes sobre pasturas activas y su efecto en la emisión de GEI.

Las cámaras fueron confeccionadas en tubo de PVC, con un diámetro de 24 cm y 38.0 cm de altura, con una tapa acrílica con diseño circular, en esta última, con dos agujeros: uno con un septum de caucho utilizado para introducir el termómetro y el otro, para el dispositivo (Fitin con rosca para gases, manguera pequeña, llave de tres pasos, una aguja de 23X1 y una jeringa de polipropileno de 50 ml), para la toma de muestra y sin ventilación interna. Para la aislación térmica de las cámaras, son forradas con una membrana aislante de espuma de polietileno aluminizada de 9 mm de espesor, para evitar el golpe directo del sol y el calentamiento de las cámaras. La base en PVC, se hizo a una profundidad de suelo de 10 cm, colocándose un día antes del muestreo, con el fin que se reestablecieran las condiciones del suelo al disturbarlo durante el establecimiento de la base. El protocolo desarrollado para el muestreo se presenta en el Anexo 1 y 2.

Consideraciones de la cámara:

1. Debe estar cerrada únicamente durante el muestreo.
2. La diferencia de la toma de temperatura no debe exceder más de 6°C (entre la temperatura interior con la exterior).
3. La hora del muestreo se realiza entre 9 a 11 de la mañana.



Figura 3. Experimento de Óxido Nitroso en la Finca Comercial del CATIE, Costa Rica

El análisis de Gases fue realizado en el laboratorio de INTA-Costa Rica, el protocolo de la medición de gases se presenta en el Anexo 3.

5. Resultados

5.1. Selección de la herramienta u hoja de cálculo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas con sistemas de producción de doble propósito.

En el año 2006, el panel intergubernamental del cambio climático (IPCC) publicó guías de buenas prácticas para la contabilidad de GEI (IPCC, 2006), donde aparecen los procesos metodológicos contenidos en todas las calculadoras estudiadas. El IPCC organiza la contabilidad de GEI mediante tres aproximaciones, llamadas “Tiers”. Tiers 1 tiene un enfoque global, con factores de emisión medios correspondientes a grandes eco-regiones del mundo. Tiers 2 es similar, pero utiliza datos a nivel de Región o de Estado, de manera que considera con mayor precisión los factores de emisión. Por último, Tiers 3 tiene un enfoque mucho más detallado y suele incluir aspectos de modelización biofísica de los procesos relacionados con los GEI. Estos modelos solo están disponibles para unas pocas fuentes de emisión y para escasas áreas del mundo.

En el caso de las emisiones de CO_2e procedentes de N_2O y a CH_4 , el enfoque más común del IPCC consiste en multiplicar un dato de actividad (número de animales, superficie de área de pasto o cultivo, cantidad de combustible, entre otras), por su factor de emisión específico. Estas herramientas permiten estimar de una manera fácil las emisiones de GEI. Todas las calculadoras proporcionan resultados con las siguientes unidades: $\text{CO}_2\text{eq/año}$, $\text{CO}_2\text{eq/ha}$, o $\text{CO}_2\text{eq/unidad de productor}$ (p.e. kg de leche), se tiene como una de las limitaciones que la mayoría de herramientas de cálculo, es que a nivel

de finca, solo permite ingresar los datos de una finca, donde la herramienta desarrollada con el proyecto permite estimar las emisiones de GEI a más de una finca a la vez.

En términos generales, el uso de las hojas de cálculo de GEI, son herramientas que analizan un solo impacto ambiental, que en este caso es el de las emisiones que se realizan por el desarrollo de la actividad ganadera y en el cual algunas acciones que favorecen a la mitigación, pueden tener impactos negativos sobre la conservación de biodiversidad, incremento en el consumo de agua, entre otros. Sin embargo, el uso de herramientas, debe ser empleado como complementario para otros tipos de análisis como son, el de ciclo de vida o evaluación de impacto, lo que favorece a mejorar la toma de decisiones a nivel de finca o paisaje.

Los cálculos de emisiones realizados con las herramientas seleccionadas presentaron diferencias (Cuadro 3). Los resultados de emisiones con valores altos de emisiones totales por finca, se obtienen con las herramientas que emplean con las ecuaciones y valores predefinidos por el IPCC en el TIER 1 o Nivel 1; mientras que los valores bajos se obtuvieron empleando las ecuaciones, factores de emisión que se basan a nivel nacional o regional, bajo el TIER 2 o Nivel 2. Del mismo modo, se aprecia que todas las herramientas presentaron la misma tendencia en cuanto a los valores más altos se registran en la fermentación entérica (Cuadro 3).

No obstante, los valores de las estimaciones de las diferentes fuentes de emisión provenientes de las fincas ganaderas según el grado de intensificación, expresados en CO₂e, las estimaciones estuvieron relacionados con el método de estimación que presenta cada herramienta, como Cool Farm tool y la herramienta ExACT -FAO, realizan estimaciones empleando los métodos del TIER 1 o Nivel 1, que están diseñados para ser los más sencillos de usar; las ecuaciones y los valores paramétricos son por defecto (p.ej., factores de emisión y de cambio de reservas), y están establecidos acorde a las directrices del IPCC. Los datos requeridos de cada país para el análisis con el TIER 1, por lo general se basa con datos disponibles a nivel global como: tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, mapas mundiales de cobertura terrestre, uso de fertilizantes, datos de la población ganadera, etc.

Mientras el Tier 2 o Nivel 2 puede usar el mismo enfoque que el Nivel 1, pero se aplican los factores de cambio de existencias y de emisión que están basados en datos específicos de país o región, para las categorías de uso de la tierra o ganado más importantes. Los factores de emisión específicos del país son más apropiados para las regiones climáticas, los sistemas de uso de la tierra y las categorías de ganado de tal país. Los datos de actividad con una mayor resolución espacial y temporal, y más desagregados, son usados normalmente en el Nivel 2 para que correspondan con los

coeficientes de país definidos para regiones específicas y categorías especializadas de uso de la tierra o ganado.

Cuadro 3. Comparación de la cuantificación emisiones de gases de efecto invernadero estimadas por según el nivel de intensificación, fuente de emisión en fincas ganaderas doble propósito en Esparza, Costa Rica, 2016, acorde a las herramientas u hojas de cálculo consideradas en este estudio.

Hoja de cálculo	Intensificación de fincas	Alta	Media	Baja	Total
	Emisiones de GEI	t CO2e/año			
Cool Farm Tool	1. Fermentación Entérica	125,9	116,3	48,8	291,0
	2. Gestión del Estiércol	14,2	14,0	6,0	34,2
	3. Fertilización	52,8	16,3	2,5	71,5
	4. Combustibles	8,5	7,8	3,7	20,0
	5. Energía	1,6	0,8	0,3	2,7
Total de emisiones (t CO2e/año)		203,0	155,0	61,3	419,3
Ex-Act	1. Fermentación Entérica	117,2	118,5	55,8	291,5
	2. Gestión del Estiércol	13,2	14,2	6,9	34,3
	3. Fertilización	49,1	16,6	2,8	68,5
	4. Combustibles	7,9	7,9	4,2	20,0
	5. Energía	1,5	0,8	0,4	2,7
Total de emisiones (t CO2e/año)		189,0	158,0	70,0	417,0
Herramienta	1. Fermentación Entérica	105,7	92,7	46,5	244,9
CATIE_GEI	2. Gestión del Estiércol	11,9	11,1	5,7	28,8
	3. Fertilización	44,3	13,0	2,3	59,6
	4. Combustibles	7,2	6,2	3,5	16,8
	5. Energía	1,4	0,6	0,3	2,3
Total de emisiones		170,5	123,6	58,3	352,4
Herramienta INTA	1. Fermentación Entérica	102,1	90,1	41,4	233,5
	2. Gestión del Estiércol	11,5	10,8	5,1	27,4
	3. Fertilización	42,8	12,6	2,1	57,5
	4. Combustibles	6,9	6,0	3,1	16,0
	5. Energía	1,3	0,6	0,3	2,2
Total de emisiones		164,6	120,1	51,9	336,6
IMN ⁴	1. Fermentación Entérica	112,2	110,3	54,2	276,6
	2. Gestión del Estiércol	12,7	13,2	6,7	32,6
	3. Fertilización	47,0	15,4	2,7	65,2
	4. Combustibles	7,6	7,4	4,1	19,0
	5. Energía	1,4	0,7	0,3	2,5
Total de emisiones		181,0	147,0	68,0	395,9

⁴ IMN: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica: Factores de emisión generados para Costa Rica en el año 2015

La selección de la herramienta, va a depender del nivel de información que se tenga del país, y el uso de herramientas con el Alcance o Tier 2, en el caso del proyecto, permitió conocer más a fondo como la producción pecuaria, puede desarrollar medidas apropiadas para mitigación y adaptación al cambio climático, la cual es una tarea importante en la región Centro Americana. En la medida en que se conozca cómo los productores desempeñan su labor, podrá definirse con mayor certeza cuántas emisiones y/o absorciones de gases de efecto invernadero se generan y cuáles son las aproximaciones más adecuadas para reducirlas sin afectar la productividad ganadera, para poder mejorar las recomendaciones técnicas y optimizar las estrategias de mitigación al cambio climático a nivel local, nacional y regional.

Al comparar los resultados con los factores de emisión propuestos por Costa Rica por el Instituto Meteorológico Nacional en el año 2015, los valores estimados están más altos que los de las hojas de cálculo desarrolladas por el INTA y la del proyecto. Lo que evidencia que al seleccionar una herramienta para la estimación va a depender del nivel de información que se tiene en cada sitio de estudio, para el desarrollo de las estimaciones de emisiones de GEI. Sin embargo, para el cálculo de emisiones en el sector ganadero es relevante que se pueda seleccionar herramientas que consideren las estrategias de alimentación y las características nutricionales, debido a que es el proceso de mayor impacto en la emisión de metano. Carmona *et al.* (2005) señalan que entre los factores que influyen en su producción de metano están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación. Así mismo, Posse *et al.* (2012), utilizando metodologías locales con factores de emisión locales obtuvieron emisiones inferiores que con metodologías utilizadas a nivel con Alcance 1; esto debido a que las herramientas empleando métodos de estimación del Alcance o Tier 1 no emplean una separación completa de las diferentes categorías del hato, dan un promedio general de emisión del total de animales que se ingrese al modelo, sin tener en cuenta esta separación; se debe tener muy claro que las emisiones difieren mucho por tipo de categoría. Esta diferencia hace que se pueda tener una mejor estimación de GEI cuando se hacen análisis por categorías del hato, donde se puede obtener emisiones más adaptadas a la etapa de desarrollo en la que se encuentre el animal, resultados más realistas y confiables a la hora de tomar decisiones para el fomento de una producción con bajas emisiones, lo cual se puede obtener con la hoja de cálculo desarrollada con el proyecto (CATIE-GEI).

5.2. Análisis de emisiones en fincas ganaderas en los países

5.2.1. Costa Rica

Las emisiones de GEI, en las fincas ganaderas en el Cantón de Esparza, Provincia de Puntarenas, registraron mayor concentración, provenientes de la fermentación entérica, producida a partir del proceso digestivo del animal (Hassan 2010), seguido por el uso de fertilizantes empleados principalmente en pastos de corta, y uso de combustibles fósiles para maquinaria empleada en la producción de leche (Figura 4).

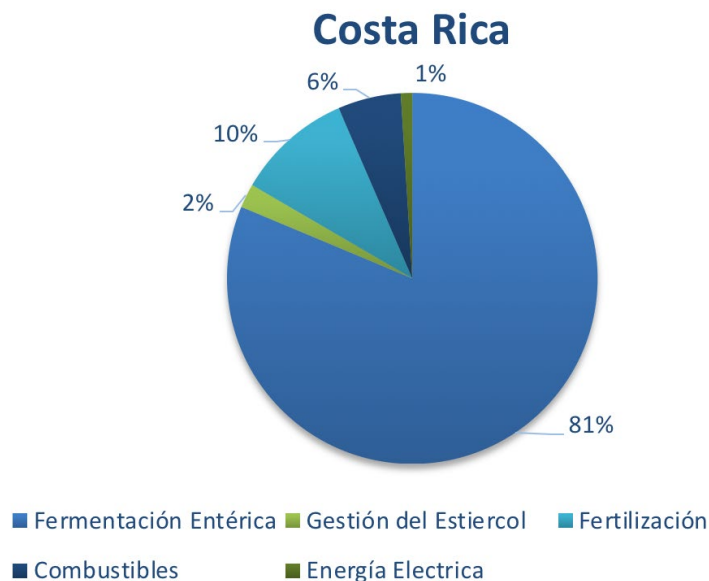


Figura 4. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en Esparza, Costa Rica (n =50).

Emisiones de GEI según intensificación de fincas

Las fincas con una alta intensificación presentaron una mayor área de pasturas, áreas de pastos, bancos forrajeros, mayor carga animal, mientras que, en las fincas medianas que poseen una mayor área de pastoreo, (debido a que alquilan otras áreas de pasturas para el mantenimiento de sus animales), se observó una mayor producción de leche y carne por área en fincas grandes y pequeñas que en fincas medianas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito, según intensificación en Esparza, Costa Rica

Variables	Alta	Media	Baja
No. de productores	5	7	5
Área total (ha)	23,5 ± 4,2	29,78 ± 2,2	41,14 ± 8,2
Pastura mejorada (%)	75,4	68,7	81,5
Pastura natural (%)	0,9	11,6	0
Banco forrajero (%)	6,1	1,2	1,9
Bosque (%)	8,8	15,9	17,2
Carga animal (UA/ha)	2,4 ± 0,2	1,62 ± 0,15	1,1 ± 0,2
Producción de leche promedio (kg/vaca/día)	7,8 ± 1,3	6,33 ± 0,8	4,5 ± 0,9

Las emisiones de GEI provenientes de la fermentación entérica, se encuentran relacionadas con el número de animales que manejan las fincas (Cuadro 5). El uso de insumos para mejorar la alimentación de los animales (pastos de corta) conlleva a un incremento de emisiones por la fertilización y uso de combustible fósiles, mientras que la energía está más relacionada por las actividades en la sala de ordeño.

Cuadro 5. Comparación de emisiones de GEI (CO_{2e}) según fuente de emisión en fincas doble propósito en Esparza, Costa Rica. 2016

Tipo de finca	Alta	Media	Baja
Fermentación Entérica (t CO _{2e} /año)	58,7 ± 11,3	74,6 ± 5,3	68,3 ± 2,3
Gestión de Estiércol (t CO _{2e} /año)	1,4 ± 1,3	1,9 ± 0,4	1,6 ± 0,2
Combustibles (t CO _{2e} /año)	2,8 ± 1,4	5,1 ± 1,4	5,4 ± 1,2
Fertilización (t CO _{2e} /año)	12,6 ± 8,4	4,2 ± 2,4	1,3 ± 0,6
Energía eléctrica (t CO _{2e} /año)	1,5 ± 0,3	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,04
Total Finca (t CO _{2e} /año)	91,9	94,3	80,1

Emisiones por unidad de producción de leche (kg leche/kg CO₂e)

El análisis de emisiones de CO₂ por unidad de producto (kg de leche), evidenció que en las fincas que tienen una alta productividad de leche, las emisiones son menores (Cuadro 6).

Cuadro 6. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO₂e por kg de leche, Esparza, Costa Rica.

Tipo de finca	Alta	Media	Baja
kg CO ₂ e/kg leche	2,5	3,2	5,9
Producción de leche promedio (kg/vaca/día)	7,8	6,3	4,5

5.2.2. Honduras

Las emisiones de GEI, en las fincas ganaderas, ubicadas en el departamento de Atlántida, Honduras, prevalece una producción de doble propósito con énfasis en la producción de leche, con un manejo extensivo, registraron que el 75% de las emisiones de GEI proviene de la fermentación entérica, seguido por el uso de combustibles 13,9% y gestión del estiércol (Figura 5).

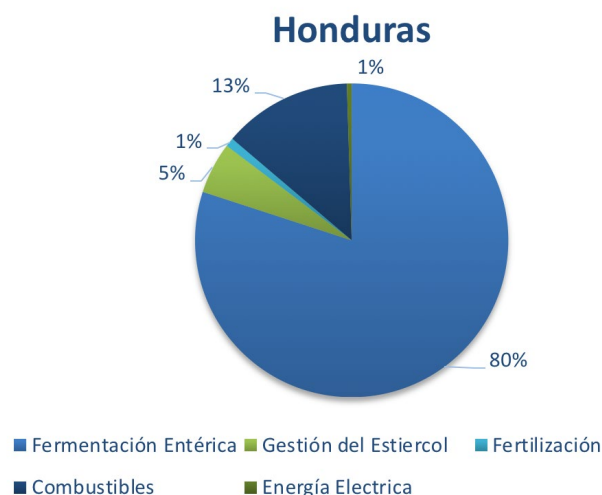


Figura 5. Composición de las emisiones de GEI en porcentaje de los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en Atlántida, Honduras (n=107).

Emisiones de GEI según intensificación de fincas

En Atlántida, la división de los grupos de fincas ganaderas, de acuerdo al grado de intensificación, estuvo más influenciada por la carga animal, que por las otras variables seleccionadas (Cuadro 7). El tipo de producción predominante es de doble propósito (DP); los animales machos son vendidos al destete 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 (Amador y Turcios 2017).

Cuadro 7. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito, según intensificación en Atlántida, Honduras.

Variables	Alta	Media	Baja
No. de productores	26	54	27
Área total (ha)	40,24 ± 5,2	55,3 ± 8,3	109 ± 17,1
Pastura mejorada (%)	90	70,2	59,6
Pastura natural (%)	9	24,4	19,8
Banco forrajero (%)	1	0,2	0
Bosque (%)	5,7	1,2	2
Carga animal (UA/ha)	2,3 ± 0,3	2,1 ± 0,1	0,94 ± 0,3
Producción de leche (kg/vaca/día)	4,2 ± 1,4	3,3 ± 1,1	2,5 ± 0,5

Las emisiones de GEI provenientes de la fermentación entérica están relacionadas con el número de animales de acuerdo al grado de intensificación (Cuadro 8). El consumo de gasolina, es el segundo factor de emisión GEI, siendo más alta en las fincas con alta intensificación, seguido de las de baja y media.

Cuadro 8. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósito en Atlántida, Honduras.

Tipo de fincas	Alta	Media	Baja
Fermentación entérica (t CO ₂ e/año)	58,59 ± 6,2	64,4 ± 9,1	75,11 ± 3,8
Gestión de estiércol (t CO ₂ e/año)	2,71 ± 1,6	2,9 ± 0,2	5,18 ± 0,2
Combustibles (t CO ₂ e/año)	21,3 ± 1,1	19,3 ± 1,7	19 ± 0,7
Energía eléctrica (t CO ₂ e/año)	0,32 ± 0,01	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,01
Fertilizantes (t CO ₂ e/año)	1,21 ± 1,2	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,02
Emisiones Totales (t CO ₂ e/año)	84,1	87,2	99,8

Emisiones por unidad de producción de leche (kg leche/kg CO₂e)

En la producción de leche, la emisión de gases por kilo de leche, fue mayor en las fincas con media y baja intensificación que en fincas con alta intensificación, presentado valores de: 0,14, 0,24 y 0,23 kg leche/kg CO₂e, respectivamente (Cuadro 9), apreciando que las fincas con una mayor intensificación, la eficiencia en producción es mayor que en los otros grupos.

Cuadro 9. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO₂e por kg de leche, Atlántida, Honduras.

Tipo de fincas	Alta	Media	Baja
kg CO ₂ e/Kg leche	3,21	4,5	5,23
Producción de leche (kg/vaca/día)	4,2	3,3	2,5

5.2.3. Nicaragua

Las emisiones de GEI, en las fincas ganaderas en la cuenca de la Vía Láctea, registraron que la mayor fuente de emisiones proviene de la fermentación entérica, seguida de la fertilización aplicada a los cultivos de granos básicos y cultivos de pastos de corta que manejan los productores (Figura 6).

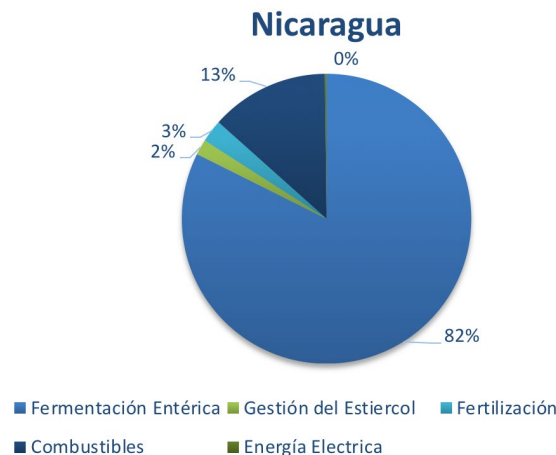


Figura 6. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la Vía Láctea (Matiguás, Muy Muy), Nicaragua.

Emisiones de GEI según intensificación de fincas

La actividad ganadera predominante es doble propósito⁵, con producción de leche y venta de animales para cría y desarrollo, con orientación de manejo pastoreo extensivo. Los productores obtienen diferentes ingresos en el año, lo cual permite garantizar cierta sostenibilidad de las fincas ganaderas, así como el flujo de caja diario, obtenido a través de la venta de leche y del ingreso temporal por la venta de novillos. Las razas o cruces más comunes son: Holstein, Jersey, Pardo, Brahmán, el área de la finca varía entre 40 a 144 ha (Cuadro 10).

Cuadro 10. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito en la Vía Láctea (Matiguás, Muy Muy), Nicaragua.

Variables	Alta	Media	Baja
No. de productores	77	145	76
Área total (ha)	40,8 ± 10,0	71,47 ± 7,32	144,7 ± 10,1
Pastura mejorada (%)	23,7	31,6	25,8
Pastura natural (%)	51,9	53,8	65,7
Banco forrajero (%)	2,9	1,4	0,5
Bosque (%)	17,7	9,1	6,7
Carga animal (UA/ha)	1,7 ± 0,05	0,84 ± 0,04	0,42 ± 0,05
Producción de leche (kg/vaca/día)	4,25 ± 1,0	3,85 ± 0,9	3,06 ± 0,8

En las fincas ganaderas, según el grado de intensificación, se presentan diferencias en las emisiones generadas por el metano entérico, siendo mayor, en las fincas que alimentan el ganado con solo pastoreo (baja intensificación), mientras que las emisiones de fertilización, fue mayor en las fincas con alta intensificación, los productores aplican fertilizantes a los cultivos para autoconsumo y para los pastos de corte. No se presentaron diferencias en las emisiones generadas por el uso de combustible, su manejo es similar en todas las fincas (Cuadro 11).

⁵ En las fincas, los animales machos son criados para la venta "sacrificio"; las hembras, se destinan para la producción de leche y cuando llegan cerca de los 7 años de edad, son vendidas para sacrificio.

Cuadro 11. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósito en Matiguás, Muy Muy, Nicaragua.

Tipo de fincas	Alta	Media	Baja
Fermentación entérica (t CO ₂ e/año)	65,5 ± 8,8	69,5 ± 6,4	79,8 ± 8,9
Gestión de Estiércol (t CO ₂ e/año)	0,85 ± 0,1	0,9 ± 0,07	0,96 ± 0,1
Combustibles (t CO ₂ e/año)	9,69 ± 0,9	8,52 ± 0,7	8,79 ± 0,9
Fertilización (t CO ₂ e/año)	4,9 ± 1,5	2,74 ± 1,5	1,37 ± 1,1
Electricidad (t CO ₂ e/año)	0,1 ± 0,05	0,12 ± 0,04	0,2 ± 0,05
Emisiones totales (t CO₂e/año)	82,02	81,77	91,15

Emisiones por unidad de producción de leche (kg leche/kg CO₂e)

Las emisiones de metano entérico, se encuentran relacionadas con la carga animal, es decir, a mayor número de animales se incrementan las emisiones de metano (Cuadro 12), sin embargo, a medida en que se pueda mejorar la calidad de la dieta, se logran reducir estas emisiones por unidad de producto (producción de leche y carne).

Cuadro 12. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO₂e por kg de leche en Matiguás, Muy Muy, Nicaragua.

Tipo de fincas	Alta	Media	Baja
kg CO ₂ e/kg leche	3,3	5,4	7,1
Producción de leche (kg/vaca/día)	4,3	3,8	3,06

5.2.4. Panamá

Las emisiones de GEI para las fincas ganaderas en la provincia de Los Santos, la mayor fuente de emisión proviene de la fermentación entérica (Figura 7), en las fincas evaluadas no se les considero las emisiones por uso de energía, debido a que ningún productor el uso en la finca de luz eléctrica para la producción, no obstante, emplean combustibles fósiles para plantas eléctricas, por lo que la segunda fuente de emisión es el uso de combustible fósil.

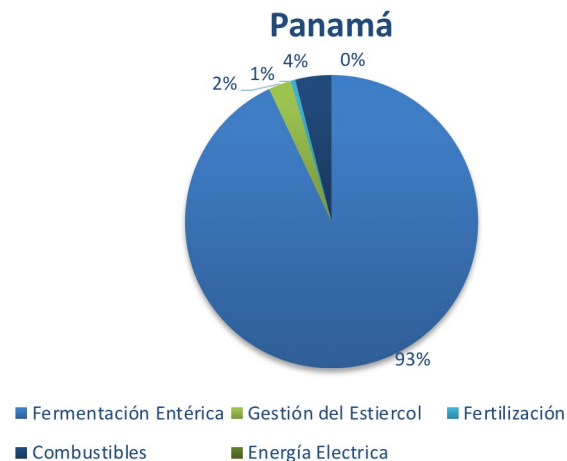


Figura 7. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la provincia de Azuero, Panamá.

La actividad ganadera predominante es doble propósito⁶, con producción de leche bajo un sistema de manejo pastoreo extensivo. La clasificación de las fincas analizadas se ajustó acorde al manejo de uso de tecnologías y arreglos silvopastoriles como el uso de bancos forrajeros de alto valor nutritivo, presencia de pasturas mejoradas, carga animal, y eficiencia productiva (litros/vaca/día). Las fincas de baja intensificación fueron las fincas con mayor extensión de tierra (103.4 ± 24.2 ha) y tienen mayor área de pastos naturales cubriendo un 78% del área total de uso ganadero (Cuadro 13). Las fincas con alta intensificación son las que tienen mayor eficiencia productiva (litros/vaca/día) con un promedio de 6 litros en la época lluviosa y de 4 litros en la época seca, y mayor área de pastos mejorados cubriendo en promedio un 76% del área total de uso ganadero. Las fincas de alta y media intensificación presentaron manejos similares en la variable de suplementación animal, señalando que la suplementación se les proporcionaba

⁶ En las fincas, los animales machos son criados para la venta "sacrificio"; las hembras, se destinan para la producción de leche y cuando llegan cerca de los 7 años de edad, son vendidas para sacrificio.

principalmente a las vacas en ordeño, siendo las fuentes de suplemento más habituales los concentrados comerciales y ensilajes de maíz.

Cuadro 13. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito del Azuero según su el nivel intensificación.

