



Análisis de carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas con sistemas de producción de doble propósito en los municipios de Matiguás, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua

Informe final

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	5
2.2. SELECCIÓN DE LAS FINCAS Y SISTEMAS	5
2.3. INVENTARIO Y CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA COMPOSICIÓN ARBÓREA	6
2.4. ESTIMACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE PASTO.....	7
2.5. ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DE BIOMASA ARRIBA DEL SUELO.....	9
2.6. ANÁLISIS DE LA EMISIÓN DE GEI.....	10
2.7. FASES DEL ANÁLISIS DE LA EMISIÓN DE GEI	10
2.8. CARACTERIZACIÓN DE LAS FINCAS.....	10
2.9. ANÁLISIS DE EMISIONES DE GEI	12
2.10. SUPUESTOS Y LIMITACIONES	20
3. RESULTADOS	21
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS FINCAS GANADERAS.....	21
3.2. RESULTADOS DEL CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA ARRIBA DEL SUELO	22
3.3. EMISIONES DE GEI EN LAS FINCAS GANADERAS	23
3.4. EMISIONES DEBIDO AL USO DE COMBUSTIBLES	25
3.5. EMISIONES DEBIDO AL USO DE COMBUSTIBLES POR ÉPOCA.....	26
3.6. EMISIONES DEBIDO AL USO DE FERTILIZANTES	27
3.7. EMISIONES DE GEI DEBIDO SEGÚN CATEGORÍAS DE FINCAS	28
3.8. EMISIONES DE GEI DEBIDO AL MANEJO DEL HATO GANADERO, SEGÚN LA ÉPOCA CLIMÁTICA	30
3.9. EMISIONES DE GEI POR UNIDAD DE PRODUCCIÓN	31
3.10. BALANCE DE GASES SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE LAS FINCAS	35
4. CONCLUSIONES	37
5. RECOMENDACIONES	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
7. ANEXOS	41

Índice de Figuras

Figura 1. Estimación de la altura total, altura comercial y diámetro de copa de árboles en las fincas en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.	7
Figura 2. Representación de la distribución de las categorías reales y visuales dentro de los potreros en las fincas en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.	8
Figura 3. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.	24
Figura 4. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito, según intensificación de las fincas en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.	25
Figura 5. Resumen de las emisiones de carbono para la producción de leche en fincas ganaderas doble propósito según el tamaño de la finca en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey.	32
Figura 6. Resumen de las emisiones de carbono por la ganancia de peso vivo (PV) en fincas ganaderas doble propósito, según el grado de intensificación seleccionadas por el proyecto Solidaridad, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey	33
Figura 7. Resumen de las emisiones de carbono para la producción de leche en fincas ganaderas doble propósito según la época climática, Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey	34
Figura 8. Resumen de las emisiones de carbono por la ganancia de peso vivo (PV) en fincas ganaderas doble propósito según la época climática, Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey	34
Figura 9. Resumen de la emisión de GEI y fijación y balance de carbono en fincas ganaderas en Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Características biofísicas y productivas de las localidades de Paiwas, Río Blanco, Matiguás, en donde se realizó el estudio de estimación de reservas de biomasa de los árboles en diferentes usos del suelo, Nicaragua 2015.	5
Cuadro 2. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de la biomasa arriba del suelo en los diferentes usos del suelo en las fincas ganaderas, Matiguás, Río Blanco, Paiwas – Nicaragua, 2015.	10
Cuadro 3. Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NE_m).....	14
Cuadro 4. Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los animales..	14
Cuadro 5. Factores de conversión de CH_4 para vacunos/búfalos (Y_m).....	18
Cuadro 6. Características productivas de fincas ganaderas doble propósito en el área de estudio del proyecto Solidaridad	22
Cuadro 7. Características y biomasa arriba del suelo, en los cuatro usos del suelo seleccionados para la estimación de carbono en fincas ganaderas en el proyecto –Nicaragua, 2015.	23
Cuadro 8. Emisión de GEI por consumo de combustibles en las fincas ganaderas en el área del proyecto Solidaridad.	26
Cuadro 9. Emisión de GEI por consumo de combustibles en las fincas ganaderas en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua, según época climática	26
Cuadro 10. Emisión de GEI por efecto de aplicación de fertilizantes nitrogenados y por su compra y almacenamiento de estos insumo en las fincas ganaderas de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.	27
Cuadro 11. Emisión de GEI por efecto del manejo del hato ganadero- las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua	29
Cuadro 12. Emisión de GEI por efecto de la gestión del estiércol en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua	30
Cuadro 13. Emisión de GEI por el manejo del ganado en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua, según la época climática	31
Cuadro 14. Emisión de GEI por el manejo del ganado en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua	31
Cuadro 15. Comparación de las emisiones de GEI, fijación de carbono y balance de carbono de fincas ganaderas en Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.	35

1. Introducción

El área que comprende las regiones de Matiguas, Río Blanco, Paiwas, son representativas de la producción ganadera en Nicaragua. El sistema de producción es manejada bajo pastoreo extensivo y en general se suministran concentrados, pasto de corte o sales minerales como suplementos para cumplir con los requerimientos nutritivos, con el fin de lograr altos niveles de producción de leche (Betancourt 2003). La presencia de árboles es común en la zona y de gran importancia para los finqueros, dado que es fuente alterna de insumos en las fincas (postes, madera, etc.), de alimento y sombra para el ganado.

Se prevé que el cambio climático, afectará en proporción mayor a los países en vías de desarrollo, debido a su baja capacidad de adaptación. La agricultura, ha sido señalada como una de las causas del cambio climático, debido a que es emisor de gases de efecto invernadero (GEI), tales como, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂). Las actividades agrícolas contribuyen con un 13,5% de las emisiones total de GEI, debido a la fermentación entérica, producción