Variables	Alta	Media	Baja
No. de productores	38	75	37
Área total (ha)	29,9 ± 8,2	25,5 ± 10,2	103,4 ± 24,2
Pasto Mejorado (%)	76,3	15,8	28,24
Pastos Naturales (%)	20,2	60%	78%
Banco Forraje (%)	0,10	0,06	0,02
Bosque (%)	0,8	0,04	0,11
Carga animal (UA/ha)	2,3 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,3 ± 0,5
Producción de leche (kg/vaca/día)	5,9 ± 1,1	4,7 ± 1,2	3,74 ± 0,9

Los productores manejan un promedio de 16 vacas en ordeño, con una producción diaria de leche por vaca, en promedio fue de 5 litros, la carga animal promedio fue de 1.6 UA/ha. En promedio, cada hembra adulta tiene un parto cada 428 días, y una lactancia dura en promedio 254 días, esta situación puede estar relacionada a un bajo porcentaje de preñez ya que el porcentaje de vacas en ordeño es bajo (Cuadro 14). El encaste racial predominante es de cruces entre pardo suizo y Holstein con animales cebú, varias de las fincas han introducido recientemente animales de la raza gyr-lechero y el cruce girolando.

Cuadro 14. Caracterización de las fincas ganaderas doble propósito mediante indicadores zootécnicos en la provincia de Azuero, Panamá.

Variable	Estimación
%Vacas Ordeño	60,2 ± 1,6
Kg Leche/Vaca/día	5,2 ± 0,1
Carga Animal (UA/ha)	1.6 ± 0,1
Natalidad %	60.0 ± 1,8
Duración/Lactancia	254 ± 6,7

El área total de pasturas en las fincas, tienen una media entre 37- 45 hectáreas; los pastos mejorados representan en promedio entre 23-33%. La mayoría de las pasturas mejoradas, son cultivares de *Brachiaria brizantha*; el resto de las pasturas está compuesto por pastos tradicionales como *Hyparrhenia rufa*, *Bracharia mutica*, y *Megathyrus maximus*.

El 36% de las fincas, disponen de árboles dispersos en los potreros con una media de 4- 6 árboles/hectárea. Se evidenció, que son escasas las fincas sembradas con maíz para elaborar ensilajes (16%) y caña de azúcar (17%) como recurso forrajero para usar durante la época seca (verano, meses diciembre-junio). Respecto de las fincas con problemas, por escasez de agua durante la época de verano, el 23% registra esta situación y solo el 8% de todas las fincas relacionadas en las encuestas, disponen de riego para el recurso forrajero.

Con respecto, a la fuente de las emisiones de GEI para todos los grupos el mayor porcentaje es el de la fermentación entérica (Cuadro 15), provienen directamente del animal por la fermentación entérica (85-90%) lo que está relacionado al desbalance nutricional en las dietas y la baja productividad por sistemas deficientes en la selección animal. En las fincas evaluadas no se consideraron las emisiones por uso de energía, debido a que los productores no realizan ninguna actividad con el uso de la energía eléctrica, sin embargo, utilizan combustible para plantas eléctricas por lo que la segunda fuente de emisión más relevante en la región es el uso de combustible fósil. Mientras que las emisiones directas por N₂O, se observó, que la aplicación de fertilizantes sintéticos es bajo, debido a que solamente lo aplican a las áreas de bancos de forraje, mientras que en las pasturas únicamente lo utilizan en su establecimiento.

Cuadro 15. Comparación de emisiones de GEI según fuente de emisión en fincas doble propósitos en Azuero, Panamá.

Fuente de Emisión	Alta	Media	Baja
Fermentación entérica (t CO ₂ e/año)	67,3 ± 6,2	76,5 ± 7,1	101,2 ± 14,7
Gestión de estiércol (t CO ₂ e /año)	1,0 ± 0,8	1,2 ± 1,1	2,1 ± 1,2
Combustibles (t CO ₂ e/año)	3,9 ± 0,7	3,4 ± 0,3	6,3 ± 0,3
Fertilizantes (t CO ₂ e/año ⁻¹)	1,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,06 ± 0,02
Emisiones totales (t CO₂e/año)	73,3	81,2	109,6

Emisiones por unidad de producción de leche (kg CO₂e/kg Leche)

En la producción de leche, la emisión de gases por kilo de leche, fue mayor en las fincas con baja y media intensificación que en fincas con alta intensificación, presentado valores de: 7,1, 5,4 y 3,3 kg CO₂e/Kg leche, respectivamente (Cuadro 16), apreciando que las fincas con una mayor intensificación, la eficiencia en producción es mayor que en los otros grupos, observándose que al tener una mejor alimentación mediante el uso de tecnologías silvopastoriles y suplementación con ensilaje + concentrado se tiene un mayor productividad de leche.

Cuadro 16. Emisión de GEI por unidad de producto, expresada en kg CO_{2e} por kg de leche en la Provincia de Azuero, Panamá.

Tipo de fincas	Alta	Media	Baja
kg CO _{2e} /kg leche	4,3	5,6	6,7
Producción de leche (kg/vaca/día)	5,9	4,7	3,7

Los resultados de la caracterización de las fincas ganaderas de doble propósito en cada país, mostró diferencias en la distribución de los sistemas de producción, según el grado de intensificación en relación a la carga animal, usos del suelo y suplementación con forrajes. Estas variables son las más relevantes, debido a que se encuentran vinculadas al desarrollo de la actividad ganadera en la región Centroamericana, por lo que inciden en el manejo de las pasturas, el número de animales, el manejo del estiércol y el nivel de tecnológico, productividad y la reducción de emisiones que se tiene en cada finca.

En la región, se apreció que, en la actividad ganadera la mayor fuente de emisión es la generada por la fermentación entérica de los animales. El metano se produce en el sistema digestivo de los rumiantes, cuando los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción de los nutrientes. La cantidad de metano que se emite depende del tracto digestivo, edad y peso del animal; también, influye el tipo de alimento consumido. Los rumiantes son los animales a los que se les atribuye mayor producción de metano por su estructura intestinal. (IPCC 2006, Moss et al. 2000).

Otro factor que se encuentra vinculado al manejo de animales, es la gestión del estiércol, en las cuales se consideran, dejar el estiércol en las pasturas, la colecta en las salas de ordeño, que menos del 5% de las fincas presentaron manejo del excreto para producción de gas o producción de abonos orgánicos. Donde estas prácticas presentan diferentes grados de emisión de metano, sin embargo, para el análisis integral de las fincas por cada país, fueron contempladas e integradas, por lo general el 88% de las fincas, no hace un buen manejo del estiércol, únicamente algunas con Alta intensificación, emplean el estiércol para la producción de biogás o biofertilizantes. Esta es una de las oportunidades que se tiene en la región para promover un manejo del estiércol apropiado, acondicionado a las condiciones sociales, culturales en cada país.

El consumo de energía eléctrica, en general es utilizado para los medios de subsistencia de las familias de los productores, en general, la leña, se usa frecuentemente en

Honduras y Nicaragua, mientras que la energía eléctrica en Costa Rica y Panamá. Los combustibles fósiles se utilizan para vehículos y maquinarias en la actividad pecuaria. En las fincas que manejan biodigestores, el gas lo emplean para la preparación de alimento, mientras que los lixiviados, los emplean como abonos orgánicos, para cultivos y pastos de corta.

Con respecto a la producción de óxido nitroso, se realiza de manera natural en procesos del suelo mediante la nitrificación y la desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato y la desnitrificación es la reducción microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno (N_2). El óxido nitroso es un producto intermedio gaseoso en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se libera de las células microbianas al suelo y después a la atmósfera. Esto está relacionado con la disponibilidad de N inorgánico en el suelo. Por lo tanto, se estiman las emisiones de N_2O por los insumos con N causados por influencia antropogénica, como lo son la adición de fertilizantes sintéticos, depósito de estiércol, residuos agrícolas (García-Fernández y Sánchez, 2008).

Las emisiones de N_2O producidas por insumos con N se producen directamente e indirectamente por la volatilización de amonio (NH_3) y nitratos (NO_x), por los combustibles fósiles y la quema de biomasa (IPCC, 2006). Las emisiones de N_2O , se ven influenciada por el tipo de fertilizante (químico u orgánico). Donde la fertilización orgánica contempla la gestión de estiércol, que produce metano además de óxido nitroso y otros componentes volátiles distintos del metano. Los fertilizantes químicos para cultivos y pastos de corta contienen los tres macronutrientes más necesarios para las plantas, en forma de nitrato de amonio (NO_3NH_4), óxidos de fósforo (P_2O_5) y óxidos de potasio (K_2O) (FAO 1992). Estos componentes deben pasar por procesos que incluyen microorganismos del suelo para ser absorbibles por las plantas, ya que estas requieren nitratos, fósforo y potasio como elementos libres (FAO 1992). Solo el nitrógeno se convierte en elemento gaseoso, su volatilización es un proceso secundario proporcional a la cantidad de abono químico aportado al suelo (IPCC 2006). En cada país, se evidenció que las fincas con alta intensificación, tiene un mayor consumo de fertilizantes, esto se manifiesta en emisiones por aplicación de fertilizantes. Sin embargo, las emisiones provenientes por la fertilización en fincas ganaderas son bajo, en comparación con cultivos agrícolas como por ejemplo el cultivo de arroz, en el cual el N_2O es el responsable del 65% del total de emisiones (Andrade et al. 2014).

Otros insumos, que emplean las fincas para la gestión de los cultivos y pasturas, son el uso de plaguicidas clorados con alto contenido de nitrógeno y herbicidas tales como paraquat, 2-4d, Glifosato, Gramoxon, Tordon. Burns y Audus (1970). Explican que el paraquat se rompe en el suelo por medio de las arcillas o por el metabolismo de una levadura llamada *Lipomyces starkeyi* que utiliza el nitrógeno como fuente de alimento.

También los suelos con altos contenidos en materia orgánica son capaces de absorberlo con facilidad, lo que desencadena en la quema de los microorganismos vivos y vegetación. Los herbicidas se utilizaron especialmente para control de maleza en las pasturas. No se encontró fórmulas o factores de emisión que permitiesen realizar el cálculo de emisión por el uso de estos productos, por lo que no fueron considerados en el análisis de las emisiones.

5.3. Relación entre la emisiones de GEI y beneficio económico

En esta sección se realizó un análisis de correlación para identificar las sinergias entre las emisiones generadas en las fincas ganaderas y las emisiones generadas por producción de un kilo de leche entre los indicadores productivos y económicos: carga animal (AU/ha), producción de leche (kg/ha/año) y beneficio costo.

5.3.1. Costa Rica

En Costa Rica, en términos de sinergias la carga animal presentó una correlación positiva entre la producción de leche y las emisiones totales de la finca ($r=0,75$), lo que indica que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche presentaron una correlación negativa ($r=-0,79$) apreciando que a media que se incrementa la producción de leche se reduce las emisiones de metano (Cuadro 17; Figura 8), evidenciando que se tiene unas fincas pueden tener una alta producción con bajas emisiones por unidad de producto.

Cuadro 17. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, Esparza, Costa Rica.

	Carga Animal (AU/año)	Producción de leche (kg/ha/año)	Relación Beneficio-Costo (B/C)	Emisiones GEI (t CO ₂ e/ha/año)	kg CO ₂ e/kg leche
Carga Animal (AU/año)	1,00				
Producción de leche (kg/ha/año)	0,75*	1,00			
Relación Beneficio/Costo (B/C)	-0,33	-0,16	1,00		
Emisiones GEI (t CO₂e/ha/año)	0,85*	0,68*	-0,19	1,00	
kg CO₂e/kg leche	-0,79*	-0,80*	-0,03	-0,83*	1,00

* Correlaciones significativas $p > 0,05$

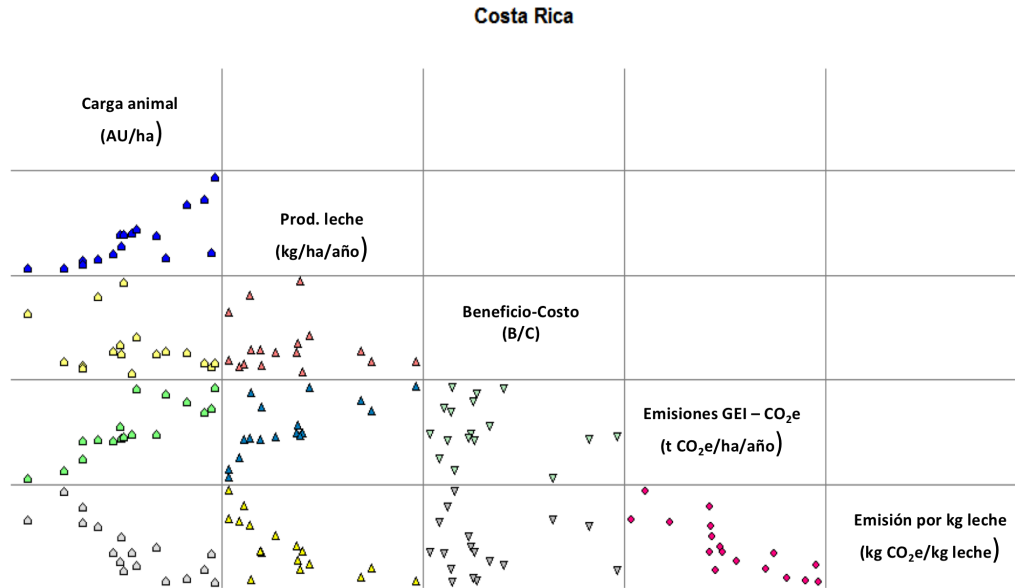


Figura 8. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Esparza, Costa Rica.

5.3.2. Nicaragua

En Nicaragua, en términos de sinergias la carga animal presentó una correlación positiva entre las emisiones totales de la finca ($r=0,76$), evidenciando que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche con la carga animal presentaron una correlación negativa ($r=-0,51$), lo que significa que a media que se incrementa la producción de leche se reducen las emisiones de metano (Figura 8; Cuadro 18). Se presentó una correlación negativa ($r=-0,74$), entre la producción de leche y las emisiones por unidad de producto, en el cual se aprecia que hay fincas que presentan una alta productividad y una baja emisión de CO_2e . Esta tendencia entre la relación de leche y emisiones producidas se asemeja a la referida por Gerber et al. (2011). Así que los sistemas de mayor productividad tienden a poseer los menores valores de emisiones de GEI.

Cuadro 18. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Matiguas, Muy Muy, Nicaragua.

	Carga Animal (AU/año)	Producción de leche (kg/ha/año)	Relación Beneficio/Costo (B/C)	Emisiones GEI (t CO ₂ e/ha/año)	kg CO ₂ e/kg leche
Carga Animal (AU/año)	1,00				
Producción de leche (kg/ha/año)	0,36*	1,00			
Relación Beneficio/Costo (B/C)	0,03	0,39	1,00		
Emisiones GEI (t CO ₂ e/ha/año)	0,76*	0,11	-0,24	1,00	
kg CO ₂ e/kg leche	-0,51*	-0,74*	-0,43*	-0,32	1,00

* Correlaciones significativas $p = > 0,05$

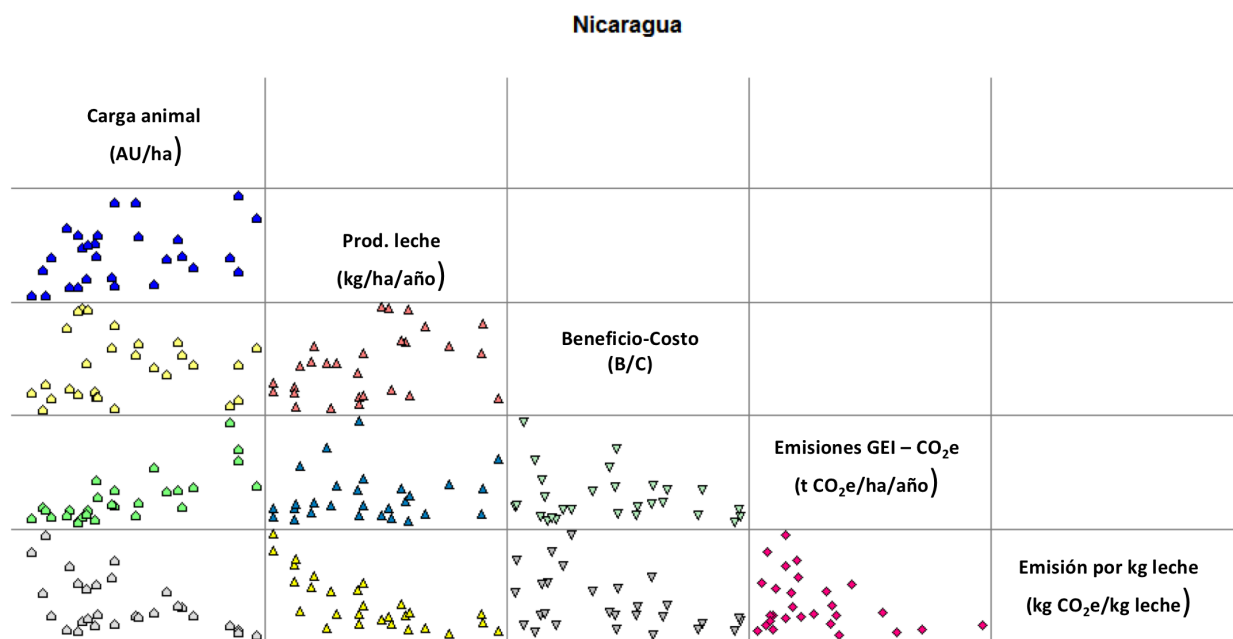


Figura 9. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Matiguas, Muy Muy, Nicaragua.

5.3.3. Honduras

En Honduras, la carga animal presentó una correlación baja con las emisiones totales de la finca ($r=0,25$), evidenció la misma tendencia encontrada en los otros países, donde se observó que a medida que se incrementa la carga animal se aumentan las emisiones; no obstante, las emisiones por kilo de leche con la carga animal presentaron una correlación negativa ($r=-0,38$), lo que significa que a media que se incrementa la producción de leche se reducen las emisiones de metano (Cuadro 19; Figura 9). Se presentó una correlación negativa ($r=-0,42$), entre la producción de leche y las emisiones por unidad de producto, en el cual se aprecia que existen fincas que presentan una alta productividad y una baja emisión de CO₂e. Apreciando que en los sistemas de mayor productividad tienden a poseer los menores valores de emisiones de GEI.

Cuadro 19. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Atlántida, Honduras.

	Carga Animal (AU/año)	Producción de leche (kg/ha/año)	Relación Beneficio/Costo (B/C)	Emisiones GEI (t CO ₂ e/ha/año)	kg CO ₂ e/kg leche
Carga Animal (AU/año)	1				
Producción de leche (kg/ha/año)	0,25	1			
Relación Beneficio/Costo (B/C)	-0,04	-0,24	1		
Emisiones GEI (t CO ₂ e/ha/año)	0,06	0,83*	-0,01	1	
kg CO ₂ e/kg leche	-0,38	-0,42*	0,17	-0,46*	1

* Correlaciones significativas $p > 0,05$

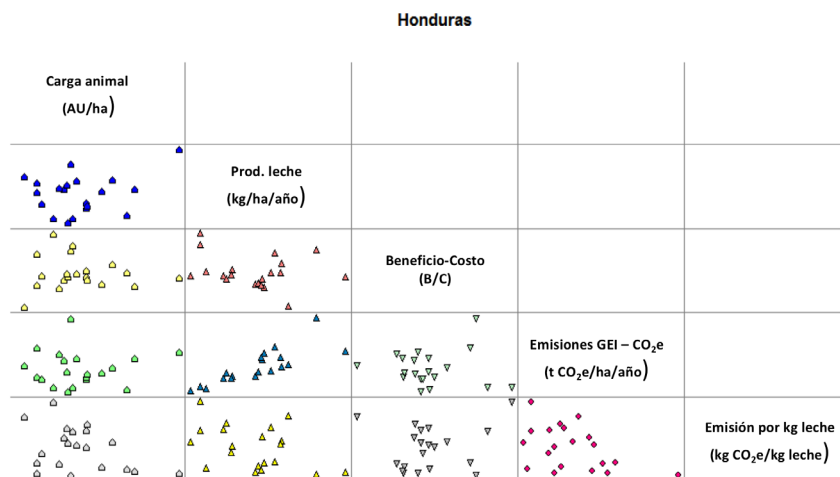


Figura 10. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en Atlántida, Honduras.

5.3.4. Panamá

En Panamá, la carga animal presentó una significativa correlación positiva ($r=0,94$) con la producción de leche, es decir fincas con mayor producción tienden a tener mayores emisiones totales. La relación B/C se tuvo una correlación negativa débil. Sin embargo, la relación B/C presentó una correlación negativa moderada ($r = -0.46$) con las emisiones por kilo de leche producidas en las fincas ($\text{Kg CO}_2/\text{Kg leche}$); por lo que algunas fincas con menores emisiones de CO_2e por litro de leche producido tienden a una mayor relación B/C (Cuadro 20, Figura 11).

Cuadro 20. Análisis de correlación de Pearson entre emisiones de GEI e indicadores productivos y económicos en fincas ganaderas de doble propósito, en Atlántida, Honduras.

	Carga Animal (AU/año)	Producción de leche (kg/ha/año)	Relación Beneficio/Costo (B/C)	Emisiones GEI (t $\text{CO}_2\text{e/ha/año}$)	kg $\text{CO}_2\text{e/kg}$ leche
Carga Animal (AU/año)	1				
Producción de leche (kg/ha/año)	0,94	1			
Relación Beneficio/Costo (B/C)	-0,16	-0,07	1		
Emisiones GEI (t $\text{CO}_2\text{e/ha/año}$)	0,97	0,90	-0,18	1	
kg $\text{CO}_2\text{e/kg}$ leche	-0,18	-0,43	-0,42	-0,16	1

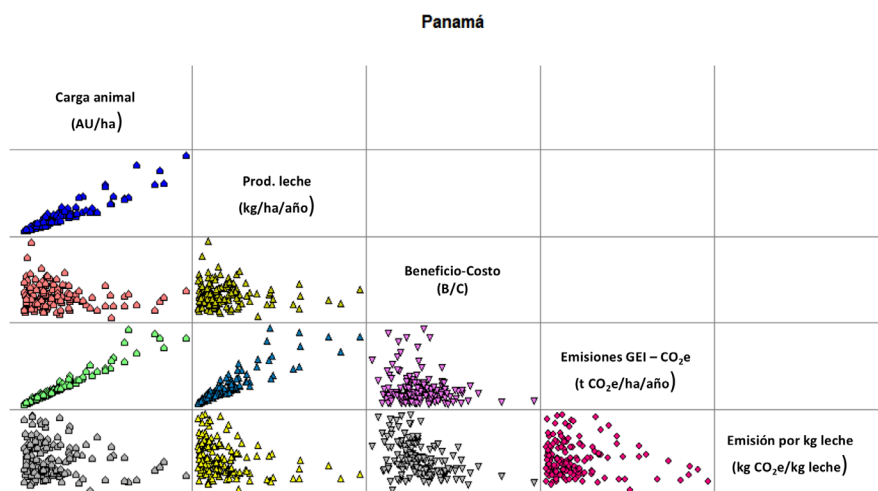


Figura 11. Relaciones entre las emisiones de GEI en fincas ganaderas e indicadores productivos y socioeconómicos para fincas doble propósito en la provincia de Azuero, Panamá.

En la región Centro Americana, se destaca que existen fincas con bajas emisiones por producto (litro de leche) debido a un mejor manejo nutricional y uso de tecnologías (pastos mejorados, pastos de corta, ensilaje, concentrado), uso de buenas prácticas ganaderas (Figura 12). Lo que evidencia que el aumento de la productividad en vacas en producción puede ser la estrategia más exitosa para reducir la intensidad de emisión de CH₄. Para ello se deben tomar en cuenta los factores de alimentación que afectan el consumo de MS y producción de leche. Así, la composición de la dieta, forma física, humedad, relación forraje: concentrado y la calidad genética de las vacas aumentan o disminuyen la producción de leche. El aumento de la digestibilidad del forraje e ingesta de forraje digestible reduce las emisiones de CH₄ por fermentación entérica y manejo de las heces (Afshar y Naser, 2011).

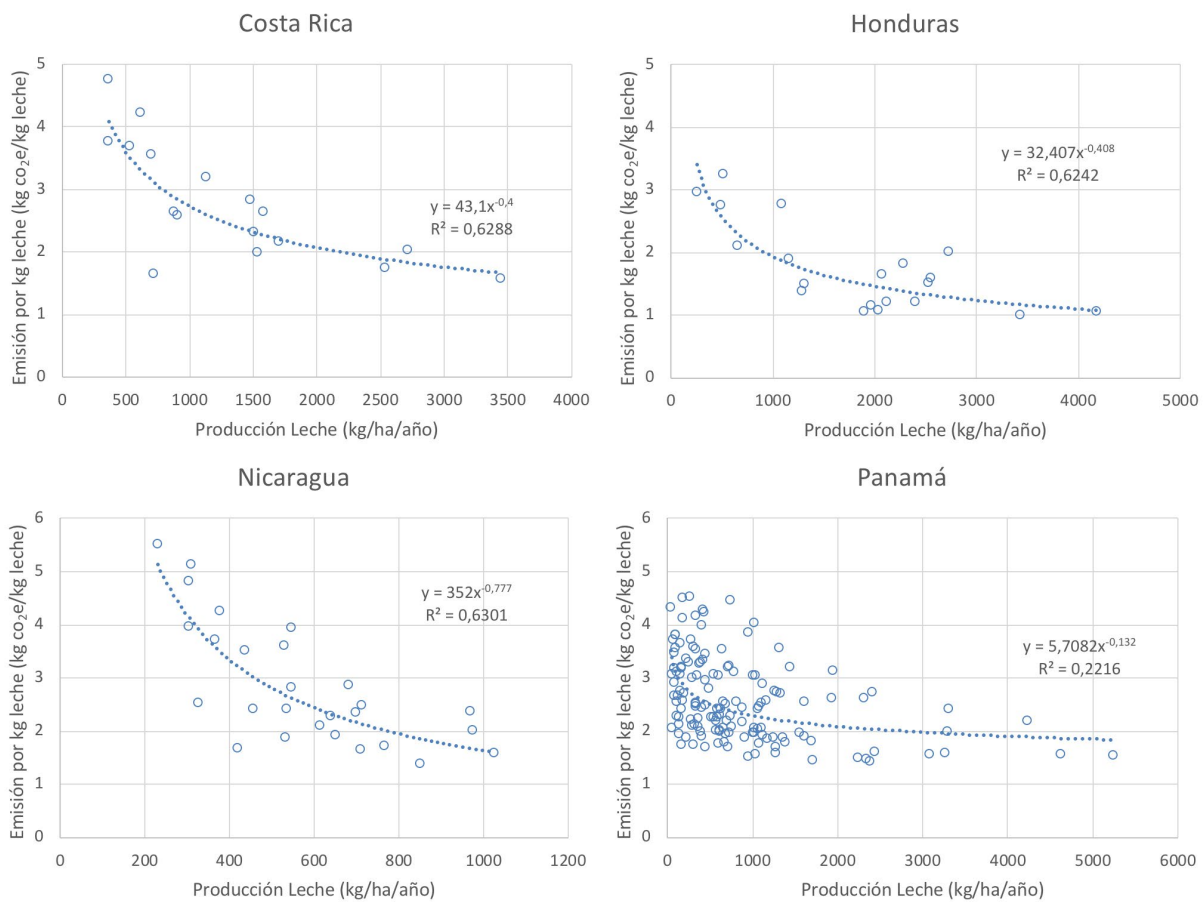


Figura 12. Relación entre Kg CO_{2e} y Kg de leche producidos en la región centro americana.

Sin embargo, al no existir un precio diferenciado en la leche o carne proveniente de fincas con buenas prácticas de manejo, las fincas asumen un aumento en los costos de producción en el cual se observa una disminución en la relación de costo beneficio, lo que hace que se baje su rentabilidad.

Las relaciones encontradas entre los indicadores socioeconómicos, productivos y las emisiones de las fincas en la región centroamericana, arrojaron que la mayoría de fincas tiene un manejo tradicional, mientras que las fincas con alta intensificación registraron alta productividad y baja emisión de GEI, lo cual fue un patrón registrado en cada sitio de estudio.

En las fincas con alta intensificación, prevalece el manejo de pasturas de forma rotacional, aunque en épocas críticas de alimentación, esto puede cambiar su sistema de manejo dejando abierto la mayoría de potreros. No obstante, las fincas manejan diferentes estrategias para mantener su producción, como el uso de bancos de forraje en especial pastos de corta y concentrados como suplementación animal. Así mismo, las fincas manejan los sistemas silvopastoriles tradicionales en Centro América, como son los árboles en potrero, cercas vivas simples, lo que su gestión integral les hace mantener una eficiencia productiva más alta en comparación con de media y baja intensificación. En las de alta intensificación, se obtuvo una relación de mayor producción de leche con una baja emisión de CO_{2eq}; lo que fue corroborado, con el estudio experimental de metano, el cual reflejo que los animales con buena alimentación, tienen una mayor ganancia de peso y por ende una menor emisión de metano.

Al analizar las estimaciones de emisiones de GEI con el indicador económico de beneficio-costos (B/C), la producción de leche, evidencio que hay una correlación baja ($r = -0.24$ y -0.01 ; Cuadro 17, 18, 19, 20), esto se asocia con la falta de mercados diferenciados para la venta de productos que provengan de fincas ganaderas con buenas prácticas de manejo y sistemas silvopastoriles, lo cual hace que los productores no se motiven para mejorar el manejo ganadero y por ende la reducción de emisiones.

Para ayudar a superar estas barreras, se requiere de planes estratégicos, que incentiven mejorar el manejo ganadero, que consisten en afrontar los grandes desafíos que se tiene actualmente con la variabilidad climática (intensificación de las lluvias – mayor riesgo a inundaciones, sequías prolongadas), lo que incrementa los costos de producción, accesos a mercados diferenciados y la falta de asistencia técnica (productiva y empresarial), factores estos que son críticos para el desarrollo de una ganadería baja en emisiones en la región.

5.4. Medición de metano entérico en animales – Técnica de SF6

Se realizó un experimento con hembras adultas en pasturas de Ratana (*Ischaemum indicum*), en la zona de bosque húmedo tropical en Costa Rica.

Se apreció que la calidad nutritiva de la pastura se presenta en el Cuadro 21. Se observa que los contenidos de proteína cruda (PC) y Fibra Detergente Neutro (FDN), son concordantes con los observados por Villareal et al (2010), para condiciones de trópico muy húmedo y edad de rebrote similar.

Cuadro 21. Calidad nutritiva de la pastura de ratana (*Ischaemum indicum*), presentado con valores promedio y su desviación estándar, Finca experimental Los Diamantes, Costa Rica.

Forraje ofrecido	PC	FDN (%)	Degradación Ruminal (%)
Promedio	13 ± 1,5	56,7 ± 3,2	50,9 ± 12,8

Durante el periodo experimental las vacas mantuvieron una condición corporal, estado sanitario y reproductivo muy bueno pese a su edad (7-9 años).

La emisión de metano, no presento diferencias significativas entre vacas; el promedio de emisión fue de 200,4 gCH₄/vaca/día (Figura 13). La emisión fue mayor a la observada por Montenegro y Barrantes 2015; Pedreira *et al* 2009; Primavesi *et al* 2004; con animales de pesos inferiores (entre 329 y 374 kg) a los utilizados en esta evaluación (511 kg), en el primer caso, con una digestibilidad mucho mayor (63,3 %) y en el último con una semejante (50%) al valor determinado en la pastura utilizada en este caso.

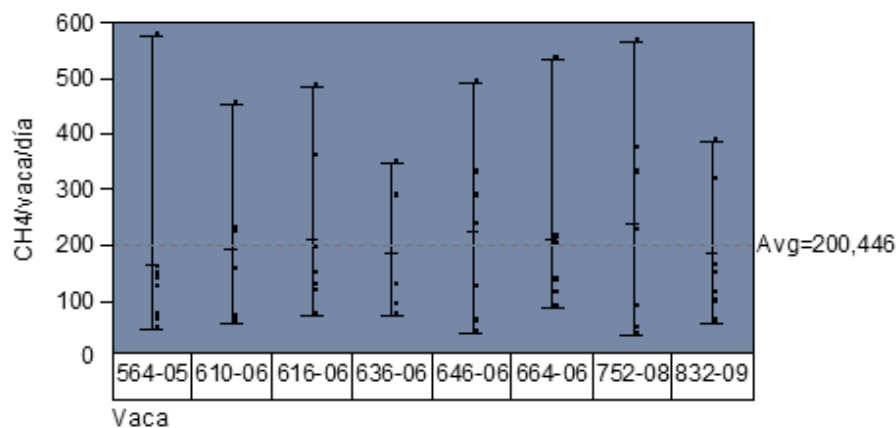


Figura 13. Emisión de metano en gCH₄ /vaca/día, en Finca Experimental los Diamantas-Costa Rica.

La relación de la emisión de metano por unidad de peso vivo (PV), se observó que bajo las condiciones del presente estudio, se obtuvo una relación más baja (0,39 g kg/PV) que las registrada por Montenegro y Barrantes 2015; Pedreira *et al* 2009; Primavesi *et al* 2004; fue similar a la registrada en África, con trabajos realizados con animales cebú de la raza Nelore (Neto et al. 2009).

Experimento con machos en crecimiento en pasturas de Cayman (*Brachiaria híbrido*), en la zona de bosque húmedo tropical en Costa Rica

Oferta de forraje, consumo de materia seca y calidad nutritiva. La disponibilidad de forraje en materia seca (MS), su degradación ruminal, así como los contenidos de proteína cruda (PC) y Fibra Detergente Neutro (FDN) que se presentan el Cuadro 22, son similares con los obtenidos por Hernández et al, 2014.

Cuadro 22. Disponibilidad de materia seca y *calidad nutritiva de Cayman (*Brachiaria* híbrido)*

Forraje ofrecido	MS (kg MS ha-1)	EB (MJ kg MS-1)	PC (%)	FDN (%)	Degradación Ruminal (%)
Promedio	6211 ± 2612	17,2*	9,6 ± 1.9	56,6 ± 5,3	59,7 ± 4,3

* Resultado preliminar, muestras aún en Lab EEAVM UCR.

El contenido de energía bruta (EB) fue inferior al sugerido por NRC, 2001 e IPCC, 2006 para realizar las estimaciones de necesidades de energía y emisión de metano de los bovinos. No obstante, son concordantes con los reportados por Cardona et al 2002, para los principales forrajes utilizados en Colombia. Esta diferencia, del 6,6% de los contenidos de energía bruta de los forrajes, se considera importante para las estimaciones de metano entérico en esta región de América Tropical, ya que los consumos de energía total podrían ser menores a los estimados (Cuadro 22).

El consumo promedio estimado de materia seca por Cr₂O₃, (Cuadro 23) fue de 12.8 kg MS a⁻¹ d⁻¹, siendo equivalente a 24,0 g kg⁻¹ peso vivo (2,4% PV) semejante a los encontrados por Detmann et al (2014) en su meta análisis de 24,8 y 21,8 g/kg en general y animales en crecimiento respectivamente. La relación entre el nitrógeno consumido y el excretado, concuerdan con los reportados con Moran, J.B. and Vercoe, J.E. (2009), que sugieren que el ganado cebú, podría tener una mayor digestibilidad verdadera del nitrógeno y un menor metabolismo fecal que las razas originarias de Gran Bretaña. Así mismo, la proporción de nitrógeno excretado en el presente estudio concuerda con lo reportado por Kennedy 2013. En relación con los valores de carbono excretados,

concuera con los reportados por Pelster et al 2016 en pasturas tropicales del este de África.

Cuadro 23. Estimación de materia seca carbono y nitrógeno, consumidos y excretados.

Forraje	MS		C		N	
	Consumo	Heces	Consumo	Heces	Consumo	Heces
	Kg MS a ⁻¹ d ⁻¹					
Promedio	12.8 ± 2,4	2,1 ± 1,0	5,7 ± 1,0	2,1 ± 0,4	0,17 ± 0,03	0,09 ± 0,02

Al comparar el consumo de MS por los dos métodos empleados, se observaron diferencias significativas ($P < 0,001$), siendo los promedios del cálculo alométrico y el estimado por óxido crómico: 10,05 y 12,79 MS kg a⁻¹ d⁻¹ respectivamente, para una diferencia de 21,4% (Figura 14).

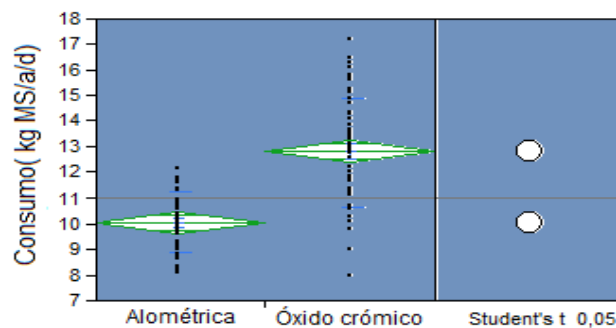


Figura 14. Consumo de materia seca en kg a⁻¹ día⁻¹

Los valores de consumo de energía, variaron significativamente entre la estimación de consumo de MS alométrica y óxido crómico. El contenido preliminar (muestras en Laboratorio) de EB del forraje fue inferior en un 6,6% al sugerido por NRC 2001 de 4,4 Mcal/Kg MS y semejante a los valores reportados por Cardona et al 2002, para pasturas tropicales en Colombia y Detmann et al (2014) para la región norte de Australia (tropical). En relación a la ingesta de energía bruta del alimento, es más importante una buena estimación del consumo de MS, que un inadecuado contenido de energía bruta del alimento. Esto es de vital importancia en la estimación de la emisión de metano por fermentación entérica en los bovinos por el nivel 2 de IPCC 2006, que se basa en la proporción de EB consumida que se libera en forma de CH₄ (Figura 15).

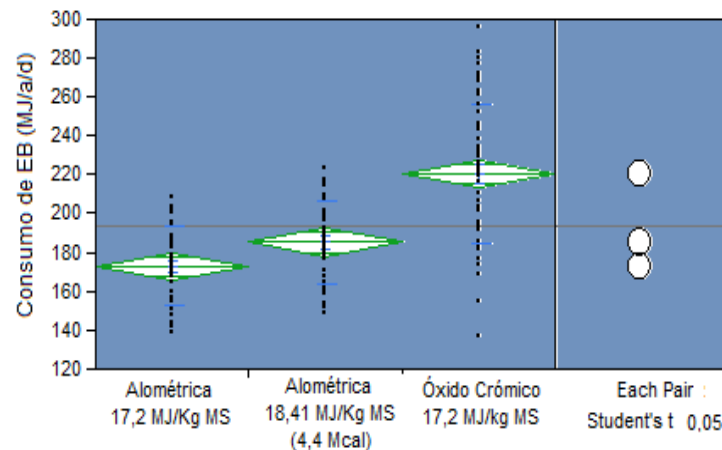


Figura 15. Consumo de energía bruta en MJ a⁻¹ día⁻¹

Emisión de Metano Entérico

El promedio de emisión diaria por animal, para el periodo estudiado, fue baja. No se observó tendencia o relación significativa entre la emisión y el peso vivo durante el periodo de crecimiento de los animales. De igual manera, la media general para emisión en relación al consumo de alimento fue baja.

Se obtuvieron coeficientes de variación altos, lo que no permitió observar variaciones significativas entre fechas de muestreo. Esta variación puede ser resultado conjugado de: un número reducido de animales, aunque muy homogéneos en edad, peso y raza; la variación del clima, en una zona caracterizada por altas precipitaciones y humedad relativa, así como a los errores producto de las condiciones y madurez en campo y laboratorio en la implementación de la técnica (Cuadro 24).

Cuadro 24. Promedio general de la emisión de metano

Estadístico	CH ₄			PV
	g a ⁻¹ d ⁻¹	g kg ⁻¹ (MS)	% EB	Kg
Promedio	168,5 ± 127,7	14,5 ± 9,4	4,6 ± 3	470 ± 70,8
CV	75	64	66	15

Se observó una tendencia significativa e inversa a lo que se considera normal entre el peso metabólico y la emisión de metano (Figura 16). La emisión diaria fue mayor en los pesos iniciales y se redujo en la medida en que los animales fueron creciendo.

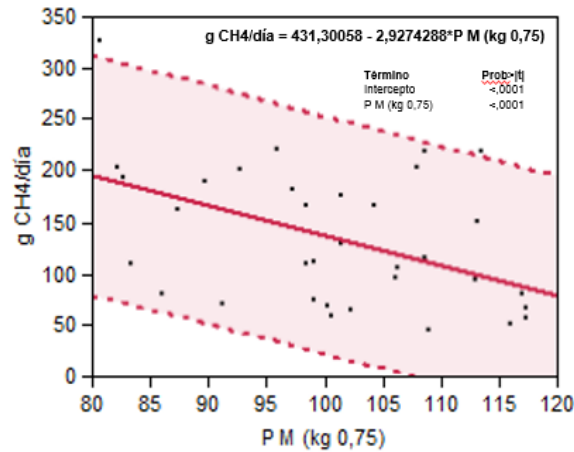


Figura 16. Emisión diaria de metano en relación con el peso metabólico

Se observó, que, bajo las condiciones del ensayo, la eficiencia de emisión en la vida productiva de los animales en crecimiento, fue diferente, siendo posible que para estimaciones alométricas de inventarios de emisión, para fermentación entérica, además de un PV, consumo de MS y energía promedio, también es necesario un modelo de emisión que refleje el periodo evaluado en función del crecimiento de los animales (Figura 17).

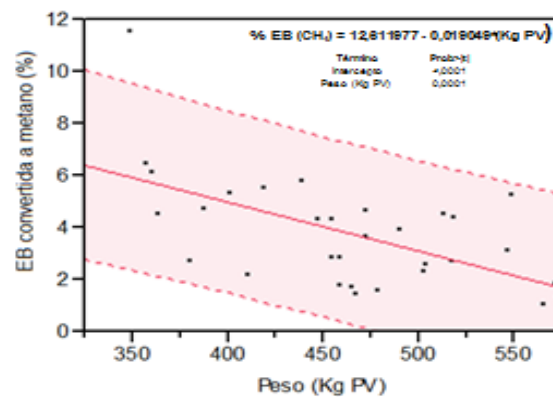


Figura 17. Conversión de la energía bruta consumida a metano en función del peso vivo

Al realizar las curvas de emisión predichas (Figura 18), se observó, una ganancia de peso diario constante, no así con respecto a la emisión que arrojó una tendencia cuadrática, confirmando que la eficiencia mejoró a mayor edad y peso de los animales.

Se encontró que: las cantidades de energía bruta convertidas a metano (Y_m) fueron diferentes durante la vida de los animales.

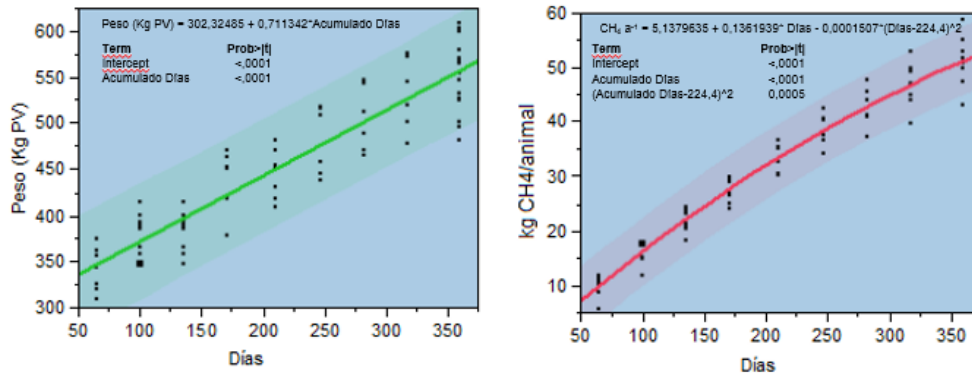


Figura 18. Crecimiento (PV) y emisión (CH₄) promedio acumulado por animal.

Al anualizar el cambio de peso y la emisión de metano, así como corregir el promedio aritmético en función de la no linealidad observada en la emisión de metano, se obtuvo la eficiencia en términos de emisión por unidad de peso ganado. Cuadro 21.

Cuadro 25. Eficiencia de emisión CH₄ kg PV⁻¹ ganado

Δ PV año ⁻¹	Emisión de metano por animal		
	kg	kg año ⁻¹	g kg PV ⁻¹
259,6	51,9	200	2,1

5.5. Medición del flujo de óxido nitroso según fertilizante en pastura activas

5.5.1. Costa Rica

En el campo experimental, los flujos de emisión de N₂O durante el período de muestreo de 28 días (periodo de descanso de las pasturas) presentaron variaciones entre tratamientos y día de muestreo (Cuadro 21), apreciando que se presentaron diferencias entre tratamientos (al 90% de confianza), donde los valores más altos fueron en el biofertilizante (biol) y urea+inhibidor (Figura 19). Las variables que inciden en las emisiones son la temperatura y la humedad del suelo.

Cuadro 26. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N₂O ($p < 0.05$) en pastura activas en Costa Rica.

F.V.	Valor	gl	p-valor
Modelo.	607,95	179	0,0002
Bloque	2,68	3	0,6957
Tratamiento	11,45	3	0,0956
Día	234,33	10	0,0001
Temperatura externa	14,8	1	0,005
Humedad Ambiente	6,93	1	0,0642
Humedad suelo	92,75	1	0,0001
Precipitación	8,93	1	0,2989
Bloque*Tratamiento	38,84	9	0,1145
Bloque*Día	18,31	30	0,9998
Tratamiento*Día	53,9	30	0,5198
Bloque*Tratamiento*Día	53,76	90	0,9999
Error	914,92	492	
Total	1522,87	671	

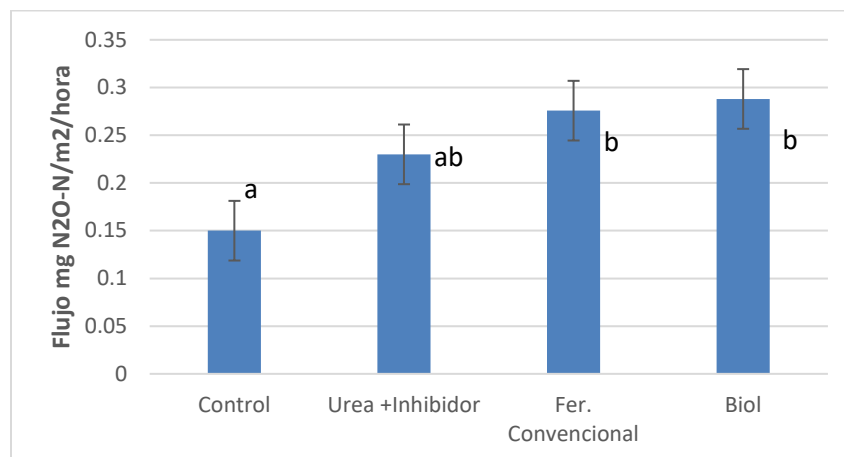


Figura 19. Flujo promedio acumulado de N₂O para un período de 28 días (período de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas en la finca comercial del CATIE. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), con un nivel de confianza al 90%.

Durante los 4 meses de muestro, la temperatura ambiental, osciló entre 27,5 y 31,3 °C. La emisión de N₂O mostró un comportamiento independiente de la temperatura (Fig. 17), sin embargo, los picos del flujo correspondieron cuando la humedad del suelo estaba por debajo del 20%.

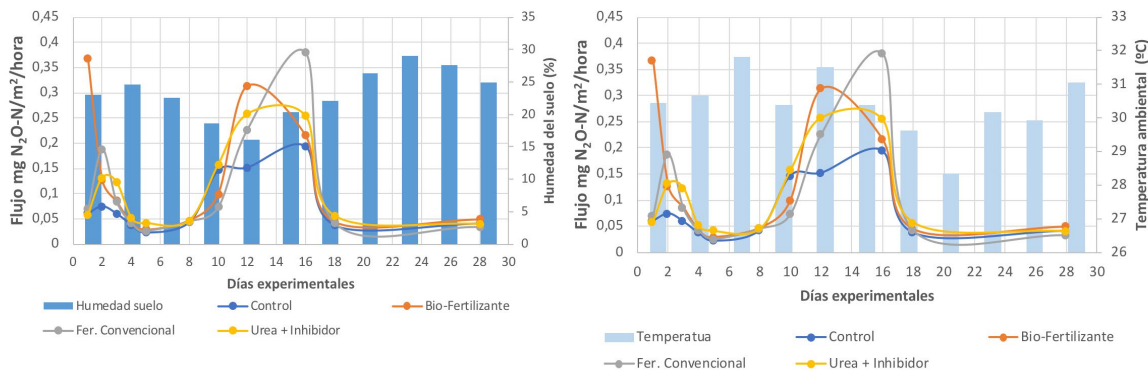


Figura 20. Flujo de emisión de N₂O y húmeda del suelo (lado izquierdo) y con la temperatura ambiental (lado derecho) para el experimento de pastura activa en la finca comercial del CATIE.

El flujo de N₂O, evidenció que los picos de mayor emisión están influenciados por los parámetros ambientales de la temperatura ambiente y la humedad del suelo. Estos parámetros son uno de los factores más influyentes en la emisión de N₂O (Dalal et al., 2003) y manejo del suelo (Machefert et al., 2002). La relación de estas dos variables evidenció que los picos de mayor emisión se presentan cuando en el ambiente se tiene una temperatura entre 27 a 28,5 °C y la humedad del suelo se encuentra entre 31 – 40% (Figura 19). Este registro coincide con el estudio de Davidson (1992) donde evaluó la respuesta de suelo secos y húmedos con respecto a las emisiones de N₂O, que cuando el suelo esta con baja humedad las emisiones son bajas, que mientras el suelo esta húmedo las emisiones de N₂O se incrementa. Por lo tanto, los flujos de N₂O tienen una fuerte correlación con la humedad del suelo (Saggar et al., 2004b; Ball et al., 1999; Carter, 2007; Orwin et al. 2010). Donde el contenido de oxígeno en el suelo, según Saggar et al 2009 y Dalal et ál. 2003, disminuye con el aumento del contenido de agua en el suelo, favoreciendo el proceso de desnitrificación. Como los resultados de este trabajo reflejan que reducción en la humedad del suelo favorecen incrementos de las emisiones de N₂O, se podría inferir que uno de los mayores responsables de los flujos de N₂O, es el proceso de desnitrificación, lo que coincide con los resultados de Rochette (2004) quien afirma que la desnitrificación es el principal proceso responsable de la formación de este gas y que la humedad del suelo es uno de los controladores de la producción de N₂O.

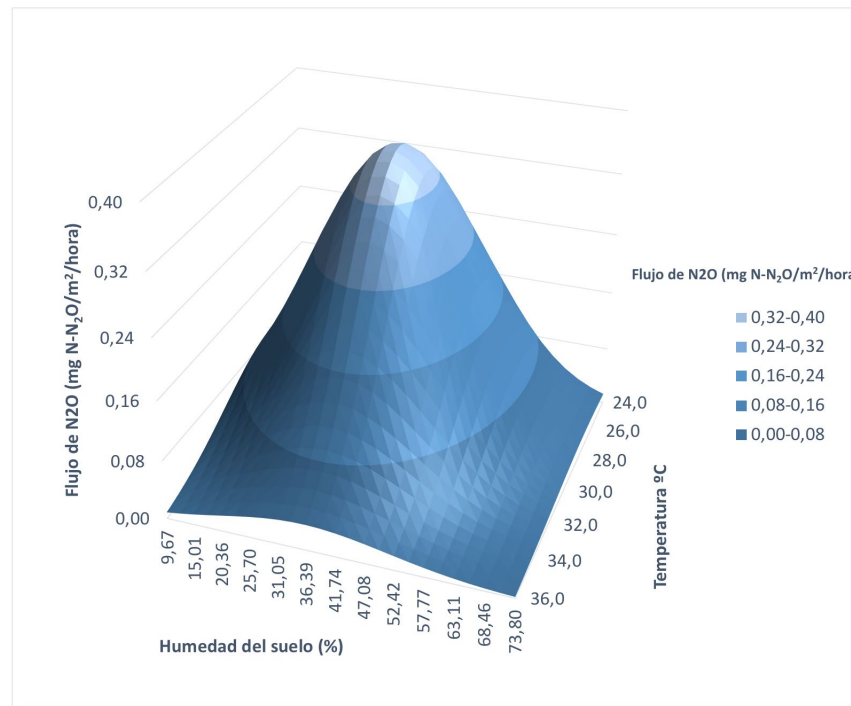


Figura 21. Flujo de emisión de N₂O y húmeda del suelo (lado izquierdo) y con la temperatura ambiental (lado derecho) para el experimento de pastura activa en la finca comercial del CATIE

Disponibilidad de materia seca

La productividad de pasto, fue mayor con el fertilizante convencional, seguido de la urea más inhibidor y el biol (Cuadro 21), aunque los valores de producción de la pastura con la urea+inhibidor y el biol, fueron más bajos que los obtenidos con el convencional. El uso de urea+ inhibidor, para la liberación lenta de N en el suelo, el cual permite una mayor absorción por las plantas, favorece a incrementar la productividad de pasturas, tal como lo han evidenciado otros autores como Vistoso et al 2012, reportaron incremento en la producción de materia seca entre 6-7%, respectivamente. Con nuestros resultados, este tratamiento también favorece a la reducción de emisiones de N₂O (Cuadro 21).

Cuadro 27. Comparación de la disponibilidad de materia seca (g MS/m²), según tratamientos.

Tratamiento	Materia Seca (g MS/m ²)	Flujo mg N ₂ O-N/m ² /hora
Control	211,6	0,15
Biofertilizante	240,5	0,28
Urea + Inhibidor	252,3	0,23
Fertilizante convencional	279,3	0,28

5.5.2. Nicaragua

En el campo experimental, los flujos de emisión de N₂O durante el período de muestreo de 30 días (periodo de descanso de las pasturas) presentaron variaciones entre tratamientos y día de muestreo (Cuadro 28), se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, donde los valores más altos fueron en el biofertilizantes (Boquisia) y fertilizante convencional (Figura 19). El fertilizante de urea con inhibidor mostró una mejor eficacia para reducir las emisiones de N₂O debido a su inhibición de la nitración (Amberger, 1989) y el tiempo de residencia prolongado de N amoniacal en el suelo, lo que resulta en emisiones reducidas de N₂O (Di y Cameron, 2002), en comparación con los otros fertilizantes.

Cuadro 28. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N₂O (p< 0.05) en pastura activas en Nicaragua.

	Valor	gl	p-valor	Coef
Modelo	85	56	0,0041	
Tratamiento	7,3	3	0,0382	
Día	51,7	13	<0,00001	
Temperatura	0,2	1	0,632	-0,1
Tratamiento*Día	27,7	39	0,7202	
Error	86,6	103		
Total	171,4	158		

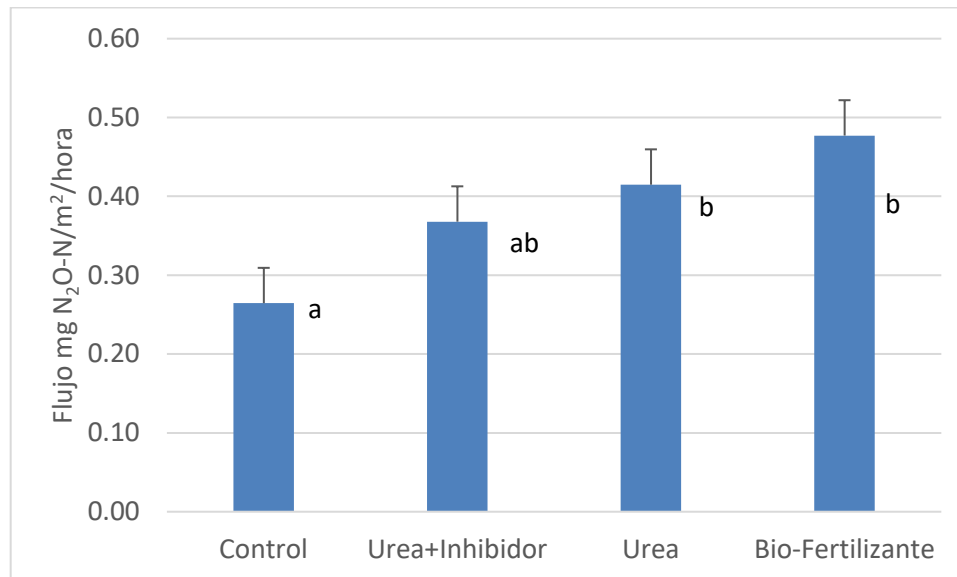


Figura 22. Flujo promedio acumulado de N₂O para un período de 28 días (periodo de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Durante los 3 meses de muestro, la temperatura ambiental, osciló entre 30 y 35 °C. La emisión de N₂O mostró un comportamiento independiente de la temperatura (Figura 23). Al apreciar los flujos de N₂O, se aprecia que puede haber otros factores que inciden en estas emisiones, como es la humedad, el ph del suelo, la humedad del suelo, los cuales pueden incidir en el flujo, lamentablemente para la zona estos parámetros no fueron medidos. Sin embargo, Ryden (1981) menciona que la producción de N₂O son regulados por el agua del suelo y la cantidad de NO₃ presente. Los resultados muestran que los mayores flujos de N₂O se presentaron durante los primeros 15 días, debido a que este gas es producido en el suelo mediante procesos de nitrificación y desnitrificación, los cuales están influenciados por condiciones ambientales como las precipitaciones, y por características físicas y químicas del suelo (Vistoso y Alfaro 2009, Dalal et ál. 2003).

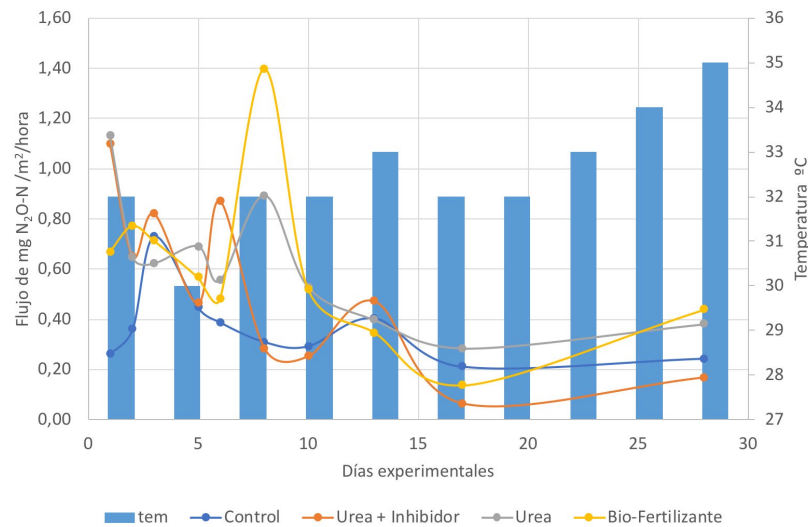


Figura 23. Flujo de emisión de N₂O y la temperatura ambiental para el experimento de pastura activa en Matiguas, Nicaragua.

5.5.3. Honduras

En las parcelas experimentales, los flujos de emisión de N₂O durante el período de muestreo de 30 días (período de descanso de la pastura *Brachiaria*) presentaron variaciones entre tratamientos y día de muestreo y se hubo interacción entre Tratamientos y Día (Cuadro 28), se presentaron diferencias significativas tratamientos, donde los valores más altos fueron en urea, seguido del biofertilizante (bocachi) (Figura 24). No se presentó relación entre las emisiones y los parámetros ambientales (temperatura, humedad del suelo, humedad ambiental y precipitación), al no encontrar relaciones con estas variables, puede atribuirse a la variabilidad espacial del sitio experimental y a la variabilidad temporal del muestreo del suelo.

Cuadro 29. Análisis de Varianza para los flujos acumulados de N_2O ($p < 0.05$) en pastura activas en la finca experimental ganadera del CURLA, Atlántida, Honduras.

F.V.	Valor	gl	p-valor	Coficiente
Modelo.	95,9	123	0,0119	
Bloque	2,6	2	0,1001	
Tratamiento	3,9	2	0,0307	
Día	15,5	14	0,0175	
Temperatura externa	0,1	1	0,6048	0,004
Humedad Ambiente	0,2	1	0,5756	0,014
Humedad suelo	0,0	1	0,9003	-1,047
Precipitación	0,9	1	0,2042	-0,155
Bloque*Tratamiento	1,7	3	0,3770	
Bloque*Día	21,4	28	0,0987	
Tratamiento*Día	28,1	28	0,009	
Bloque*Tratamiento*Día	21,4	42	0,6059	
Error	130,0	236		
Total	225,8	359		

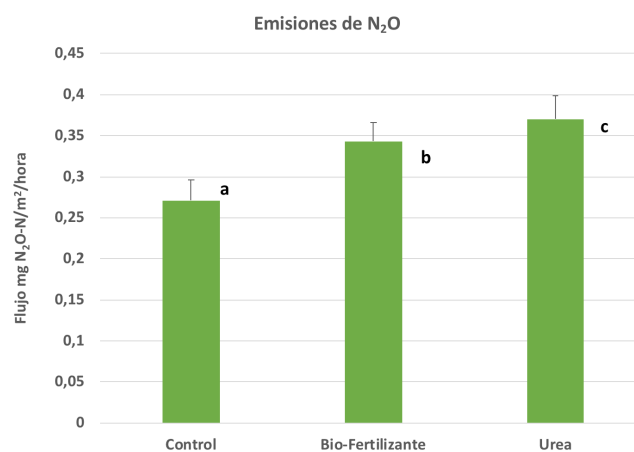


Figura 24. Flujo promedio acumulado de N_2O para un período de 30 días (periodo de descanso de la pastura) entre tratamiento en pasturas activas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Durante los 3 meses de muestro, la temperatura ambiental, osciló entre 30 y 35 °C. La emisión de N_2O mostró un comportamiento independiente de la temperatura y la humedad ambiental (Figura 25). En los flujos de N_2O , se aprecia que pueden haber otros factores que inciden en estas emisiones, como es la humedad, el ph del suelo, la

humedad del suelo, los cuales pueden incidir en el flujo, lamentablemente para la zona estos parámetros no fueron medidos. Sin embargo, Ryden (1981) menciona que la producción de N_2O son regulados por el agua del suelo y la cantidad de NO_3 presente. Los resultados muestran que los mayores flujos de N_2O se presentaron durante los primeros 15 días, debido a que este gas es producido en el suelo mediante procesos de nitrificación y desnitrificación, los cuales están influenciados por condiciones ambientales como las precipitaciones, y por características físicas y químicas del suelo (Videla et al 2009; Dalal et ál. 2003).

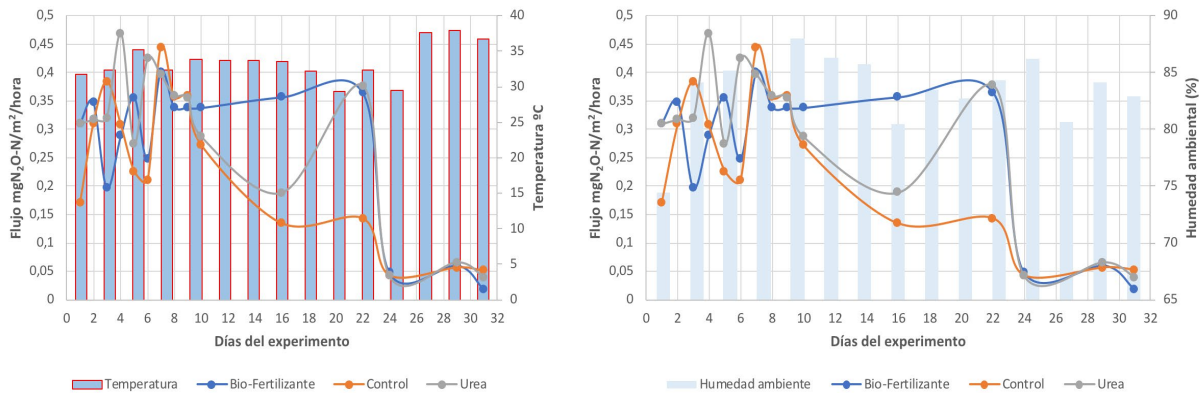


Figura 25. Flujo de emisión de N_2O y temperatura (lado izquierdo) y con la humedad ambiental (lado derecho) para el experimento de *Brachiaria* en la finca experimental del CURLA, Atlántida, Honduras.

No obstante, el incremento de las emisiones de los tratamientos en el día 22, puede estar por la lluvia registrada en días anteriores (Figura 26), y posiblemente atribuido por la liberación de N_2O remanente en el suelo y por el crecimiento de las *Brachiaria*, que puede estimular a los procesos de nitrificación y desnitrificación relacionados con la producción del N_2O (Ilarze et al 2017).

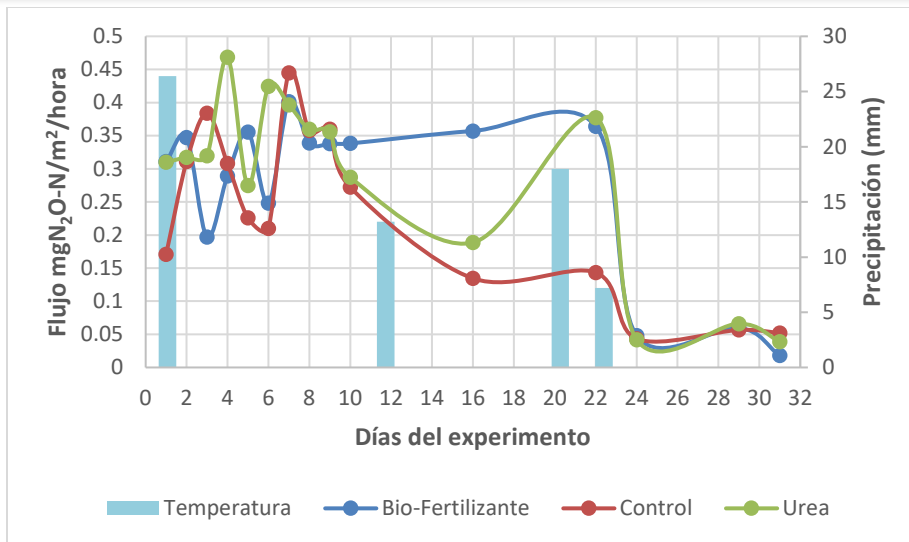


Figura 26. Flujo de emisión de N₂O y precipitación para el experimento de Brachiaria en la finca experimental del CURLA, Atlántida, Honduras

5.6. Factores de emisión

Dentro de las recomendaciones del IPCC (2007), se deben realizar experimentos para medir los factores de emisión⁷ de N₂O, debido al grado de incertidumbre que se tiene con respecto a la emisión de GEI que se genera con el uso de los diferentes fertilizantes, en el cual el factor de emisión que se utiliza para el cálculo de emisiones de gases se emplea el valor por defecto de 0,01 kg de N₂O-N/kg de NH₄-N y NO_x-N depositado. Los factores de emisión estimados en la región se encuentran por debajo del valor por defecto reportado por el IPCC para esta forma de N (1%) (Cuadro 30).

⁷ Factor de emisión: Indican el valor de contaminación expresado en kg de CO₂e

Cuadro 30. Factores de emisión estimados según los flujos de N₂O en las parcelas experimentales en los países de Centro América.

País	Tipo de pasturas	Tratamiento	Factor de Emisión (%)
Honduras (Atlántida)	<i>Brachiaria brizantha</i>	Biofertilizante - Bocachi	0,31
		Urea	0,56
Nicaragua (Matiguas)	<i>Brachiaria brizantha cv. Toledo</i>	Urea + Inhibidor	0,14
		Urea	0,23
		Bio-Fertilizante	0,43
Costa Rica (Turrialba)	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Bio	0,76
		Fer. Convencional	0,32
		Urea + inhibidor	0,32

Los factores de emisión registrados durante el periodo de estudio, favorecen a reducir la incertidumbre y estimula una mejor cuantificación de las emisiones provenientes de las fincas ganaderas (IPCC 2006). Del mismo modo, contribuyen a mejorar los cálculos de la huella de carbono de las fincas o producto.

El estudio experimental, en especial los biofertilizantes (biol), apreció que puede tener una mayor emisión de N₂O (caso Costa Rica), frente a los fertilizantes sintéticos, sin embargo, se debe considerar que los fertilizantes sintéticos tiene una huella de carbono más alta, debido a que su producción implica la generación de otros gases de efecto invernadero, además estos son importados y transportados dentro del país hasta los sitios de consumo (Stoessel et al. 2012).

Sí se analizará el ciclo de vida de la producción de estos productos en comparación con los abonos orgánicos, se visibiliza el gran impacto de los químicos. Así mismo, este estudio arrojó que la estimación de los factores de emisión de óxido nitroso según fertilizante, resulta en valores muchos más bajos que lo recomendado por el IPCC en cuanto a la cuantificación de emisiones para uso de fertilizantes en el sector ganadero

5.7. Fortalecimiento de las capacidades técnicas, estrategias de comunicación y divulgación de resultados que permitan la incidencia política y la promoción de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de GEI.

El trabajo de estimación de emisiones indirectas en fincas ganaderas en la región de Atlántida- Honduras, ha sido empleado como insumo para la elaboración del NAMA ganadero; los cuales se han validado en reuniones con el Ministerio del Medio Ambiente (MiAmbiente) en la plataforma ganadera de Honduras.

Se realizó un Convenio de Cooperación con la Universidad Nacional – CURLA, para el desarrollo del experimento de N₂O, en la finca experimental del CURLA sede Atlántida.

En Nicaragua, a través del diálogo, consenso, articulación y alianzas con actores locales y regionales se ha divulgado y presentado el proyecto en eventos realizados por el Consejo Regional de Innovación e Investigación Agropecuaria (CRIIA) y los núcleos de Innovación e Investigación Agropecuaria (NIIT) de la VI Región, logrando promover y divulgar acciones encaminadas al desarrollo de sistemas ganaderos competitivos en bajas emisiones de GEI; Congreso desarrollado en el mes de septiembre 2016 con la participación de cerca de 100 productores, estudiantes, representantes de instituciones y docentes de universidades de la Vía Láctea del departamento de Matagalpa; en el 2017 se realizó la exposición en talleres intermunicipales con productores ganaderos de la Vía Láctea. Esta divulgación del proyecto, ha dado como resultados sugerencias para ayudar a reducir las barreras económicas, de mercado y técnicas para el desarrollo de una ganadería baja en emisiones, entre las principales acciones se encuentran:

- a) Asistencia técnica con instituciones público-privadas para los productores
- b) Propuesta del INTA -Nicaragua, para el desarrollo de incentivos en la mejora de la infraestructura en centros de recolección de leche para asegurar la calidad del producto.
- c) Iniciativa de desarrollo de línea de créditos verdes en alianza con el sector privado (CONAGAN, FAGANIC), el banco produzcamos y el INTA -CATIE.
- d) Reactivación de la plataforma de investigación (SNIA), que se promovió por el proyecto, la cual es importante para mejorar la toma de decisiones para el desarrollo de la ganadería en el país, en la cual están participando asociaciones público-privadas.

En Costa Rica, los resultados del proyecto se presentaron en la plataforma de ganadería baja en emisiones, contando con el apoyo del INTA que los ha incorporado para la generación de la normativa del NAMA ganadero.

En Honduras y Panamá, con el monitoreo y acercamiento a los productores se les informó sobre las estrategias para mejorar el manejo en las fincas, así como la identificación de las acciones que pueden ayudarles a mejorar la mitigación y adaptación al cambio climático.

En Honduras y Panamá, se estimaron las emisiones procedentes de los sistemas ganaderos, con énfasis en el manejo de las fincas y en la producción de leche, lo cual sirve de punto de apoyo para los proyectos futuros donde se contemple la productividad y sostenibilidad del SDP, de igual forma para apoyo como indicador inicial para la propuesta de NAMAs Ganadero

En Panamá, la divulgación de los resultados del proyecto y de los trabajos de investigación relacionados con las emisiones de GEI, se realizó a través del programa Día de Campo, en la Feria de Azuero 2016-2017, con la presentación a los productores y estudiantes.

Asistencia al Congreso Latinoamericano de gases de efecto invernadero – Uruguay 2017

Cuadro resumen de las actividades desarrolladas por el proyecto para cumplir con el objetivo planteado

1. Progreso en las Actividades del Proyecto		
A. Actividades	B. Indicadores Objetivamente Verificables	C. Observación
Componente 1: Sistematizar las metodologías y herramientas de cálculo utilizadas para la cuantificación de GEI en fincas ganaderas.		
Análisis de herramientas para la medición de GEI en fincas ganaderas	7 herramientas identificadas	Estudio desarrollado con estudiantes de Maestría.
	Una herramienta seleccionada para trabajo regional.	Herramienta disponible para uso interno del proyecto.
Componente 2: Cuantificar las emisiones de GEI en distintos sistemas de producción ganadera con diferente grado de intensificación.		
-Diseño y aplicación de encuesta para el análisis socioeconómico y estimación de GEI.	Desarrollo de la herramienta para la toma de información en fincas ganaderas del proyecto.	Desarrollo de línea base en Honduras, Nicaragua, Panamá.
Monitoreo en fincas ganaderas		En cada país se han seleccionado fincas según el grado de intensificación (carga animal, área de pasturas, área de banco de forrajes, producción de leche)
1. Elaboración del protocolo de cuantificación para GEI para fincas ganaderas en el trópico	1. Un protocolo desarrollado para la cuantificación de GEI en fincas ganaderas para Mesoamérica 2. No. de fincas en el monitoreo	Monitoreo de fincas cada 3 meses: Honduras: 20 fincas Nicaragua: 25 fincas Costa Rica: 15 finca Panamá: 10 fincas
2. Comparación de los resultados de emisiones de GEI en fincas ganaderas usando factores de emisión generados a nivel local y los que recomienda IPCC.	Número de fincas donde se han cuantificado las emisiones de GEI en CO ₂ e - línea base	Análisis de la línea base en emisiones en Honduras, Nicaragua. Comparación de las emisiones de GEI basados el grado de intensificación de las fincas ganaderas, en los cuatro países Capacitación a técnicos del proyecto para el uso de la herramienta de cálculo. Capacitación a productores en temas de mitigación al cambio climático

3. identificación de las buenas prácticas que contribuyen con la reducción de emisiones de GEI.	Un manual de buenas prácticas para Honduras y Nicaragua	En Honduras y Nicaragua se ha identificado las practicas que contribuyen a mejorar la productividad y contribuyen a la mitigación de GEI 1. Uso racional de pasturas y sistemas silvopastoriles 2. Biodigestores 3. Bancos forrajeros 4. Biofertilizantes 5. Compostajes 6. Bloques Nutricionales.
Ensayos experimentales para el desarrollo de factores de emisión de metano y óxido nitroso.	Protocolo de muestreo para metano - técnica de SF6 - para el uso en Costa Rica	Desarrollo de dos experimentos de metano con fincas de carne en la finca experimental Los Diamantes y con vacas lecheras en la Finca comercial del CATIE. Presentación de los resultados de Metano desarrollado en los Diamantes. Resultados de CATIE en Proceso de publicación
Desarrollo de los diseños experimentales para le medición de metano y NO2	Protocolo de muestreo de óxido nitroso - técnica de cámaras estáticas - para el desarrollo en Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.	Desarrollo de tres experimentos de emisión óxido nitroso según tipo de fertilizante, desarrollado en Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Desarrollo de dos experimentos de óxido nitroso y efecto del pastoreo en Panamá y Costa Rica. Estudio experimenta para análisis de dietas ricas en taninos como estrategia para reducir emisiones de óxido nitroso de excretas y orina en vacas lecheras, desarrollado en CATIE. Estudiante de Maestría CATIE – Finaliza junio, 2018
Fortalecimiento del laboratorio de cromatología del INTA-CR	Materiales para el cromatógrafo	Compra de materiales y equipos para La medición de emisiones de metano y óxido nitroso.
Componente 3: Evaluar el desempeño económico de los sistemas de producción ganaderos y su relación con las emisiones de GEI.		
Análisis de la información socioeconómica y GEI para analizar las emisiones según el grado de intensificación.	Estudio para el análisis de trade off entre emisiones y rentabilidad	Desarrollo de estudio de indicadores de productivos, económicos de las fincas doble propósito en los cuatro países.

Componente 4. **Desarrollar mecanismos de comunicación, divulgación e incidencia política para promover el uso de sistemas ganaderos competitivos y con bajas emisiones de GEI.**

Presentación de resultados con productores y técnicos	Honduras Dos talleres con productores en Honduras, con la participación de 50 productores. 15% mujeres	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentación del proyecto 2. Presentación de análisis de GEI. 3. Desarrollo de biol, como estrategia para reducir el uso de fertilizantes en las fincas ganaderas. 4. Presentación de resultados ante la plataforma ganadera coordinada por MiAmbiente. 5. Congresos de ganadería de carne desarrollado en Agosto del 2016 6. Presentación de resultados a productores mediante talleres de capacitación, y divulgación de resultados con las Escuelas de Campo desarrolladas por el DICTA. 7. Taller de identificación de barreras para la adopción de buenas prácticas ganaderas que contribuyan a la reducción de GEI, participación de 30 productores, 10 técnicos, impartido en febrero 2017. 8. Presentación de resultados ante plataforma ganadera – NAMA GANADERÍA.
	En Nicaragua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentación del proyecto a técnicos y productores de la región - Vía Láctea 2. Presentación en el I Congreso Internacional de Ganadería Sostenible - Junio 2016 3. Presentación en el XV Congreso Lechero en febrero de 2017. <p>Presentación ante técnicos del ministerio de agricultura y ganadería, cámara de ganaderos CONAGA de los resultados de emisiones de GEI.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Presentación de resultados en el SNIA-Diciembre 2017.
	Costa Rica	Presentación de los resultados ante la plataforma del NAMA ganadero
	Panamá	<p>Presentación de resultados ante productores - talleres locales</p> <p>Presentación de resultados en las reunión de la NAMA ganadería.</p>
Curso de capacitación para la medición de metano - Técnica de SF6	Costa Rica 5 personas capacitadas en medición de metano	<p>Taller de capacitación para dos estudiantes de la Universidad la Molina - Cooperación con el proyecto desarrollado en la zona Andina,</p> <p>2 técnicos de IDIAP</p> <p>2 estudiante de maestría de CATIE</p> <p>Taller de capacitación a estudiantes del CURLA.</p>
4. Organización de cursos de capacitación para técnicos (formación de capacitadores) de instituciones públicas y privadas en los países del proyecto.	Costa Rica	<p>Tres talleres de capacitación para técnicas de medición de óxido nitroso</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudiantes de la Universidad de Dinamarca - Dos estudiantes. - Desarrollado en febrero 2017. 2. Taller de capacitación al técnico del Dicta y a los dos estudiantes del CURLA, desarrollado en noviembre 2017. 3. Charla y practica a los estudiantes de maestría de Agroforestería y Agricultura sostenible - Escuela de postgrado-CATIE 2017 - 7 estudiantes.

6. Plataformas institucionales para la replicación de resultados y lecciones a nivel local, nacional y regional.

Memoria de la reunión que se indica los insumos del proyecto para el desarrollo del NAMA-ganadero.

Incorporación de resultados del proyecto en Honduras, como estudio de caso para el desarrollo del NAMA ganadero.

Priorización de área piloto de la NAMA Ganadería en Panamá, que pueda ser desarrollado en la provincia de Azuero.

6. Conclusiones

La cuantificación de emisiones de GEI en el manejo ganadero, logró apreciar cuales son las fuentes de emisión que más contribuyen en el manejo de fincas ganaderas, obteniéndose un patrón similar en las áreas de estudio que se consideraron para el desarrollo del proyecto.

La principal fuente de emisión en las fincas ganaderas, es la fermentación entérica. Las estrategias para reducir las emisiones, deben estar encaminadas en mejorar la dieta de los animales, por cuanto está relacionada con la productividad y salud de los mismos. Los alimentos con baja digestibilidad afectan la absorción de nutrientes, generando una baja productividad animal.

Los resultados evidencian una relación positiva entre el grado de intensificación de las fincas (alta, media, baja), la carga animal y las emisiones generadas en la finca. Apreciando que cuando se incrementa la intensificación de las fincas, mediante el uso de estrategias de alimentación, usos de pastos de corta y leguminosas, contribuyen a reducir las emisiones generadas.

No se encontró una relación directa en la relación de emisiones y B/C, debido a que hay otros factores externos que influyen en la rentabilidad y productividad de las fincas ganaderas.

En cada país, se tienen modelos de fincas en los cuales el manejo de los diferentes usos del suelo, las tecnologías implementadas para la alimentación animal, y las buenas prácticas de manejo, contribuyen a tener una alta productividad con bajas emisiones, se espera que estos modelos se puedan replicar, se debe incentivar a los productores, para que tengan alternativas de mercados diferenciados para la sostenibilidad de la ganadería con bajas emisiones en la región centroamericana.

Los valores de emisión de metano obtenidos bajo las condiciones agroecológicas de trópico muy húmedo y pasturas manejadas bajo enfoque Voisin; de periodos cortos de pastoreo y abundancia de forraje, se consideran adecuados.

La pastura de pasto Cayman, independientemente del manejo, suministró mejor calidad y cantidad de alimento que las no mejoradas.

Los contenidos de EB de los forrajes fueron menores a los indicados en la literatura convencional, basada en dietas con grano y forrajes de otras latitudes.

Aún, cuando las emisiones en promedio no fueron elevadas en ninguna etapa de crecimiento de los animales, la conversión de energía bruta a metano fue mayor en etapas tempranas y no fue lineal durante el periodo de evaluación.

La evaluación se realizó, en las condiciones más naturales posibles, lo que se refleja en la buena ganancia de peso, obtenidas en los animales en crecimiento con pasto Cayman y el buen estado de las vacas que pastorearon pasto Ratana.

Los estudios de óxido nitroso, permitieron ajustar los protocolos y metodologías para la cuantificación de N₂O, con el uso de cámaras estáticas de flujo cerrado. Los resultados obtenidos, son relevantes para comprender la importancia del manejo de las pasturas y para analizar el flujo de N₂O.

Se encontraron diferencias entre los tipos de fertilizantes, y el flujo de emisiones, el cual estuvo influenciado por el día de muestreo y los parámetros macro y microclimáticos.

El desarrollo de los experimentos de N₂O en los países del proyecto, contribuyó a la capacitación de los productores y técnicos y la importancia del manejo de pasturas en las emisiones de este gas en especial.

Fortalecimiento del capital humano, mediante el apoyo a estudiantes de pregrado y postgrado en los cuales están desarrollando sus investigaciones bajo el marco del proyecto:

- Cuatro estudiantes de la Universidad Autónoma de Honduras – CURLA, quienes están trabajando con el DICTA.
- Cuatro estudiantes de la Maestría en Ganadería Sostenible de la Universidad Central de Nicaragua y están apoyando las actividades del proyecto con el INTA-CR.
- Tres estudiantes de la Maestría de Agroforestería y Agricultura sostenible – CATIE.
- Un estudiante de Química de la Universidad Nacional de Costa Rica.
- Un estudiante de Maestría de Economía Forestal de la Universidad de Dinamarca
- Un estudiante de Maestría en Economía de la Universidad de la Campiña, Brasil.
- Dos estudiantes de maestría de la Universidad de Internacional de las Américas, Costa Rica.
- 60 estudiantes de maestría en agroforestería y agricultura sostenible – escuela de postgrado CATIE capacitados en técnicas de medición de metano entérico y óxido nitroso.

7. Recomendaciones

Fortalecer el programa de capacitación y asistencia técnica en la región Centroamericana, para promover las practicas de alimentación y manejo del estiércol, como estrategias para ayudar a mejorar su productividad y contribuir a reducir las emisiones de GEI provenientes de la actividad ganadera.

Garantizar asistencia técnica y procesos de capacitación en temas de buenas prácticas de manejo y sistemas silvopastoriles al 100% de productores en las áreas consideradas para este proyecto.

Promover la utilización de compost y bioles como alternativas ecológicas y resilientes en el manejo de pasturas y cultivos para mejorar las estrategias de mitigación al cambio climático.

En los países se cuenta con políticas y estrategias para el fomento de una ganadería sostenible con bajas emisiones, sin embargo, su adopción por parte de los productores es muy bajo, por lo que se debe generar incentivos que ayuden al desarrollo de esta estrategia.

Este Proyecto ha producido una cantidad de información, que está contenida mayoritariamente en tesis, informes técnicos, y de consultorías. Debe hacerse un esfuerzo en hacerla accesible, tanto a la comunidad científica (artículos científicos) como a los técnicos de la Región para promover accioens que contribuyan a mejorar las estrategias de mitigación en fincas ganaderas.

8. Difusión y publicaciones

El proyecto está en preparación de publicaciones científicas y técnicas, para su divulgación.

Publicaciones compartidas con el proyecto Hoja de ruta para el desarrollo del NAMA ganadero en Nicaragua y Honduras, patrocinado por NCF.

Tobar, D. Jimenez, J. Vega, A. Sepúlveda, C. Turcios, D. Manual de buenas prácticas ganaderas en Honduras. Serie Técnica.

Tobar, D. M, Gonzalez, Sepúlveda, C. Urbina, L. Manual de buenas prácticas ganaderas en Nicaragua. Serie Técnica.

Artículos Científicos en preparación.

Espinoza, J. Hassan, J. Tobar, D. Herrera, D. Análisis de trade off de las emisiones de GEI in Central America. Ser sometido a Agroforestry System.

Abarca, S. Soto, R. Villanueva, C. Tobar, D. Comparación de emisiones de metano entérico entre vacas lecheras y animales de engorde bajo pastoreo en Costa Rica.

Presentación en congresos internacionales

I Congreso Internacional Desafíos y Oportunidades de la Ganadería para el Aumento de la Productividad –Panel de discusión de la mesa de Cambio Climático y ganadería. Managua, Junio 2016

Participantes: D. Tobar, L. Urbina y M. Vilchez. Asistencia de 360 personas. 250 h. 110 m.

<https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:43591-inta-inaugura-i-congreso-internacional-desafios-y-oportunidades-de-la-ganaderia-para-el-aumento-de-la-productividad>

XV Congreso Nacional De La Cámara Nicaragüense Del Sector Lácteo (CANISLAC), febrero 2017.

Presentación: Estrategias de Adaptación y mitigación al Cambio Climático en fincas ganaderas

Participante D. Tobar.

No. de participantes 150.

XIV Congreso de Ganadería en Sistema de Pastoreo Racional Voisin (SPRV), noviembre 2016

Participante Jesika Hassan.

Ponencia: Emisiones de GEI en fincas ganaderas en el Arco seco.

Participantes 260, 190 hombres – 60 mujeres.

9. Bibliografía

- Abarca, M. S. 2013. Cambio climático y mitigación en fincas lecheras. Revista Universidad Técnica Nacional. XV (63):28-31.
- Amador, S. Turicos, R. 2017. Informe de monitoreo de Fincas Ganaderas, Atlantida, Honduras. Informe Proyecto FONTAGRO. 15p.
- Amberger, A. 1989. Research on dicyandiamide as a nitri cation inhibitor and future outlook. Communications in Soil Science and Plant Analysis 20:1933-1955.
- Andrade, H. J., Campo, O., y Segura, M. (2014). Huella de carbono del sistema de producción de arroz (*Oryza sativa*) en el municipio de Campoalegre, Huila, Colombia. Corpoica Ciencia, Tecnología y Agropecuaria, 15 (1), 25–31.
- Baggs MR. 2011. Soil microbial sources of nitrous oxide: recent advances in knowledge, emerging challenges and future direction. Curr Opin Environmental Sustain. 3:321-327. 3.
- Baker J, Doyle G, McCart G, Mosier A, Parkin T, Reicosky D, et al. Chamber-based Trace Flux Measurement Protocol - United States: Amazon-Pire; 2003 [cited 2011 Agosto]. Available from: http://amazonpire.org/PDF/FC2010/Volume%202/Baker%20et%20al_2003_GRACEnet_analyses_protocol.pdf
- Botero, R. 2013. El cambio climático y su mitigación en los sistemas agropecuarios tropicales. Revista EARTH. Limón, Costa Rica. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/cambio-climatico-mitigacion-sistemas-t5069/124-p0.htm>.
- Burns, R. G., y Audus, L. J. (1970). Distribution and breakdown of paraquat in soil. Weed Research, 10, 49–58.
- Cabrera, M; Duarte, M; Gutiérrez, M.M; Lozano, R.J. 2010. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. En: 2ª Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. IDEAM. Capítulo 2. Bogotá, Colombia.
- Camacho, F. 2010. Diseño y análisis técnico-financiero de un sistema agropecuario integral para el campus de la Universidad de Georgia en San Luis de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica (Tesis de Maestría). Universidad para la Cooperación Internacional.
- Cardona, M; Sorza, J; Posada, S; Carmona, J; Ayala, S; Alvarez, O; 2020. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Antioquía Colombia. Rev. Col. Cienc. Pec. Vol 15:2, 2002. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3242962>
- Carmona, J.; Bolívar, D.; Giraldo, L. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 18(1): 49-63 p.
- Carter, M.S., 2007. Contribution of nitrification and denitrification to N₂O emissions from urine patches. Soil Biol. Biochem. 39, 2091–2102.

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2010. 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. 250 p
- Cicerone, R; Oremland, R. 1988. Biogeochemical aspects of atmospheric ethane. *Global Biogeochem. Cycles* 2:299-327. <http://web.altagenetics.com/mexico/DairyBasics/Details/9486Ganaderia-bovina-y-emision-de-gases-de-efecto-invernadero.html>
- Ciganda, V. 2015. Protocolo para la emisión de metano entérico en rumiantes: técnica del trazador SF₆ para periodos de medición prolongados. INIA. Uruguay. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4902/1/protocolo-emision-metano-2015.pdf>
- Colomb, V.; Bernoux, M.; Bockel, L.; Chotte, J.; Martin, S.; Martin-Phipps, C.; Mousset, J.; Tinlot, M.; Touchemoulin, O. 2012. Estudio de las herramientas gei para los sectores agrícola y forestal. FAO, ADEME, IRD. 27p.
- Dalal, R.C., Wang, W., Robertson, G.P., Parton, W.J., 2003. Nitrous oxide emissions from Australian agricultural lands and mitigation options. *Aust. J. Soil Res.* 41, 165–195.
- Detlefsen, G., Ibrahim, M., Galloway, G., & Camino, R. De. (2010). Análisis de la productividad y la contribución financiera del componente arbóreo en pequeñas y medianas fincas ganaderas de la subcuenca del río, 146–156.
- Detlefsen, G., Ibrahim, M., Galloway, G., & Camino, R. De. (2010). Análisis de la productividad y la contribución financiera del componente arbóreo en pequeñas y medianas fincas ganaderas de la subcuenca del río, 146–156.
- Di, H.J., and K.C. Cameron. 2002. The use of a nitri cation inhibitor, dicyandiamide (DCD), to decrease nitrate leaching and nitrous oxide emissions in a simulated grazed and irrigated grassland. *Soil Use and Management* 18:395-403.
- Dourmad, J.Y; Rigolot, C; Van der Werf, H. 2008. Emission of greenhouse gas, developing management and animal farming systems to assist mitigation. In *Livestock and Global Climate Change*. Cambridge University Press. 36-39 p
- FAO 1992. Fertilizantes y Uso. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Faverin, C., & Machado, C. (2015). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de carne vacuna de base pastoril. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal*, 34(1), 33-54
- Friedrich-Wilhelm, G; Werner, P. 2008. Climate development in the last Century-Global regional. *International. Journal of Medical Microbiology*, 298: 5-11.
- García-Fernández, R. A., y Sánchez, A. (2008). Control de emisión de gases y olores. In *Compostaje* (Moreno, J y Moral, R., pp 168-185).
- Gerber, P.J.; Hristov, A.N.; Henderson, B.; Makkar, H.; Oh, J.; Lee, C.; Meinen, R.; Montes, F.; Ott, T.; Firkins, J.; Rotz, A.; Dell, C.; Adesogan, A.T.; Yang, W.Z.; Tricarico, J.M.; Kebreab, E.; Waghorn, G.; Dijkstra, J.; Oosting, S. 2013. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. In. 2013. *Animal. England*, p. 220-34
- Giraldo, L; Carulla, J; Calle, M. 2013. Metabolismo digestivo de razas bovinas (bon, holstein, cebú) en pasturas tropicales de calidad contrastante. In: *Consideraciones sobre el mejoramiento genético y factores asociados en bovinos criollos*

- colombianos y grupos multirraciales. Ed. R. Campos, C.V. Duran. Universidad Nacional de Colombia. Pág: 103-127.
- González, B.F; Rodríguez, H. 1999. Proyección de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), Colombia 1998-2010. *Revisita Académica Colombiana de Ciencias*. 23(89): 4907-505.
- Guerra, L. 2007. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Thesis M.Sc, CATIE, Turrialba, CR. 105 p.
- Guerra, L. 2013. Metodología para el análisis de la huella de carbono a través del análisis de ciclo de vida. CATIE, GAMMA. Turrialba, CR. 16 p.
- Hassan, J. 2010. Balance de GEI en fincas ganaderas de doble proposito en la Provincia de la Herrera, Panamá. Tesis de Maestria, Escuela de Postgrado. CATIE. 88p.
- 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. Thesis M.Sc, CATIE, Turrialba, CR. 162 p.
- Haydock, K.P; Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. Vol 15:663-669.
- Hegarty, R. 1999. Mechanisms for competitively reducing ruminal methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50(8):1299–1305.
- Hernández, M; Abarca, S; Soto, R. 2014. Evaluación de pasto *Brachiaria* híbrido cv Cayman, en pastoreo en el trópico muy húmedo de Costa Rica. *Revista Universidad Técnica Nacional*. XVI (70):48-54. ISSN 1659-1836
- Hofer, E., Borilli, S. P., & Philippsen, R. B. (2006). Contabilidade como ferramenta gerencial para a atividade rural: um estudo de caso*. *Enfoque: Reflexão Contábil*, 25, 5–16. <http://doi.org/10.4025/enfoque.v25i3.3452>
- Hofer, E., Borilli, S. P., & Philippsen, R. B. (2006). Contabilidade como ferramenta gerencial para a atividade rural: um estudo de caso*. *Enfoque: Reflexão Contábil*, 25, 5–16. <http://doi.org/10.4025/enfoque.v25i3.3452>
- Holdridge, L 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216p.
- Ibrahim, M; Sepúlveda, C; Tobar, D; Ríos, N; Guerra, L; Casasola, F; Vega, A. 2013. Balance de gases de efecto invernadero en los sistemas ganaderos de doble propósito en la región Chorotega.(en línea). Consultado el 20 de octubre de 2013. Disponible en <http://hdl.handle.net/123456789/230>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2014. Cambio climático: clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José, CR. 75 p.
- INEC. 2011. VII Censo nacional agropecuario. Resultados finales básicos, 2011. Consultado: 15 de noviembre de 2016. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/subcategoria.aspx?IDCATEGORIA=15&IDSUBCATEGORIA=60&IDIDIOMA=1>
- INEC. 2015. Situación pecuaria 2015. Consultado: 10 de noviembre de 2016. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?IDSUBCATEGORIA=13&IDPUBLICACION=742&IDIDIOMA=1&IDCATEGORIA=4>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Obtenido desde: <http://www.ipcc.ch/publicationsanddata/ar4/syr/en/figure-spm-3.html>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Programme. Available at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Accessed 17 October 2011.
- Iñamagua, U. J. P. 2014. Estratégias de alimentación, emisión de gases de efecto invernadero y relación ingreso-costo de alimentación asociados a la producción de leche en fincas productoras de la Cooperativa Dos Pinos, en Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 77p.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 2006. Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Cap. 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático). 2006. Guía de las buenas practicas. Capítulo 4: Métodos complementarios y orientación sobre las buenas prácticas que emanan del Protocolo de Kioto. Pdf
- Johnson, K., Johnson, D. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*.73:2483–2492.
- Kennedy, W. K. 2013. Nitrogen Metabolism in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle consuming low – quality forage. Thesis Master of Science. Texas A&M University. 76 p.
- Lascano, C.E; Cárdenas, E. 2010. Alternatives for methane emissions mitigation in livestock systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:175-182.
- Mannetje, L; Haydock, K.P. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *J. Brit. Grassld. Soc.* 18:268-275.
- Marín-Atencio, E.A. & Navarro Contreras, M.I., 2013. Identificación de las limitantes del sector lechero en la Costa Pacífica de Panamá a partir de explotaciones financiadas por el Banco Nacional de Panamá. Zamorano. Available at: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1805/1/AGN-2013-T017.pdf> [Accessed December 6, 2016]
- Mejía, H. J. 2002. Consumo voluntario de forrajes en pastoreo. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. Irapuato Méx. *Acta Universitaria* Vol 12 3, Set-Dic.
- Messa Arboleda, H. F. (2009). Balance de gases de efecto invernadero en un modelo de producción de ganadería doble propósito con alternativas silvopastoriles en Yaracuy, Venezuela Tesis de Maestría, Escuela de Postgrado. CATIE. 120p.
- Messa Arboleda, H. F. (2009). Balance de gases de efecto invernadero en un modelo de producción de ganadería doble propósito con alternativas silvopastoriles en Yaracuy, Venezuela Tesis de Maestría, Escuela de Postgrado. CATIE. 120p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2014. Aportes para el desarrollo del sector agropecuario y rural de Panamá. 55 p
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2014. Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2010. MINAE/IMN. San José, Costa Rica 64p

- Montenegro J; Abarca S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del calentamiento global. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional. San José, CR. 96 p.
- Moran, J.B. and Vercoe, J.E. (2009) 'Some factors affecting apparent nitrogen digestibility of roughage diets fed to cattle', *The Journal of Agricultural Science*, 78(2), pp. 173–177. doi: 10.1017/S0021859600068982.
- Moss, A. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49: 231.
- MPI (Ministry for Primary Industries New Zealand). 2014. Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. M.G. Lambert ed. Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases **In** Curso de Capacitación "Investigación en Sistemas Ganaderos y Medición de Gases de Efecto Invernadero" 8-25 de enero 2015. INIA Remehune – Osorno, Chile.
- Niggli, U; Fliedbach, A; Hepperly, P; Scialabba, N. 2009. Low Greenhouse gas Agriculture: Mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems. FAO, April 2009, Rev 2-2009.
- NRC (National Research Council), 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. USA.
- Orskov, E. R.; Hovell, R. O.; Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 5(3):213-233.
- Parkin, TB, Venterea, RT & Hargreaves, SK, 2012, 'Calculating the Detection Limits of Chamber-Based Soil Greenhouse Gas Flux', *Journal of Environmental Quality*, vol. *In Press*.
- Pelster, D; Gisore, B; Koske, J; Goody, J; Korir, D; Rufino, D; Butterbach-Bahl, K. 2016. Methane and nitrous oxide emission from cattle excreta on an East African grassland. *Journal Environmental Quality*. May 2016.
- Posse, G.; Page, W.; García, M.; Berra, G.; Bellomo, M.; Baulo, R.; Finster, L.; Sager, L.; Gattinoni, N.; Melchiori, A.; Bengolea, A.; Panza, A. 2012. Monitoreo del intercambio de gases con efecto invernadero y ciclo del carbono en actividades ganaderas, agrícolas y silvícolas. INTA, Argentina
- Ribeiro P. L. G., Machado F. S., Campos M. M., Guimaraes R. G., Tomich T.R., Larissa G Reis L G., Pharm, Cassius C. 2015. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 28: 124-143.
- Ribeiro P. L. G., Machado F. S., Campos M. M., Guimaraes R. G., Tomich T.R., Larissa G Reis L G., Pharm, Cassius C. 2015. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 28: 124-143.
- Ríos, A., Espinosa, J. & Hassan, J., 2015. Caracterización del manejo en el ordeño de sistemas doble propósito del distrito de Los Santos. *Invest. pens. crit*, 3(2), pp.5–19
- Rochette, P., Eriksen-Hamel, N.S., 2008. Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: are absolute values reliable? *Soil Sci. Soc. Am.* 72, 331–342.
- Saggar S, Singh J, Giltrap DL, Zaman M, Luo J, Rollo M, Kim DG, Rys G, Van der Weerden TJ. 2012. Quantification of reduction in ammonia emissions from fertiliser urea and animal urine in grazed pastures with urease inhibitors for agriculture inventory: New Zealand as a case study. *Sci Total Environ*. [Internet] [citado 2013

- enero 19]; 465:136- 146. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712010418>
- Saggar, S., Andrew, R.M., Tate, K.R., Hedley, C.B., Rodda, N.J., Townsend, J.A., 2004. Modelling nitrous oxide emissions from New Zealand dairy grazed pastures. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 68, 243–255
- Shallcross, D; Khalil, M; Butenhoff, C. 2007. The Atmospheric Methane Sink. En: *Greenhouse Gas Sink*. Ed: Reay DS; Hewitt CN; Smith KA; Grace J. CAB International. Wallingford, UK.
- Shriar, AJ. 2000. Agricultural intensity and its measurement in frontier regions. *Agroforestry Systems* 49: 301–318.
- Sorio, H. 2012. *Pastoreo Voisin. Teorías-Prácticas-Vivencias* (3 ed.). Passo Fundo: Meritos. Brasil. 298 p.
- Verterea, R.T.; Parkin, T.B.; Cardenas, L.; Petersen, S.O.; Pedersen, A. R. 2012. Data Analysis Considerations. Chapter6. *Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases*. **En** Curso de Capacitación “Investigación en Sistemas Ganaderos y Medición de Gases de Efecto Invernadero” 8-25 de enero 2015. INIA Remehune – Osorno, Chile.
- Vistoso, E., Alfaro, M., Saggar, S., Salazar, F. 2012. Effect of nitrogen Inhibitors on nitrous oxide emissions and pasture growth following an autumn application in a volcanic soil. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:133-139.
- Vistoso, E., y M. Alfaro. 2010. Estimación del nitrógeno potencialmente mineralizable en un Andisol con diferente fertilización. p. 51-52. *In* Hepp C., y A. Sotomayor (eds.) Libro Resúmenes del XXXV Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Coyhaique 2010. SOCHIPA, Santiago, Chile.
- Westberg, H. H.; Johnson, K. A.; Cossalman, M. W.; Michal, J. J. 1998. A SF6 Tracer Technique: Methane Measurement from Ruminants. *Rev.* February 1998. Washington State University. Pullman, Washington. 40 p.

10. Anexos

Anexo 1. Metodología desarrollada para los ensayos de Óxido Nitroso

Medición de emisiones de óxido nitroso en sistemas de producción de carne y leche en el proyecto FONTAGRO

1. Introducción

Se considera que la ganadería en la región, es responsable del 23.5% del total de emisiones de gases efecto invernadero (Chacón et al. 2014). En el sector ganadería, las principales fuentes de emisión, corresponden al metano entérico y al óxido nitroso derivado de la fertilización nitrogenada de las pasturas y cultivos forrajeros.

En el inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI), las emisiones de óxido nitroso se han estimado con el uso de factores por defecto de IPCC 2006, lo que refleja la necesidad de la determinación de estos factores. Bajo esta premisa, se han establecido ensayos para la medición de óxido nitroso con cámaras estáticas en sistemas ganaderos con el objetivo de determinar la emisión de óxido nitroso del suelo en pasturas con diferentes condiciones de manejo en la región centroamericana.

Se han establecido ensayos en la determinación de óxido nitroso con cámaras estáticas en sistemas ganaderos; el primero, en la finca de CATIE y el segundo, en la estación Diamantes del Ministerio de Agricultura, el tercero en la finca ganadera del CURLA – Honduras, el cuarto en Finca experimental del DICTA-Chitre, en finca ganadera en Matiguas, Nicaragua. Los ensayos son parte del proyecto Ganadería y Cambio Climático, el cual es financiado por FONTAGRO – NUEVA ZELANDA e implementado por CATIE e INTA.

2. Objetivos

- Desarrollar el protocolo de la metodología para la medición de óxido nitroso en sistemas ganaderos.
- Determinar la emisión de óxido nitroso del suelo en pasturas con diferentes manejos en condiciones en la región centroamericana

3. Metodología

3.1 Protocolo de metodología para medición de gases de efecto invernadero

En la región de América Central, la experiencia en la medición de GEI es escasa, no existe una metodología estándar probada, que pueda ser utilizada como referencia para los diferentes proyectos que se pretenden implementar en el corto y mediano plazo para la determinación, sistemas de producción y manejo de factores de emisión de óxido nitroso, en las distintas áreas del Istmo Centroamericano; por lo que se hace necesario, desarrollar un protocolo con validación en campo, que sirva de base para los trabajos que realicen las distintas organizaciones de

investigación tanto en Costa Rica como en la región de América Central. El disponer de metodologías estándar, permitirá hacer comparaciones de los resultados y desarrollar factores de emisión para su uso en los inventarios nacionales de emisiones de GEI, en el caso en que sean aprobados por la convención del clima (UNFCCC).

3.2 Determinación de Óxido nitroso

3.2.1 Cobertura vegetal del sitio seleccionado

Se seleccionará un potrero con la pastura dominante de 5000 m² para la fase de calibración y posteriormente, se asignará un área aproximada de 165 m² con un área de efectiva de 77 m² del mismo potrero antes utilizado para iniciar la fase de experimentación. El manejo de esta área, será cortado el pasto según rotación del manejo de la finca.

Para el área de pastos se debe estimar la disponibilidad de materia seca, para el suelo se estará realizando los siguientes análisis: textura, densidad aparente, pH, C orgánico, N mineral, Humedad. Información sobre el historial del sitio experimental y manejo agronómico, coordenadas geográficas, Altura (msnm) y datos meteorológicos: temperatura del aire, precipitaciones, humedad relativa y presión atmosférica.

3.2.2 Fases del estudio

El estudio de la emisión de óxido nitroso, se realizará en dos fases:

Fase 1. De tipo exploratorio y calibración, se realizara en el área de la pastura seleccionada, en el horario comprendido por 48 horas; el objetivo es determinar el momento oportuno del día para la toma de una muestra de gases (hora del día donde se emite el promedio de emisión de óxido nitroso).

Fase 2. Se iniciara una vez se determine en los análisis del cromatografía de gases, que identifique el día donde se emitan las emisiones de óxido nitroso promedio en el día. Para esto se tomaran muestras por dos meses en época seca y dos meses en época lluviosa, donde se tomará una muestra por día en las cámaras estáticas y en el horario definido en la Fase 1; el monitoreo será distribuido a lo largo del periodo de descanso de la pastura.

Fase 1. Muestreo exploratorio y de calibración

Esta fase determinara el momento óptimo para la muestra única promedio diaria. Se conoce que la emisión de N₂O, es mayormente controlada por la temperatura del suelo. En consideración a que se obtuvieron diferentes resultados para varias latitudes así como la escasa información disponible en los trópicos, es necesario realizar un trabajo previo por cada zona ecológica, donde se efectúan ensayos de esta clase con cámaras estáticas. En el medio tropical se parte del hecho, de que la temperatura diaria ambiente, tiene el momento más frío del día en la madrugada y el más caliente al iniciar la tarde, para luego bajar paulatinamente durante el resto de la tarde

y noche. Esta misma variación se espera en el suelo, aunque en menor magnitud, siendo posible que el momento que mejor representa la emisión, se encuentre entre las 6 de la mañana y 6 de la tarde. Por lo tanto, se realizará una prueba de calibración en el rango horario de las 24 horas, con muestreos cada dos horas, durante dos días. Con ello se espera calcular el promedio de emisión y el horario donde es más frecuente que ocurra.

Para la fase 1, se tomarán muestras cada dos Horas por un lapso de tiempo de 48 horas consecutivas. Para tal fin se deben poner 3 cámaras distribuidas en transepto en un potrero logrando la mayor representatividad del área (Figura 1).

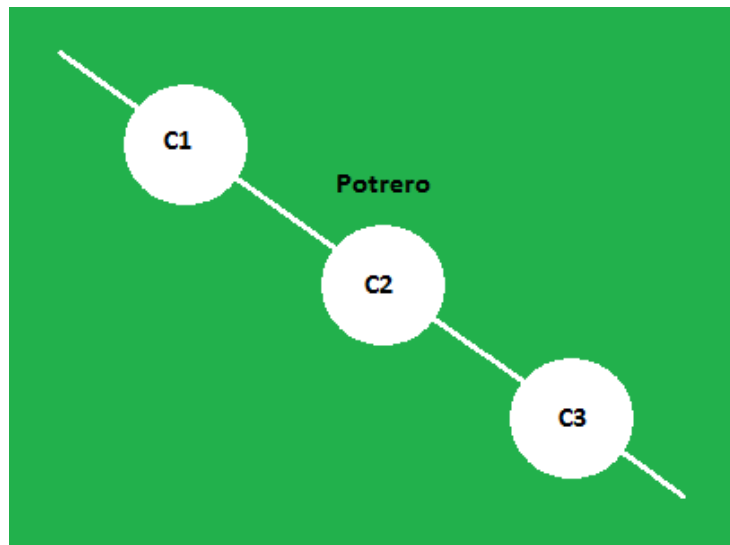


Figura 1. Esquema de ubicación de las cámaras en el potrero para la calibración.

El formato para la toma de muestras llevará los datos requeridos para el análisis de las emisiones el cual se presenta en la siguiente tabla. Para los datos en cada cámara, tomando en consideración que el tiempo de muestras por cámara se inicia, al momento que se instala cada cámara.

Tabla 1. Formato de toma de muestras de óxido nitroso (Fase 1 y 2).

Día Fecha
 Lugar
 Hora Inicial Hora Final

Sitio										Fecha									
Cámara	No. Vial	Hora	Temp °C		% Hum Amb	% Hum Suelo	No. Vial	Hora	Temp °C		% Hum Amb	% Hum Suelo	No. Vial	Hora	Temp °C		% Hum Amb	% Hum Suelo	
			Int	Ext					Int	Ext					Int	Ext			
C1	T0						T20						T40						
C2	T0						T20						T40						
C3	T0						T20						T40						

Cámaras para muestreo de óxido nitroso: Para el muestreo de óxido nitroso, se utilizará la técnica de cámaras estáticas de acuerdo con la metodología descrita por Klein y Harvey (2012). Las cámaras serán cilíndricas, confeccionadas en tubo de PVC con un diámetro de 24 cm de diámetro y 38.0 cm de altura, con una tapa acrílica con diseño circular, en esta última se abren dos agujeros, uno que contendrá un septum de caucho para introducir el termómetro y el otro que llevará el dispositivo (Fitin con rosca para gases, manguera pequeña, llave de tres pasos, una aguja de 23X1 y una jeringa de polipropileno de 50 ml) para la toma de muestra y sin ventilación interna. Para lograr la aislación térmica de las cámaras, serán forradas con una membrana aislante de espuma de polietileno aluminizada de 9 mm de espesor evitando el golpe directo del sol y que se calienten las cámaras. La base en PVC debe estar en una profundidad de suelo de 10 cm, es importante colocar la base mínimo un día antes del muestreo, esto con el fin de que se reestablezcan las condiciones del suelo al disturbarlo durante el establecimiento de la base.

Consideraciones de la cámara:

4. Debe estar cerrada únicamente durante el muestreo.
5. La diferencia de la toma de temperatura no debe exceder más de 6°C (entre la temperatura interior con la exterior).
6. La hora del muestreo se realizara entre 9 a 11 de la mañana.

Procedimiento de Muestreo en las cámaras: después de establecer la cámara, inmediatamente se mezcla el aire interno de la cámara, mediante el bombeo de tres jeringas de aire, una vez tomada la muestra, se transvasará a un tubo “vial” al vacío de 20 ml, para luego ser

transportada al laboratorio. El muestreo será de una hora de duración y se tomarán tres muestras por cámara en tres tiempos diferentes: T0: al instalar la cámara; T20 = 20 minutos; T40 = 40 minutos. Adicionalmente, por cada día de muestreo, se tomará dos muestras de aire fuera de la cámara, pero, a la misma altura del muestreo para utilizarla como “blancos” en laboratorio. Las muestras se tomarán de acuerdo al cronograma programado (Cuadro 31).

Cuadro 31. Cronograma de muestreo de óxido nítrico según el número de días de pastoreo.

No. de muestreo	Días después del pastoreo	Observaciones
1	1	Un muestreo comprende: Tres cámaras en el aparto, tomando una muestra a tres tiempos y un blanco. Esto equivale a un total de 11 muestras diarias.
2	2	
3	3	
4	4	
5	5	
6	8	
7	10	
8	12	
9	16	
10	18	
11	24	

Fase 2. Toma de muestras en parcelas de experimentación

En el aparto seleccionado se debe de instalar las bases en al menos 24 horas antes de iniciar el muestreo. En la colocación de las bases, se tendrá el cuidado de no disturbar mucho el suelo; los puntos deberán estar bien identificados (ya que es donde se colocarán las bases en todo el periodo del estudio después de cada ciclo de pastoreo).

Como es un experimento controlado, se debe cortar el pasto simulando la rotación del potrero, con el fin de ver el impacto de la poda sobre las emisiones (Simulando el pastoreo del animal).

Para el desarrollo del experimento se utilizará un diseño de bloques completos aleatorizados o cuadrado latino, de tal manera que en cada fila y en cada columna haya solo una repetición de cada tratamiento como lo muestra la Figura 2.

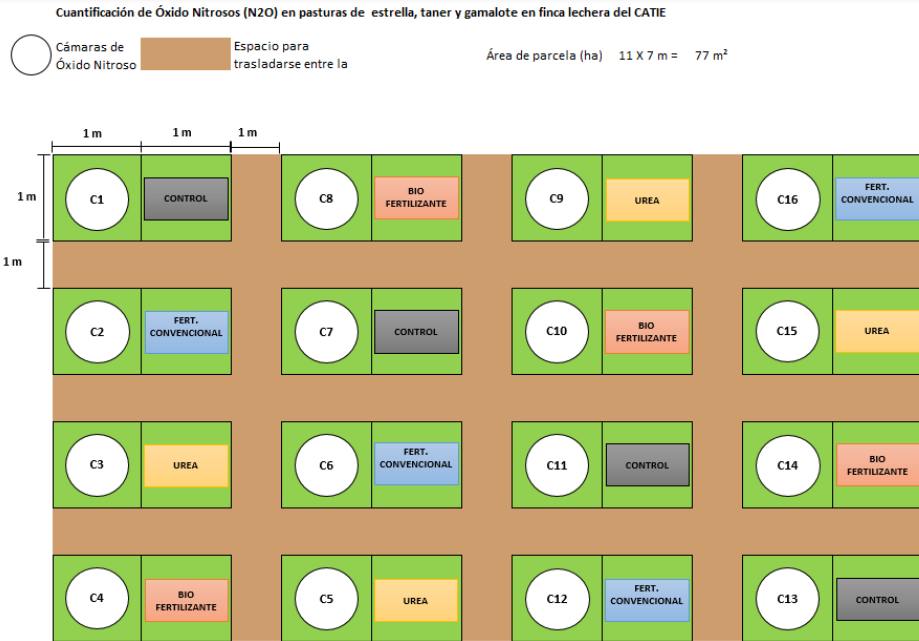


Figura 2. Ubicación de las cámaras y tratamientos en la parcela.

Se utilizarán tres tratamientos más un control para un total de cuatro tratamientos (Cuadro 32), esto con el fin de observar el comportamiento de las emisiones a través de la aplicación de diferentes fertilizantes tanto orgánicos como químicos en la pastura. Las dosis utilizadas serán calculadas de acuerdo a la dosis manejada por el productor en kg/ha en las pasturas y partiendo de esta dosis se calculará la cantidad adecuada para un metro cuadrado.

Cuadro 32. Tratamientos y dosis utilizadas.

Tratamiento	Composición	Dosis por cuadrante	Dosis / ha en la pastura
T1	Control	-	-
T2	Biofertilizante (L)	2.5	25000 m ³
T3	Urea + inhibidor (kg)	0.0092	92
T4	Abopasto (kg)	0.0092	92

Es importante tener en cuenta, que en el metro cuadrado donde se establece la cámara, se debe evitar en lo mínimo tocar el suelo, o que haya pisoteo por las personas que estén en el experimento. En el siguiente metro cuadrado, es importante poder sacar muestras de suelo a 10 cm de profundidad para poder hacer los análisis de laboratorio para carbono y Nitrógeno, también % humedad del suelo, con el fin de correlacionar esto con los datos de óxido nitroso resultantes.

En los dos cuadrantes se aplicará el tratamiento seleccionado los más homogéneo posible. Se debe de tomar en cuenta estimar el área de la base de la cámara para aplicar la cantidad adecuada del tratamiento en este cuadrante, para efectos de este ensayo se aplicó 0,45 g dentro de la base de la cámara y 8,75 g fuera de la base para completar la dosis calculada por cuadrante (9,2 g), esto para fertilizantes químicos y para el fertilizante orgánico se aplicó 0,123 ml dentro de la base y 2377 ml fuera de la base, para un total de 2.5 L por cuadrante.

Para la toma de muestras al igual que la fase 1 se tomarán de acuerdo al cronograma programado (Cuadro 33).

Cuadro 33. Cronograma de muestreo de óxido nitroso según el número de días de pastoreo.

No. de muestreo	Días después del pastoreo	Observaciones
1	1	Un muestreo comprende: 16 cámaras en la parcela, tomando una muestra a tres tiempos y dos blancos. Esto equivale a un total de 50 muestras diarias.
2	2	
3	3	
4	4	
5	5	
6	8	
7	10	
8	12	
9	14	
10	16	
11	22	

Las muestras serán transportadas por vía correo al laboratorio del INTA en El Alto de Ochomogo, Cartago. Las muestras serán analizadas por cromatografía de gases mediante detector de captura de electrones para conocer las concentraciones de N₂O.

Los datos se analizarán por medio de regresión lineal simple con tratamientos en el tiempo, para lo cual se agruparan en dos épocas (menor y mayor precipitación). También, se determinarán factores de emisión según la metodología descrita por Venterea et al. (2012).

3.3 Análisis de los datos

Después de cuantificar la concentración de los GEI en partes por millón, procedemos a calcular los gramos de N₂O en función del área y tiempo. Para calcular los gramos de N₂O se utilizará la siguiente ecuación:

$$g \text{ N}_2\text{O-N} = \frac{Pa \cdot V \cdot PM \cdot ppm \cdot (\text{concentración en T0})}{R \cdot K \cdot 1000000}$$

Donde:

g N₂O-N= Flujo de gas de N₂O en g N₂O-N.

Pa = Pascales

V= Volumen de la cámara en m³

PM = Peso molecular del N en g/mol
 Concentración en T0= Concentración del tiempo 0
 R = Unidades en Pa*m³/mol*K
 K= Temperatura en grados Kelvin

Para obtener el flujo lineal en mg M₂O-N/m²/h se realiza la siguiente ecuación:

$$\text{Flux lineal mgN}_2\text{O-N} / \text{m}^2/\text{h} = \frac{(g \text{ T40} - g \text{ T20}) + (g \text{ T20} - g \text{ T0}) * 1000}{\text{Área} * \text{Tiempo}}$$

Donde:

g T40 = g N₂O-N del T40
 g T20 = g N₂O-N del T20
 g T0 = g N₂O-N del T0
 Area = Área de la cámara
 Tiempo = Tiempo en proporción a la hora tomada

Los cálculos de flujo de N₂O se realizarán a través de una plantilla generada en Excel y los datos estadísticos serán realizados en INFOSTAT para la comparación de resultados.

Anexo 3. **Determinación de los factores de emisión de Óxido Nitroso en áreas de pastoreo del Sistema Doble Propósito en la provincia de Azuero.**

Esta actividad se encuentra en la fase de toma de datos, se tomaron las primeras muestras de gas en los tratamientos que incluyen 3 tratamientos con pastoreo previo, a las parcelas con fertilización se les aplicó riego durante 7 días previo a la toma de datos:

T1=Pasturas mejoradas sin fertilización
 T2=Pasturas mejoradas con fertilización
 T3= Pasturas mejoradas degradadas sin fertilizar.

Se utilizará un potrero de pastoreo de aproximadamente 1.35 ha, con pasto mejorado asociado de Brachiaria cv Marandu y Brachiaria cv humícola, el cual fue establecido en la época lluviosa de 2016, dicho potrero se dividió en 4 cuadras iguales para ser pastoreadas con vacas en lactancia, con una carga estimada a través de la disponibilidad de biomasa (presión de pastoreo). Inicialmente se hizo el muestreo bromatológico para determinar disponibilidad y a la par del muestreo de gas se hizo muestreo de suelo para determinar la humedad.



Potrero seleccionado para el establecimiento del experimento – Finca experimental Los Santos - IDIAP



Toma de muestras de GEI en la zona de estudio.

Anexo 2. Metodología Cromatografía de Gases del INTA-CR, para metano y óxido nítrico, desarrollada por Katerine Arce, 2016.

a. Recibimiento de muestras

1. Verificar que las muestras recibidas indiquen la fecha del muestreo correspondiente.
2. Almacenar las muestras en refrigeración, por orden de fecha de llegada al laboratorio.



Fuente: INTA, tomada 23/02/2017.

b. Control de gases y muestras

3. Anotar en el control de Excel el consumo de gas argón, hidrógeno y nitrógeno por día, siempre al inicio del uso del CG (Cromatógrafo de Gases).
4. Vigilar la manipulación de los cilindros y antes de iniciar la corrida realizar prueba de fugas con agua y jabón.
5. En el caso del gas aire, este es aportado al CG por un generador de aire. Este toma aire del ambiente para transformarlo en aire ultra puro, que es el adecuado para el CG y desechar agua; verificar la cantidad de agua que se deposita en el recipiente de desecho para evitar derrames.

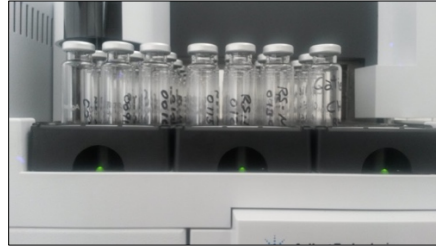


Fuente: INTA, tomada 23/02/2017.

6. Llevar el mismo control de Excel de las muestras que se van a correr con la fecha de recibido y la fecha de corrida, así también la descripción del muestreo con la cantidad de muestras que se van a colocar en el Cromatógrafo de Gases.

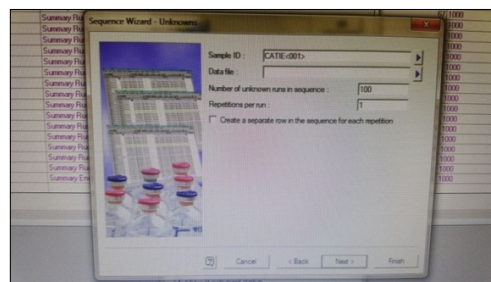
c. Lectura de las muestras

7. Antes de colocar las muestras para llevar a cabo su lectura, limpiarlas para evitar cualquier obstrucción en el equipo con suciedad o con alguna partícula.
8. Colocar las muestras de acuerdo a su etiquetado en las bandejas del Headspace para su procesamiento.
9. Verificar la luz verde en el momento que han sido colocadas las bandejas dentro del Headspace para el buen funcionamiento del brazo mecánico con el movimiento de los viales.



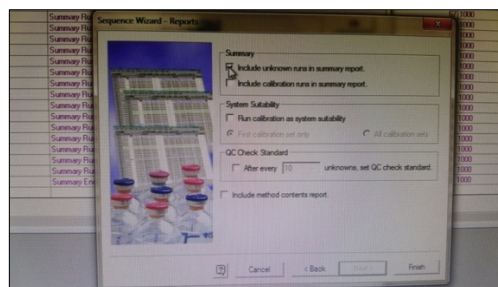
Fuente: INTA, tomada 23/02/2017

10. Por medio de software crear la secuencia correspondiente y elegir el método llamado headspace16.
11. Seguidamente nombrar las muestras y poner la cantidad que van a procesarse.



Fuente: INTA, tomada 23/02/2017.

12. Elegir la opción de inclusión de todas las muestras desconocidas en el reporte final y finalizar, en este momento aparecerá la secuencia creada.



Fuente: INTA, tomada 23/02/2017.

13. Editar en la secuencia creada el volumen 1000 μ L para todas las muestras, que corresponde a la cantidad de muestra que va a ser tomada por la inyección en el CG.
14. Guardar con fecha de corrida y el nombre de la persona quién pide el análisis con una descripción del mismo.
15. Iniciar la corrida de las muestras. El equipo por medio del software abre los gases, enciende la llama del detector de ionización y pone todos los parámetros adecuados según el método que se va a utilizar para leer estas determinadas muestras.
16. Cada muestra dura aproximadamente 12 minutos en ser procesada, desde su presurización, extracción e inyección hasta su resultado final en el sistema de datos.
17. Luego de concluido el tiempo de análisis se retiran los viales del equipo y quedan listos para ser vaciados y reutilizados para un nuevo muestreo.

Envío de resultados

18. Luego de procesados los datos se pasan a archivo pdf y son enviados por medio de correo electrónico a los interesados.



Cromatógrafo de Gases Fuente: INTA, tomada 23/02/2017

Anexo 3. Reporte de actividades realizadas en Panamá

Evaluación bioeconómica de los sistemas ganaderos doble propósito y su relación con las emisiones de GEI.

Jaime Espinosa, Jessica Hassan, Osiris Vigil

Introducción

En Panamá, la ganadería está conformada en un 96% por pequeñas y medianas fincas o unidades de producción. Se reportan actualmente 5590 lecherías, de las cuales 360 (6.44%) producen leche grado A, 247(4.4%) leche grado B y 4,983 (89.14%) leche grado C o industrial. Los resultados del VII Censo Nacional Agropecuario de 2011 de Panamá, reportan una población de alrededor de 1.725 millones de cabezas de ganado vacuno, que representa un incremento de 6.5% con relación al Censo Nacional Agropecuario de 2001.

Al nivel nacional se reporta un total de 1,537,328 has de pastos, de las cuáles 569,304 has, representan los pastos mejorados, equivalente al 37%. Mientras que, en la región de Azuero, se registra una población de 369,261 cabezas de ganado, que representan el 21.4% y una superficie de pastos de 333,551 has, equivalentes al 21.7% del total nacional, sin embargo, el área de pastos mejorados de la región solamente representa el 26% (MIDA, 2012).

La producción de leche en Panamá es deficitaria y se estima que para cubrir dicho déficit, se importa el 47.13% de la demanda nacional, en términos de materia prima o productos semi-procesados. La producción de leche nacional es de 204.8 millones de litros, que representa un aporte aproximado de 107 millones de balboas al PIBA y genera más de 300,000 empleos directos al año (MIDA, 2012).

La Región de Azuero conformada por las Provincias de Herrera y Los Santos, concentra a 3560 productores de leche, que representan el 61% del total nacional y produce aproximadamente unos 81.6 millones de litros, que representan un 40% de la producción de leche nacional, donde la gran mayoría proviene de lecherías grado industrial (Plan Estratégico para el Desarrollo del Sub sector Lechero 2007-2013).

Es importante destacar que la ganadería de Doble Propósito, constituye el soporte de la actividad económica y social de la Región de Azuero. Sin embargo, en la región predominan las fincas con sistemas tradicionales, con medianos a bajos niveles tecnológicos, con baja productividad y eficiencia reproductiva, con 52% de natalidad (IDIAP, 2010). Entre los principales indicadores se pueden mencionar: Producción de leche media de 4 litros/vaca/día (1000 a 1400 litros/lactancia), baja carga animal de 0.9 a 1 U.A./ha, la tasa de crecimiento del hato nacional (< de 1%), la edad tardía al primer parto (> de 42 meses), intervalos entre partos amplios (> 24 meses), baja tasa de natalidad (< 50%), alta mortalidad (> 8%) en animales jóvenes y > a 1% en adultos (MIDA, 2012).

Al mismo tiempo, es importante señalar que la cadena agroalimentaria de leche, que tiene como objetivo el mejoramiento continuo de la producción, productividad y calidad de la leche, ha identificado como factores sensitivos en el ámbito de producción, problemas tecnológicos (manejo de pasturas, alimentación, sanidad, reproducción, mejoramiento genético y calidad de leche), incidencia de la estacionalidad y variabilidad climática, aunado a la asistencia técnica y transferencia de tecnología. Por otro lado, las industrias procesadoras reportan una demanda insatisfecha de leche cruda (Guevara, 2012)

Existen diferentes razones que justifican la realización y ejecución del presente estudio. En primer lugar, por la importancia del rubro leche en la región, debido a que concentra el 61% de las fincas lecheras del país y produce el 40% del total de leche. También, los deficientes índices zootécnicos de las fincas del sistema de Doble Propósito, los cuales indican bajos niveles de producción y productividad, severas limitaciones de competitividad y sostenibilidad. Por otro lado, los sistemas tradicionales basados en pasturas de monocultivo predominantes en la región, generalmente están asociados con alta degradación ambiental y baja productividad animal.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en 150 fincas ganaderas doble propósito (SDP) ubicadas en la región de Azuero, con el fin de determinar las variables socioeconómicas y zootécnicas de importancia para la adopción de tecnologías en miras de mejorar la eficiencia en el sistema productivo a través de medidas de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático.

El trabajo se realizó en la península de Azuero (7°40'00"N 80° 35'00" O) que corresponde a las provincias de Herrera y Los Santos las cuales se encuentran en una zona de bosque seco tropical con clima tropical de sabana, con periodos secos que van de enero a abril y precipitaciones de mayo a diciembre, con un promedio anual de 1000 a 1600 mm. La elevación varía entre el nivel del mar hasta 300 m.

La primera fase se desarrolló a través de una encuesta para caracterizar los tipos de fincas y determinar las variables productivas como: tipos de manejos, producción de leche diaria, usos de suplementos o tipo de alimentación, de producción de forraje (pasturas y bancos forrajeros), relación B/C y emisiones por unidad de productos. La segunda etapa fue el monitoreo de 6 fincas a las cuales se les dio seguimiento mensual durante 9 meses considerando la toma de datos durante la época seca (E.Sc) y época lluviosa (E.LI). Para la determinación de los factores de emisión de las fincas y su relación con las variables bio y socioeconómicas se utilizaron las Directrices del IPCC 2006 a través de una herramienta desarrollada en este proyecto y en el análisis de los datos se utilizaron los softwares estadísticos SPSS e *InfoStat/E*.

Resultados

Considerando que el sistema analizado fue de fincas de Doble Propósito se determinaron tres tipos de manejo según el uso de algunas tecnologías como el uso de bancos forrajeros de alto valor nutritivo, presencia de pasturas mejoradas y carga animal: alta (76/150), media (40/150) y baja (34/150), que inciden en eficiencia productiva en ambas épocas del año (litros/vaca/día).

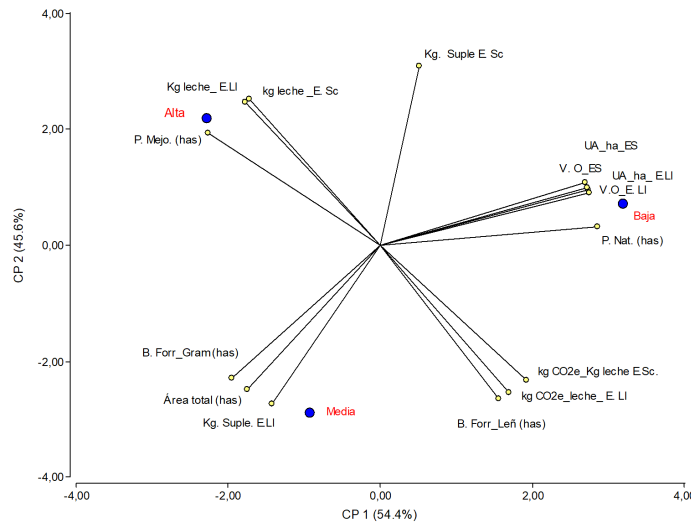


Figura 1. Análisis factorial del SDP de Azuero

Las fincas que presentaron mayor carga animal (UA) fueron las fincas con menor presencia de pasturas mejoradas (12%) y al ver los indicadores de productividad estas fincas son las que menor producción de leche tienen en ambas épocas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables de producción de las fincas doble propósito de Azuero

Tipo de manejo	% Pasto Mejorado	Kg/Leche /vaca/ día E. Seca	Kg/Leche /vaca/ día E. Lluvia	Promedio anual Kg/Leche /vaca/ día	UA/ has
Alto	40	4,5	6.5	5,5	0.53
Medio	15	3.0	5.0	4.0	0.30
Bajo	12	1.5	3,5	2,5	1.70

En la producción de los tres tipos de manejo se ve una disminución por el efecto de cambio de época que va desde un 40% hasta un 70%.

Para los resultados obtenidos por las emisiones de Kg CO₂e por kg de leche de las vacas en producción (Cuadro 2), se tiene que las fincas con manejo de tecnologías alto son las fincas que menores valores de intensidad de emisión presentaron relacionado directamente con ser las fincas que presentaron mayor producción de leche.

Cuadro 2. Emisión de CO₂e por kg de leche en el SDP de Azuero

Tipo de manejo	CO ₂ e kg/ kg leche E.Lluvia	Kg CO ₂ e/kg leche E.Seca
Alto	1,72	2,85
Medio	2,46	4,36
Bajo	2,59	4,5

De las emisiones totales en CO₂eq originadas por el sistema ganadero doble propósito las mayores emisiones provienen directamente del animal por la fermentación entérica (85-90%) lo que está relacionado al desbalance nutricional en las dietas y la baja productividad por sistemas deficientes en la selección animal.

La segunda fase con los datos recopilados en el monitoreo y a través del diagnóstico dinámico de la eficiencia económica de lecherías doble propósito en Los Santos se inició en octubre de 2016 con la colaboración de 6 ganaderos de leche grado C del sistema doble propósito de la provincia de Los Santos, a los que se les llevaba semanalmente los registros de la producción de leche, mensualmente se registraron los gastos e ingresos de la lechería. Mediante un acompañamiento técnico en trabajos de corral con una periodicidad semestral se registró el inventario animal, el peso vivo del hato, la condición corporal, observaciones de diagnóstico reproductivo mediante palpaciones, el tratamiento zoonosanitario (desparasitante interno y externo), y la aplicación de vitaminas.

En relación con la media del peso y la condición corporal de las vacas en las 6 fincas estas se muestran en los siguientes cuadros 3 y 4. La finca con mayor peso medio de las vacas de ordeño fue de 538.2 kg vaca⁻¹, mientras que la finca con menor peso fue de 395.5 kg vaca⁻¹.

Cuadro 3. Promedio y desviación típica del peso (kg) de las vacas en monitoreo, octubre de 2016.

Localidad	n	Media	D.E.	E.E.
Agua Buena	14	419.9	65.3	17.5
La Espigadilla	10	495.8	65.4	20.7
Las Cruces	10	538.2	32.9	10.4
Sabana Grande	24	450.5	60.1	12.3
Tonosí Centro	17	395.5	68.5	16.6
Guánico	14	463.0	54.8	14.7

De las 6 fincas la condición corporal promedio más baja al inicio del monitoreo fue de 2.6 y la más alta fue de 3.68.

Cuadro 4. Promedio y desviación típica de la condición corporal de las vacas en monitoreo, octubre de 2016.

Localidad	n	Media	D.E.	E.E.
Agua Buena	14	2.91	0.12	0.03

La Espigadilla	10	3.58	0.53	0.17
Las Cruces	10	3.68	0.35	0.11
Sabana Grande	24	3.17	0.38	0.08
Tonosí Centro	17	2.6	0.15	0.04
Tonosí 2	12	3.08	0.12	0.04

Como de esperarse, la relación lineal entre el peso vivo de las vacas y su condición corporal fue positiva con un $R^2=0.94$. (Figura 2). Comparativamente Lafontaine et al (2003), encontraron que la condición corporal reflejó linealmente el 97% de las variaciones de peso vivo de vacas adultas, de encaste Angus y Polled Hereford.

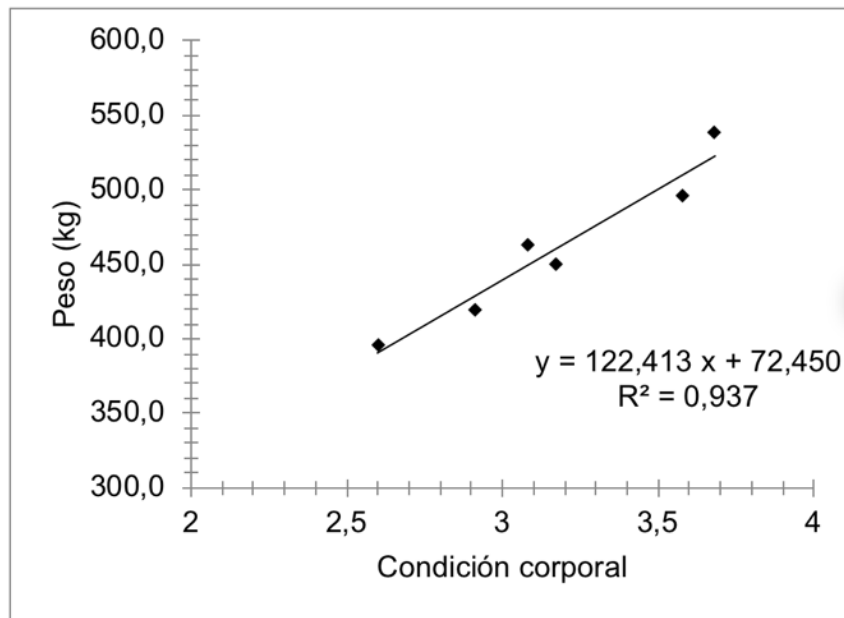


Figura 2. Relación entre peso vivo y condición corporal

La condición corporal de las vacas varía según la finca y los encastes existentes (Figura 3). Los encastes de vacas con mayor condición corporal fueron Holstein Senepol, Holstein Angus, Cebú Holstein, Holstein Suizo, y Gyr Suizo.

Figura 3. Condición corporal promedio según el encaste en cada finca.

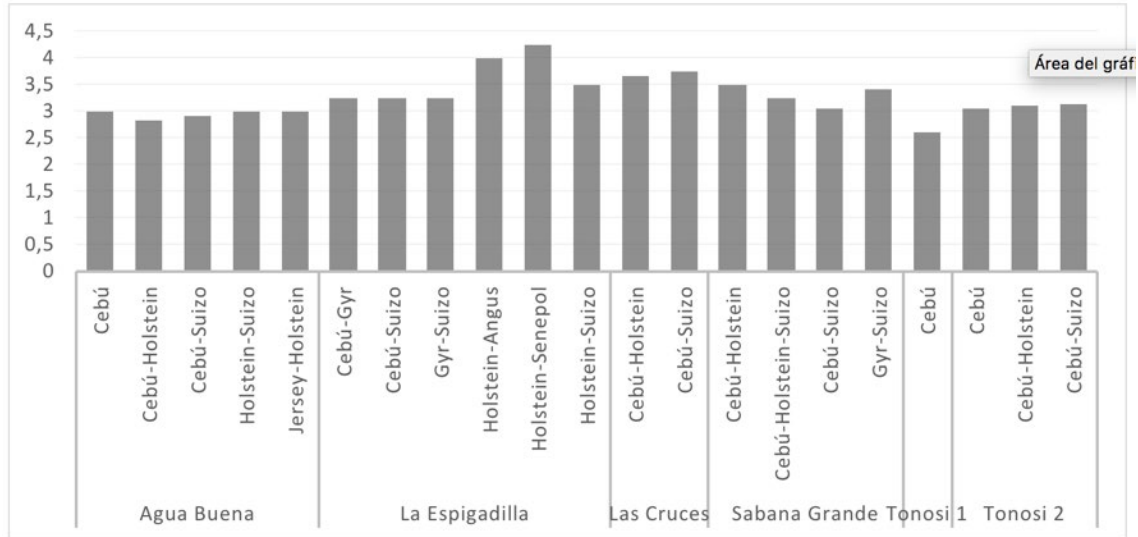


Figura 3. Agrupamiento de los encastes de las vacas según su condición corporal.

Para el caso de un productor se muestran la producción promedio diaria de leche por vaca en el tiempo, y los flujos de los ingresos y gastos de la finca en el mismo periodo de tiempo (Figuras 4 y 5). En el corto periodo analizado se aprecia la relación dependiente de los ingresos por la producción de leche en la finca. Asimismo, se observa que en valores absolutos resultó un saldo positivo entre ingresos y gastos.

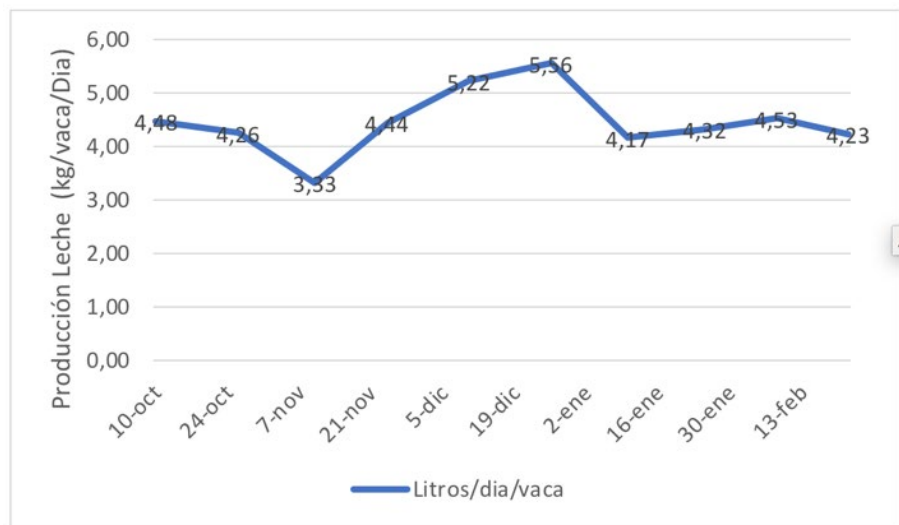


Figura 4. Producción diaria de leche por vaca promedio de una finca, octubre de 2016 a febrero de 2017.

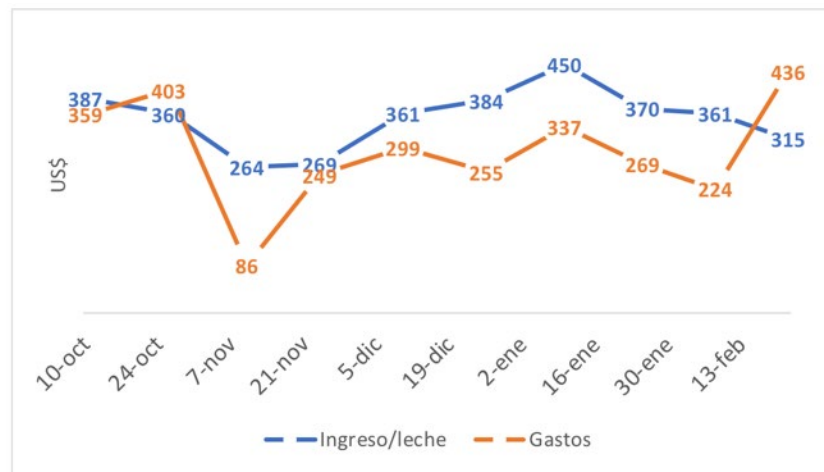


Figura 5. Ingresos y gastos de una finca, octubre de 2016 a febrero de 2017.

Viendo las figuras 4 y 5 podemos ver que en ambos casos de los períodos de octubre – noviembre y enero- febrero donde son los dos meses más duros hay un efecto marcado en la reducción de leche y el incremento en gastos lo que se puede relacionar con ser este periodo donde se concentran las más las lluvias para el caso de octubre- noviembre y en la mayoría de los casos los animales sufren estrés por acumulación de humedad y enfermedades podales, mamarias o respiratorias lo que incurre en gastos de medicamento o traslados de animales a otras fincas y de manera negativa se ve reducción en la producción y con el mismo resultado sucede en el periodo de enero – febrero donde es la época seca con deficiencia en la disponibilidad y calidad de forraje y agua.

De manera general cabe señalar que las principales variables que limitan los cambios a los sistemas ya establecidos de producción fueron: la escasez y alto costo de mano de obra (\$15 a \$20 /jornada) y el avanzado promedio de edad de los productores (59 años), donde el 75% fue mayor de 50 años. Como resultado de la intensidad de emisión por unidad de producto (litros de leche), los mayores valores se obtuvieron para la época seca con una media de 4.00 kilogramos CO₂eq diarios por litro de leche donde el promedio de producción de leche es de 4.62 litros por vaca por día; y para la época lluviosa con un valor menor de 1.47 kilogramos de CO₂eq diarios por litro de leche donde el promedio de producción de leche es de 6.02 litros por vaca por día. Los sistemas de mayor productividad son los que tienden a poseer los menores valores de emisiones de GEI. La relación Beneficio/Costo de las fincas fue superior a \$1.50 en promedio anual. La relación B/C y las emisiones de CO₂eq por litros de leche diarios por vaca en las fincas mostró una tendencia potencial de menores emisiones para las fincas con mayor relación B/C.

Logros e impactos de este componente

A través de los monitoreo y acercamiento a los productores se les informo de estrategias para mejorar sus manejos en las fincas y así ser más capaces de adaptarse a cambios bruscos del entorno y mitigar los efectos de su producción.

Por otro lado, se estimaron las emisiones procedentes de los sistemas ganaderos principalmente lo que tiene que ver con la producción de leche y el manejo de las fincas lecheras lo cual sirve de punto de apoyo para los proyectos futuros donde se contemple la productividad y sostenibilidad del SDP, y de igual forma para apoyo como indicador inicial para la propuesta de NAMAs Ganadero

Presentaciones en talleres congresos y divulgación


Día de campo en la Feria de Azuero 2016-2017, presentación a productores y estudiantes de las metodologías y resultados de los trabajos de investigación del proyecto en relación a las emisiones de GEI de Azuero.



Dicha actividad se realizó el día 21 de febrero del 2017 donde se dieron 5 ponencias en temas de interés por los productores y técnicos del sector con la asistencia de 55 participantes (5 estudiantes de la Universidad Sta. María la Antigua, 10 técnicos del MIDA e IDIAP y 40 productores)



Fecha	Nombre del Evento	Organizadores	soporte	Participantes
8 de junio de 2017	FORO- Estrategia de NAMAs Ganadero	CATIE- ANAGAN		12
13 de julio de 2017	Café científico Agroclimático	SENACYT		16

3-6 octubre de 2017	3° Conferencia de gases efecto invernadero en sistemas agropecuarios de Latinoamérica. I NIA	INIA Uruguay - La Estanzuela		200
---------------------------	---	---------------------------------	--	-----

Actividades pendientes, se tiene se tiene planteado realizar para la semana del 19 al 23 de febrero un taller con productores para divulgar los resultados del proyecto y como producto de este taller se espera iniciar un borrador de una propuesta para la asamblea legislativa donde se implementaría un incentivo a productores con estrategias para disminuir el impacto ambiental y que presenten rentabilidad y competitividad.

Anexo 4. Reporte de actividades desarrolladas en Nicaragua

El reporte de Actividades de Nicaragua se encuentra en documento Adjunto Anexo 4_Nicaragua.pdf.

Anexo 5. Reporte de actividades desarrolladas en el estudio de N₂O en Nicaragua

Parcelas Establecimiento de óxido nitroso (N₂O) en la Vía Láctea, en finca ganaderas de doble propósito.

El experimento se está desarrollando en dos fincas ganaderas de doble propósito en Muy Muy, Nicaragua.

Se establecieron dos parcelas de experimentación, la primera se realiza en pastura naturalizada de pasto estrella y la segunda con pastura mejora de Mombaza, pastos predominantes en la región.

Los tratamientos establecidos en cada pastura son:

T1=Pasturas sin fertilización o control

T2=Pasturas con fertilización con Urea

T3= Pasturas con fertilización con Biofertilizante

T4= Pastura con fertilización de urea + inhibidor



Toma de muestras de GEI, con cámaras estáticas en pasto estrella, Muy Muy, Nicaragua. Finca de Guillermo Valdivia



Parcela experimental en pasto mejorado *Panicum maximum* cv. *Mombasa*
Finca Reynaldo López

Parcela experimental en pasto estrella
Cynodon plectostachius
Finca G. Valdivia.

Monitoreo socioeconómico en finca ganaderas a doble propósito -



Entrevistas a productores



Verificación de cambios de uso del suelo, relevante para el análisis de GEI.



Identificación de adaptación y mitigación al cambio climático (árboles dispersos en potreros y establecimiento)

Congresos regional

Congreso Internacional desafíos y oportunidades de la ganadería para el aumento de la productividad.

<https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:43629-concluye-i-congreso-internacional-desafios-y-oportunidades-de-la-ganaderia-para-el-aumento-de-la-productividad>



Visita de Campo finca del productor Reynaldo Chavarría
Comunidad Santa Rosa selección de sitio para el
Establecimiento del ensayo de Óxido Nitroso.



Programa Culturagro INTA - Entrevistas a productores



Anexo 6. Reporte de actividades desarrolladas en Honduras

Análisis Socioeconómico fincas ganaderas de doble proposito en Honduras, análisis de Beneficio Costo.

Sonia Odili Amador – Rubén Díaz Turcios La Ceiba, Honduras C A.

Introduccion

La ganadería es una de las actividades productivas y sociales más importantes contribuye con aproximadamente el 13% del Producto Interno Bruto Agropecuario y genera más de 400 mil empleos directos (BCA, 2012). La actividad se desarrolla en todo el territorio nacional, tanto en las zonas costeras del Pacífico como del Atlántico, en los valles del interior, así como, en las tierras onduladas y laderas de alta pendiente, con predominancia del sistema de manejo extensivo tradicional lo que también significa más utilización de tierras.

La cantidad de explotaciones bovinas existentes es de 96,622 de las que el 76% son de doble propósito, un 15% tienen orientación lechera y 9% para engorde (INE, 2007-2008), todas caracterizadas por los bajos rendimientos tanto en leche como en carne que significan poca o ninguna rentabilidad.

2. Uso de la tierra

La ganadería es la actividad productiva que demanda el mayor uso de tierras, entre todas las explotaciones agropecuarias utilizan una superficie de 3, 264,339 has. de éstas el 53.8% está ocupada por pastizales, el 29% por cultivos y el 17.2% restante son tierras para otros usos agropecuarios y no agropecuarios (INE, 2008). Al comparar los datos del INE con los del Censo Nacional Agropecuario de 1993 encontramos un incremento en la superficie de pastos de 222,894 has. (15,921 has./año) equivalentes al 14.5%. De la superficie actual de pastos un 63% son naturales y el 37% restante son mejorados o cultivados.

3. Impacto ambiental de la ganadería

La ganadería tiene un fuerte impacto en los ecosistemas, la biodiversidad, las fuentes de agua y los bosques. Más del 60% de las tierras utilizadas están ubicadas en zonas montañosas y de estas un 32% ya muestran señales de fuerte degradación. Predomina el sistema ganadero extensivo, los pastizales se establecen después de que la agricultura de tala y rosa elimina el bosque, muchos productores mantienen la práctica de quemar periódicamente, es común observar problemas de sobrepastoreo, degradación de pasturas y baja cobertura de suelos.

La agricultura migratoria como la ganadería extensiva se han abierto camino en la llamada frontera agrícola a tal punto que también amenazan varias áreas protegidas e importantes cuencas. Los bosques han sido degradados principalmente por la actividad agropecuaria e incentivos asociados con la misma. Más del 20% de las tierras se encuentran sometidas a una actividad de sobreuso porque el 56% de la población rural desarrolla sus labores en suelos de ladera. Las cuencas altas reportan una fuerte deforestación producto de la alta concentración de

actividades agropecuarias y por el uso inadecuado de la tierra. La alta tasa de deforestación altera el régimen hidrológico provocando alta erosión que conlleva inundaciones, sequías y asolvamiento de las fuentes superficiales de agua. Lo anterior coloca a las fincas ganaderas, a la familia rural y al municipio en condiciones de alta vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos climáticos como huracanes, tormentas tropicales, vientos fuertes, sequías y cambios bruscos de temperatura (Sanchez, 2014)

4. El Cambio Climático

El fenómeno del cambio climático es sin duda el mayor desafío que enfrenta la humanidad, avanza de manera silenciosa pero los efectos se van sintiendo cada año con mayor intensidad, se predice que tendrá impactos muy fuertes en los sistemas agrícolas y ganaderos sobre todo en los países pobres que presentan alta vulnerabilidad ambiental. A nivel global el aporte de la ganadería al cambio climático es considerable, produce el 9% del CO₂, 37% del CH₄, 64% del NH₃ y 65% del N₂O (Steinfeld H., 2009). En Honduras, la ganadería contribuye directamente con 14.5% del CH₄ y 7.2% del N₂O (SERNA, 2012) , esto como resultado de las quemadas de pastizales, sobrepastoreo, degradación de suelos, deforestación, utilización de alimentos de mala calidad y tratamiento inadecuado de los desechos sólidos y líquidos.

Según la FAO (2014). presenta los sistemas silvopastoriles a Honduras como alternativa para mejorar la ganadería, justificado de la siguiente manera; Un sistema silvopastoril es “un sistema de producción en el que crecen árboles asociados con pastos para ser utilizados en la alimentación del ganado”. Dicho de otra forma, en una misma parcela se tienen árboles, pastos y ganado, con múltiples interacciones ecológicas y económicas. Los árboles deben tener alto potencial forrajero, de ellos se aprovechan las hojas y frutos para alimentación de los animales, también se aprovecha la madera. Los pastos deben ser mejorados de alta calidad. Si estos dos elementos se manejan adecuadamente la finca tiene mayor producción de biomasa forrajera y podrá incrementar su capacidad de carga animal, así como, los rendimientos de leche y carne. De otra parte, con todos los bienes y servicios ambientales que dan los árboles se diversifica la producción y los ingresos.

Metodología y materiales

Se estudiaron 20 fincas de ganadería de doble propósito atendidas por el proyecto FONTAGRO distribuidas en 5 municipios de Atlántida (Esparta, La Masica, El Porvenir, La Ceiba, Jutiapa) y un municipio de Colon (Balfate) Honduras, con un área 1,102 ha utilizadas en ganadería, para conocer la relación beneficio-costos (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio en La Ceiba, Atlántida, Honduras.

Mediante una encuesta aplicada a cada finca ganadera se obtuvieron datos de campo tales como inventarios, ingresos y egresos de los meses de Enero, Febrero, Abril, Julio y Octubre del año 2017, los cuales fueron trasladados a Excel con proyecciones hasta obtener variables económicas como ingresos brutos, ingresos netos, costos totales de producción, flujo de caja y relación beneficio-coste de cada finca.

Datos de encuestas

- La escala de las actividades ganaderas: composición del hato ganadero, área de la finca, superficie de pasturas, superficie cultivada.
- El nivel tecnológico de los sistemas ganaderos: la producción de leche, la carga animal, recursos forrajeros, maquinaria agrícola, sistemas de riego.
- El destino de la producción: autoconsumo y producción para el mercado.
- Indicadores económicos de los sistemas ganaderos: costos e ingresos de la finca. Los ingresos solo incluyeron los provenientes de la leche y venta de ganado.

Mediante un análisis de conglomerado con distancias euclidianas y el método Ward, se caracterizaron en tres grupos representativos de fincas las 20 fincas seleccionadas para el monitoreo de fincas⁸(Figura 2), clasificadas en tres categorías, finca de baja, media y alta intensificación. Las variables de agrupamiento es la producción diaria, el área de pasturas, área de finca, producción litros –vaca, carga animal y relación beneficio-coste.

⁸ Fincas monitoreadas, estas fueron seleccionadas a partir de la base de datos generada en el año 2015, las fincas seleccionadas se basaron en: 1. Accesibilidad a la finca, 2. Disponibilidad para compartir información, 3. Cumplir con los criterios de carga animal, usos del suelo, estrategias de alimentación según el grado de intensificación de las fincas.

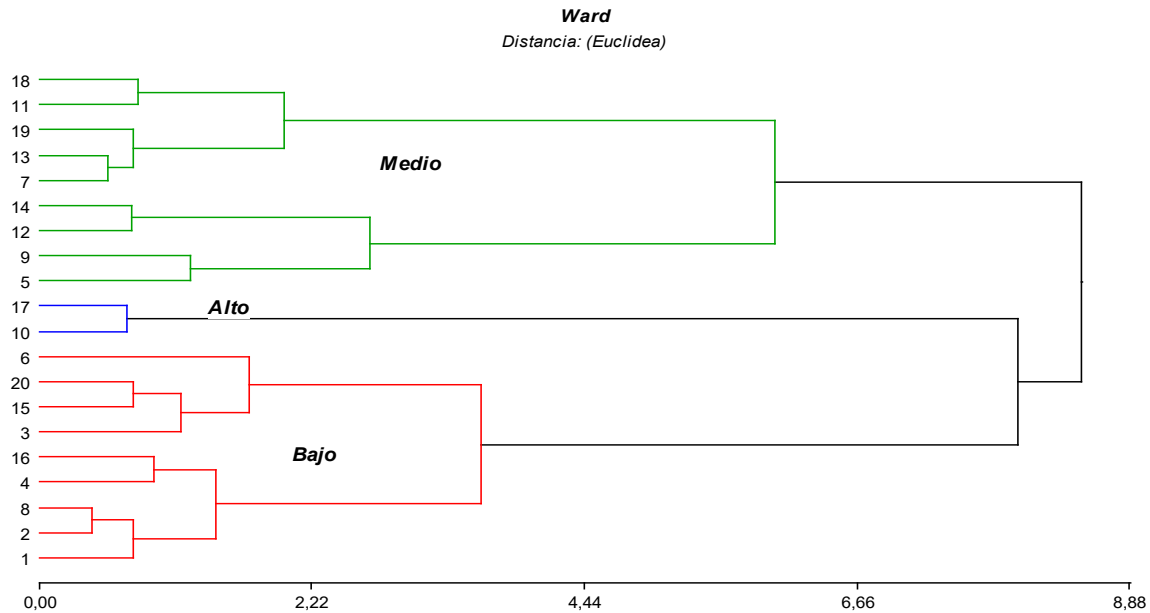


Figura 1. Agrupación de los 20 productores evaluados año 2017, en Honduras.

Caracterización de los grupos de fincas se presenta en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Diferenciación de las fincas empleadas para el monitoreo según variables de clasificación.

Intensificación	Area de la finca (Mz)	Área de pasturas (Mz)	kg Leche/vaca	Carga Animal (UA/Ha)	Kg leche/día	Costo de producción promedio por Litro
Bajo	60 ± 80 b	25.5 ± 75 b	4,37 ± 6 a	0.8 ± 0,89 a	97,08 ± 25,95a	0,3 ± 0,03a
Medio	40 ± 60 a	35 ± 103a	5 ± 9 b	1,1 ± 1,48 b	173,87 ± 27,51b	0,32 ± 0,01a
Alto	30 ± 40 a	25 ± 38 c	5,4 ± 8 c	1,74 ± 3,7 c	512,99 ± 91,12c	0,34 ± 0,01a

1. Las fincas de baja intensificación (B,I) se caracterizan por bajos rendimientos de ordeño en litros por vaca, la más baja relación beneficio-costo, y baja carga animal
2. Las fincas de media intensificación muestran los mejores rendimientos de producción por vaca, la mejor relación beneficio costo y una carga animal moderada
3. Las fincas de altas intensificación se caracterizan con un rendimiento de producción de litros por vacas y relación beneficio-costo intermedio y una alta carga animal.

Análisis de ingresos y egresos

Se realizó un análisis de ingresos y egresos en el año a estudiar y se calcularon indicadores no descontados (ingreso neto, relación ingreso/costo, flujo neto), los ingresos están representados únicamente con la venta de leche diaria y venta de ganado datos brindados por los productores y los CRELES (Centros recolectores de leche) estos brindaron los precios de compras mostrando el comportamiento del valor del litro según época alta y baja de producción, en la venta de ganado se tomó únicamente los datos de las 5 encuestas brindadas por los productores.

Los costos de producción y precios fueron obtenidos igualmente que los ingresos de los productores y técnicos de la zona y consultas en casas de venta de insumos agrícolas para la obtención de precios. La mano de obra, se distingue entre la mano de obra contratada y la familiar en el desglose de costos pero en este análisis se agrupó un valor total de la mano de obra familiar y contratada y se vuelve uno de los costos más representativo de las fincas, en otros casos no se sumaría esta mano de obra familiar y se aplica en costo de oportunidad al beneficio neto. Los estimados de ingresos y costos operativos se realizaron en moneda nacional tal como lo brindó el ganadero y empresas participantes.

Costos proyectados = Sumatoria de costos meses anteriores / Numero de meses.

Comportamientos. Ingresos por venta de leche.

La producción de leche, es afectada por la estacionalidad o época del año, en la época seca y lluviosa los promedios de producción son 4.4 y 3.1 L/vaca/día, respectivamente en un municipio de Iriona departamento de Colon donde La Escuela Agrícola Panamericana (ZAMORANO) realizó un estudio socioeconómico.

El número de vacas en ordeño también es afectado por la época del año. En la Costa en las épocas seca y lluviosa el número promedio de vacas en ordeño es 15.2 y 11.2 con promedios de 3.7 y 2.5 L/vaca/día, respectivamente. En el Interior se encuentran 38.6 y 20 vacas en ordeño con promedio de 5.1 y 3.7 L/vaca/día para las épocas seca y lluviosa, respectivamente (Ramos, 2007).

Muestra de este estudio. Promedio año 2017

Litros/vaca	No. de Productores
5	9
6	4
8	6
9	1

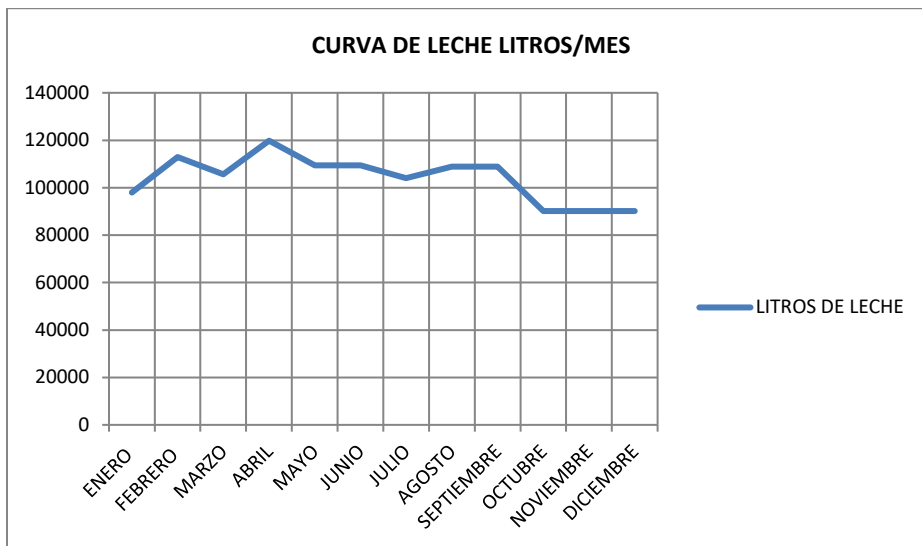
La producción de leche diaria por finca con base a datos de las encuestas de campo va desde 37 litros hasta 600 litros diarios, cantidades obtenidas según el tamaño de la finca.

El ingreso anual bruto mínimo fue de L 57.713,35 y el máximo fue de L 1.038.413,91 en moneda nacional a una tasa de cambio de dólar de 23.5833. En las fincas de baja intensificación el mínimo es de L57,713.35 y el máximo L 225, 919.63, en las de media intensificación en mínimo es de L 151,128.09 y el máximo de L 1,038,413.91 7 y en las de alta intensificación el mínimo es de L 96,455.43 y el máximo de 489,086.11

En las fincas estudiadas están bien marcadas las estaciones secas y lluviosas, y por su ubicación geográfica hay un porcentaje de fincas afectadas en invierno por encharcamiento y otro porcentaje afectadas en verano por sequia.

La producción de leche en las fincas de media y alta intensificación es muy similar todo el año muestran sistema semiextensivo y intensivo donde contemplan los suplementos alimenticios todo el año lo que les brinda una estabilidad en la producción a diferencia de las fincas de baja intensificación que varía su producción en un porcentaje muy bajo pero más notable atribuible a los bajos rendimientos, uso de pasturas no mejoradas, razas, no fertilización y escasas de pasto en épocas críticas.

Producción total de leche. sumatoria de 20 fincas año 2017.



Precios por comercialización de leche (CREL) LEYDE Lps.

De acuerdo a la producción de leche (Temporada baja, alta). Lps. 10.85 precio general año 2017, meses de Julio y Agosto Lps. 9.45 considerados meses de alta producción, estos son los valores considerados para el estudio.

Proyecciones

Promedio de ordeño = promedio de litros *promedio de vacas en ordeño

Promedio de vacas = sumatoria de vacas meses anteriores / número de meses.

Promedio ordeño diario = Ordeño diario / No. de vacas.

Inventario de ganado.

Los datos de la última Encuesta Agrícola Nacional del año 2007-2008, realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), indicaba que en 2008 habían 96,622 explotaciones que se dedicaban a la ganadería bovina (producción de carne, leche y doble propósito), sosteniendo un hato de 2.5 millones de cabezas. Del total de cabezas, el 69% eran hembras y de estas el 58 por ciento se encontraban aptos para la reproducción. Además, del número de vientres aptos para la reproducción, se estimó que el 44% paren anualmente. Sin embargo, en los últimos 4 años desde la última fuente de información oficial, la tendencia se ha revertido y se afirma por parte de la Federación Nacional de Agricultores y Ganaderos de Honduras (FENAGH), que el hato ganadero ha disminuido en unas 800,000 cabezas de ganado, es decir que, el hato ganadero en 2012 era de unas 1.7 millones de cabezas informe del INE citado por (Arribillaga, 2013)

Resumen de datos de encuestas FONTAGRO

Las Vacas adultas estan en ordeño un 68% (524 vacas), las restantes son vacas secas la producción diaria de leche por finca va desde 30 litros hasta 600 litros, el número de vacas en ordeño por finca va desde 6 vacas a 60 vacas, los promedios de leche por vaca de 5 litros a 9 litros, la producción de leche total de las 20 fincas diarias es de 3,204 litros en promedio, se totaliza una cantidad de 1,247,232.84 litros de leche en el año 2017 (Caudro 2)

Cuadro 2. Inventario del Hato ganadero en fincas evaluadas

productor	Vacas en producción	Vacas secas	Novillos más de 2 años	Novillos de 1-2 años	terneras	Toros	Ternereros	Caballos
1	8	2	0	4	4	1	2	3
2	13	8	4	7	1	6	10	6
3	12	4	2	6	6	1	6	5
4	13	4	5	14	7	2	5	2
5	34	9	20	12	16	4	18	7
6	50	13	20	14	30	2	20	6
7	28	15	15	15	23	12	14	2
8	17	1	10	5	5	1	12	0
9	60	28	30	30	50	4	0	2
10	55	7	18	12	18	2	12	3
11	25	2	8	12	10	1	10	2
12	10	7	5	0	5	1	5	2
13	30	3	14	10	18	3	5	5
14	12	10	7	4	10	2	0	
15	6	0	11	0	6	0	0	2
16	22	18	15	10	8	2	12	3
17	67	10	30	25	15	6	19	0
18	20	10	10	0	8	3	7	1
19	30	0	20	12	14	2	16	0
20	12	0	6	15	6	2	6	1
	524	151	250	207	260	56	179	52

La composición del hato ganadero de las fincas muestra un 32% de vacas en ordeño, 9 % de vacas secas, 15% de novillos de dos años, 13% de novillos de 1 a 2 años, 16% de novillas, 4% en sementales y un 11% de terneros en lactancia, este dato de manera global en las 20 fincas, echo de manera personalizada las finca pequeñas representan muy bajos aportes a estos totales ya que sus inventarios son pequeños, la carga animal es de 1.4 UV por ha cultivada de pasto, entre los pastos utilizados más comunes son *Brachiaria brizantha*.

Egresos. Costos de producción

Egresos, conformados por **mano de obra** familiar y particular, control fitosanitario (productos veterinarios), fertilizantes, manejo de cercas, maquinaria agrícola, energía (Figura 3 y4).

Distribución de costos según caracterización

Fincas de baja intensificación

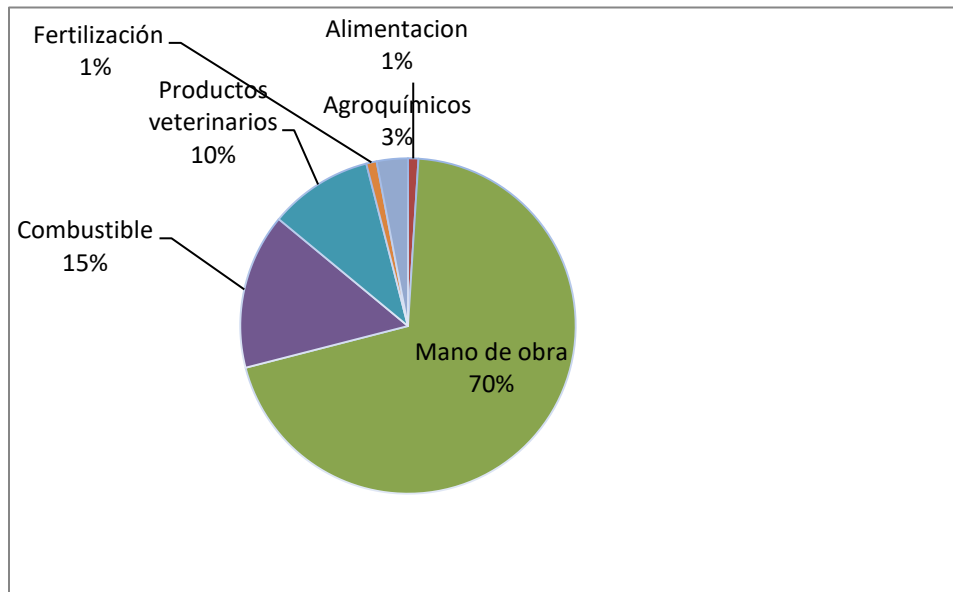


Figura 3. Distribución de costos de inversion y manejo en las fincas con baja intensificaión.

Fincas de media y alta intensificación

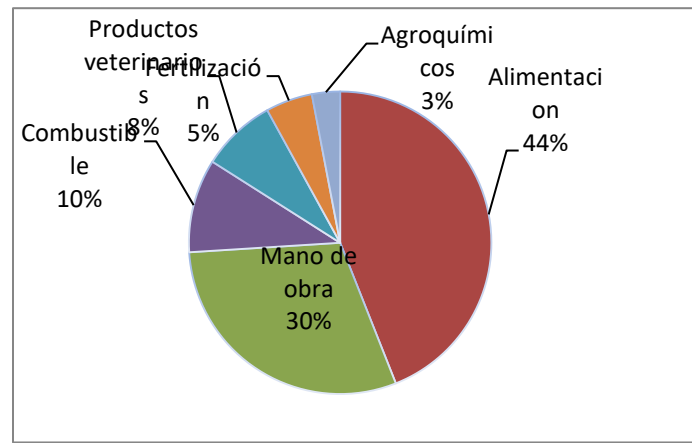


Figura 4. Distribución de costos de inversión y manejo en las fincas con baja intensificación.

Mano de obra. En las fincas de baja intensificación se refleja más el uso de mano de obra familiar (7 productores de 20 fincas encuestadas solo utilizan mano de obra familiar).

Clasificación de actividades.

Actividades	Responsable Finca alta y media intensificación	Responsable Finca baja intensificación
Actividades de ordeño (ordeño, limpieza de instalaciones y materiales de ordeño, acarreo de leche al CREL, alimentación del ganado y separación de crías de las vacas de ordeño.	Jornal permanente Familiar	Familiar
Mantenimiento de potreros (control de malezas, fertilización, siembra de pasturas)	Jornal temporal	Jornal temporal Familiar
Manejo de cercas vivas	Jornal temporal	Familiar
Control fitosanitario (Vacuna, partos, curaciones, vitaminas, antibióticos)	Jornal permanente y temporal. Familiar ,	Familiar

Resultados y discusión

Análisis de fincas

Las fincas de media intensificación agruparon los valores más altos respecto al tamaño de la finca (mas área 103 ha), los mejores B/C, la mejor producción de leche L/V y una carga animal moderada, la curva de producción de leche es más estable y los costos de producción similares en todo el año en estas fincas, debido a que cuentan con disponibilidad de áreas de pastos mejorados y suplementos alimenticios para las épocas críticas.

Las fincas de baja intensificación agruparon en tamaño de finca un valor mediano, los más bajos rendimientos de leche L/V, el más bajo B/C pero la carga animal más baja de los tres niveles, lo que indica que tiene una ganadería extensiva con bajos rendimientos, con más pasturas naturales que mejoradas y con altos costos de manejo principalmente en mano de obra.

Las fincas de alta intensificación agrupó las más pequeñas con promedio de 28 a 38 mz, B/C medios, producción de leche L/vaca medios y una alta carga animal, pudiéndose decir que es un sistema intensivo con mejor aprovechamiento del suelo, pero con costos de producción más altos al contar con menos disponibilidad de pasturas en épocas críticas recurre a los suplementos alimenticios y uso de más mano de obra.

Sin embargo esto no está relacionado con la productividad de leche, pues las finca con alta intensificación manejan en promedio 57 animales, mientras que las de media y baja manejan un promedio de 26 y 18 animales respectivamente.

Análisis de Flujo

El flujo de caja hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tiene una empresa o proyecto en un período determinado.

Los flujos de caja facilitan información acerca de la capacidad de la empresa para pagar sus deudas. Por ello, resulta una información indispensable para conocer el estado de la empresa. Es una buena herramienta para medir el nivel de liquidez de una empresa. (Amaya, 2009)

La diferencia de los ingresos y los gastos, es decir, al resultado de restar a los ingresos que tiene la empresa, los gastos a los que tiene que hacer lo llamamos 'flujo de caja neto'. Los flujos de caja son cruciales para la supervivencia de una entidad, aportan información muy importante de la empresa, pues indica si ésta se encuentra en una situación sana económicamente (Figura 6).

El análisis de flujo de caja muestra que en los fincas de baja intensificación presentan productores con flujos negativos algunos meses, en esta categoría se encuentran bajos rendimientos y una variación en el ordeño más marcada al no tener un plan de alimentación para épocas lluviosas y secas.

Media intensificación muestra un flujo de caja con aumentos muy significativo en los meses con venta de ganado, en esta categoría es donde más ganado se vende, muestra disminución en los meses noviembre y diciembre meses de lluvia donde aumenta el costo por alimentación y otros meses por fertilización.

Alta intensificación, presentan un flujo de caja inestable y hasta negativa algunos meses este, justificado al aumento en los costos principalmente de alimentación en ciertos meses y por la venta de ganado muestra meses con montos superiores diferentes a otros mes.

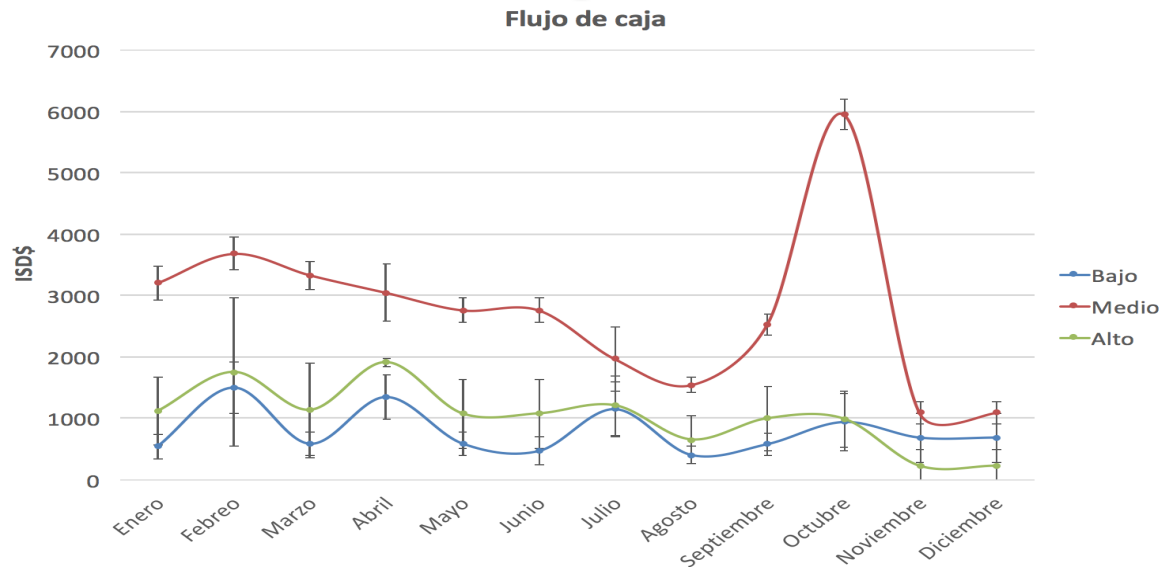


Figura 6. Flujo de caja en el monitoreo de fincas

VAN

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable

$$\text{VAN} = \text{Beneficio neto actualizado (BNA)} - \text{Inversión}$$

El BNA es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, que ha sido actualizado mediante una tasa de descuento (TD). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener.

VAN < 0 el proyecto no es rentable. Cuando la inversión es mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) significa que no se satisface la TD.

VAN = 0 el proyecto es rentable, porque ya está incorporado ganancia de la TD. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) se ha cumplido con la TD.

VAN > 0 el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional (Horne, 2002)

Intensificación	VAN	B/C
Bajo	5586,6 ± 1763,49a	1,99 ± 0,18a
Medio	7804,66 ± 1158,4a	1,74 ± 0,05a
Alto	19674,42 ± 6013,56b	1,56 ± 0,1b

Relación B/C

Compara de forma directa los beneficios y los costos. Para calcular la relación (B/C), primero se halla la suma de los beneficios descontados, traídos al presente, y se divide sobre la suma de los costos también descontados (Leland, 2006).

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

- $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.
- $B/C=1$ Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.
- $B/C < 1$, muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

Los valores más bajos de beneficio-costos lo representan un 25 % de fincas va desde Lps 0.99 a Lps 1,50, valores intermedios un 50% de fincas desde Lps 1.50 a Lps 2.00 y un 25% de fincas con B/C superior a 2 siendo el más alto 2.78, el promedio de B/C es de Lps 1.82.

Las fincas con mejor relación beneficio costo están en las de mediana y alta intensificación desde L. 1.45 L 2.37, y las fincas de baja intensificación presentan los beneficios costos más bajos o los que muestran menos ganancias y en un caso ninguna ganancia.

En el orden de los resultados obtenidos en el análisis se obtuvieron datos interesantes donde se tienen 11 fincas con una B/C mayor al 50%, más del 50% de las muestras se califican fincas con rentabilidad muy alta, 3 fincas con rentabilidad muy buena (menor al 50%), 6 fincas presentan un B/C de 2 lo que muestra una mayor inversión para alcanzar rentabilidad y una finca sin rentabilidad.

Detalle del Beneficio/Costo de cada productor

- ✚ Héctor Adolfo Cárdenas: B/C **1.76**, por cada lempira que invierte gana un 76% (76 centavos) más del 50% de su inversión, es una finca con una rentabilidad muy alta.
- ✚ William Humberto Bonilla: B/C **1.82**, finca con rentabilidad muy alta, ganando 82 centavos de lempiras por cada lempira invertido.
- ✚ Enrique Díaz Monje: B/C **2,30**, finca no rentable requiere de una inversión mayor para ganar y aun así gana solo un 30% por el doble de inversión, en este caso por cada 2 lempiras.
- ✚ Sabino Nataren: B/C **1.82**, tiene una rentabilidad del 82% comparada con su inversión, es una rentabilidad muy alta.
- ✚ José Pilar Ríos Paz: B/C **1.52**. gana el doble de lo que invierte, 52 centavos por cada lempira invertido, finca con rentabilidad.

- ✦ Wilson Fernando paiz: B/C **2.50**, rentabilidad buena, pero requiere de una mayor inversión para obtener ganancias, invierte 2 lempiras para ganar 50 centavos.
- ✦ Luis Acosta: B/C **1.74**, finca considerada rentable muy alta con un 74% de ganancia de su inversión.
- ✦ Adolfo Isaías Claros: B/C **2.78**, rentabilidad baja del 39% por cada lempira, requiere de una mayor inversión para obtener una rentabilidad del 78%.
- ✦ José Antonio Reyes: B/C **1.70**, finca muy rentable, con utilidades favorables para diversificar y crecer en el rubro.
- ✦ José Isaac Euceda: B/C **1.46**, rentabilidad menor al 50% pero aceptable en términos económicos para la sostenibilidad y crecimiento de la finca, por cada 1 lempira invertido este productor gana 46 centavos, 46% de lo que invierte.
- ✦ Amadeo Maldonado: B/C **1.83**, muy rentable con un 83% de ganancias de lo que invierte, esto le permite contar con efectivo para diversificar o crecer en el rubro de ganadería en la finca, sin invertir fondos de otros provenientes de otras actividades.
- ✦ José María Miranda: B/C **2.03**, finca sin rentabilidad, en este dato gana el 0.3% por cada 2 lempiras que este productor invierte, significa que requiere de una mayor inversión para no tener pérdidas sin obtener ganancias, este productor está invirtiendo dinero de otros rubros probablemente para su ganadería.
- ✦ Luis Danilo Ponce: B/C **1.67**, finca rentable, con un 67% de ganancias de lo que invierte, por cada lempira retorna de ganancia 67 centavos, más del 50% que permite disponibilidad de dinero para diversificación o reinversión.
- ✦ Armando Porillo Fuentes: B/C **1.89**, finca muy rentable (muy alta) con un 87% de ganancias retornadas una vez recuperado su inversión.
- ✦ Melida Florencia Cruz: B/C **1.00**, Valor neutro, no gana, no pierde, solo recupera sus costos y obtiene un salario familiar como dueña contemplado con un valor en los costos de producción y manejo, es un productor vulnerable a la pérdida por su condición raquítica entre la comparación de los costos vrs los ingresos.
- ✦ Héctor Posas: B/C **2.37**, muy baja rentabilidad, la cual se logró con una mayor inversión, probablemente con dinero de otras actividades para evitar las pérdidas, según este dato por cada 2 lempiras invertidos gana 37 centavos equivalentes al 37% de la inversión total teniendo 18.50% por cada 1 lempira.
- ✦ Gloria España: B/C **2.66**, por cada 2 lempiras gana 66 centavos, 33 centavos por cada 1 lempira, este productor para obtener una rentabilidad significativa al tamaño de su finca invierte más.
- ✦ Jorge Navarro: B/C **1.55**, finca con rentabilidad del 55%, es un porcentaje muy bueno para el productor ganar la mitad de lo que invierte.
- ✦ Alejandro García: B/C **1.73**, por cada 1 lempira invertido gana 73 centavos, equivalente a un 73%, considerándola finca con rentabilidad muy alta.
- ✦ Enrique Navarro: B/C **1.74**, finca rentabilidad muy alta, un 74% ganado una vez recuperado la inversión dejando por cada 1 lempira invertido 74 centavos de lempiras.

Consideraciones.

El beneficio costo le permite al productor conocer su rentabilidad en base a lo invertido, un beneficio costo de 20% es bueno, de 35% es muy bueno según (Ing Donaire jefe de la unidad de ganadería de la UNAH-CURLA en Hoduras) y superior a este se considera muy alto si este es confiable es muy bueno para el productor ganar el 50% o más del 50%, pero también podría haber una limitación o alteración de datos de información para que no diera un resultado acertado.

Conclusiones

- ✦ En ganancias en base al beneficio-costo 18 muestras tienen un indicador menor que uno lo que significa que los beneficios superan los costos por lo tanto las fincas son rentables, a diferencia de dos fincas que el beneficio costo es igual a uno significa que los beneficios son iguales que los costos.
- ✦ Existe rentabilidad en las fincas muestreadas considerando que sus utilidades netas son propias del productor ya que en costos se le asignó un valor de mano de obra familiar.
- ✦ La venta de ganado en las diferentes fincas amortigua los ingresos brutos y mejora la relación beneficio-costo comparado con las utilidades netas vrs costos aun teniendo estos ingresos una o dos veces por año.

Recomendación

- ✦ Hacer una clasificación de las fincas agrupadas con características en común en este caso se tienen fincas tradicionales muy pequeñas y fincas muy grandes y tecnificadas, por lo tanto su manejo y condición económica será muy diferente.
- ✦ En el levantamiento de información de campo asegurar datos correctos acertados a la realidad del productor para una mejor calidad de estudio económico.
- ✦ Incorporación de datos completos del inventario de ganado para poder hacer un estudio del hato y proyectar las ventas de ganado, preñes de novillas y parición de vacas secas.
- ✦ Las fincas con beneficios costos mayores al 50% verificar información brindada por el productor asegurando en un 100% su correcta obtención de datos, así mismo las fincas con B/C 2.03 y más corroborar datos de campos para asegurar esta resultado y analizar las actividades donde están demandando altos costos.

Bibliografía

1. Amaya, H. O. (2009). *Flujo de caja y proyecciones financieras con analisis de riesgo*. Colombia: U. Externado de Colombia.

2. Arribillaga, E. D. (2013). *Estudio Sectorial. El mercado de la leche y sus derivados en honduras*. Tegusigalpa: Comisión para la defensa y promoción de la competencia (CDPC).
3. BCA. (2012). *informe anual financiero* . Tegusigalpa .
4. Horne, J. V. (2002). *Fundamentos de administracion financiera*. Mexico : Pearson Educacion S.A.
5. INE. (2007-2008). *Encuesta agricola Nacional, ganaderia y otras especies animales* . Tegusigalpa.
6. Leland, B. (2006). *Ingenieria economica*. mexico: McGrawHil.
7. Ramos, L. A. (2007). *Análisis socioeconómico del estado actual y potencial de la ganaderia bovina en el municipio de Iriona departamento de Colon Honduras*. Tegusigalpa: ZAMORANO.
8. Sanchez, B. (2014). *sistemas silvopastoriles en Honduras, una alternativa para mejorar la ganaderia* . Tegusigalpa: FAO.
9. SERNA. (2012). *segunda comunicacion nacional del gobierno de Honuras ante la convencion marco de las Naciones Unidas sobre cambio climatico*. Tegusigalpa.
10. Steinfeld H., G. P. (2009). *La Larga sombra del ganado; Problemas Ambientales y opciones. Iniciativa para ganaderia, Medio ambiente y desarrollo*. Roma.

ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EXPERIMENTALES DE N₂O EN EL CURLA, ATLANTIDA, HONDURAS

Establecimiento del experimento de óxido nitroso en la finca experimental de la Universidad Autónoma de Honduras sede Atlántida – CURLA.



Establecimiento de las parcelas de muestreo en la finca experimental – CURLA



Toma de muestras de GEI, en cámaras estáticas en la finca experimental - CURLA

11. Tabla de indicadores



TABLA DE INDICADORES

No.	Indicador detalle	Unidad del indicador	Valor antes del proyecto	Valor despues del proyecto	Notas
1	7 herramientas identificadas para estimación de emisiones de GEI en fincas ganaderas	Una herramienta validada para el analisis de GEI en la región	0	1	Estudio de comparación de herramientas para la medición de GEI en fincas ganaderas.
2	Capacitación a técnicos para uso de la herramienta para la estimación de emisiones en fincas ganaderas	No. De tecnicos capacitados	0	15	Técnicos del proyecto capacitados
3	Desarrollo de la herramienta para la toma de información en fincas ganaderas para el proyecto.	Documento	0	1	
4	Monitoreo de fincas	No. De fincas por país	0	70	Selección de fincas para el monitoreo socioeconómico y de GEI
	Costa Rica		0	15	
	Nicaragua		0	25	
	Honduras		0	20	
	Panama		0	10	
5	Número de fincas donde se han cuantificado las emisiones de GEI en CO2e - línea base	No. De fincas	0	400	
6	Prácticas que contribuyen a la reducción de emisiones de GEI en fincas ganaderas	No. De prácticas	0	7	Trabajo desarrollado en Honduras y Nicaragua.
7	Manual de buenas prácticas que contribuyen a la mitigación al cambio climático en el sector ganadero en Honduras y Nicaragua	No. De publicación	0	2	Próximos a sair
8	Protocolo de muestreo para metano - técnica de SF6 - para el uso en Costa Rica	No. De publicación	0	1	Protocolo desarrollado para el proyecto
9	Protocolo de muestreo de óxido nitroso - técnica de cámaras estáticas	No. De publicación	0	1	Protocolo desarrollado para el proyecto
10	Establecimiento de experimento de metanos entérico	No. De experimentos	0	2	Desarrollado en Costa Rica
11	Establecimiento de parcelas experimentales de óxido nitroso	No. De experimentos	0	4	1 parcela establecida en cada país.
12	Estudio para el analisis de trade off entre emisiones y rentabilidad	Documento	0	1	Un Documento de análisis socioeconómico y de los indicadores de sostenibilidad obtenidos en el monitoreo de fincas ganaderas
13	Talleres y/o seminarios de diseminación de resultados	No. Talleres y seminarios	0	8	Presentación en congresos, talleres con productores y técnicos a nivel Internacional, local y regional
14	Presntacion en congresos	No. De congresos	0	4	Congresos nacionales e internacionales
15	Capacitación a estudiantes	No. De estudiantes	0	25	En todos los países
16	Capacitación a profesionales y técnicos	No. De profesionales y tecnicos	0	10	
17	Tesis de pregrado y maestría	No. De estudiantes	0	7	
18	Publicaciones científicas	No. De publicaciones	0	5	En desarrollo
19	Videos de capacitación en medición de GEI	No. De videos	0	1	Finalizado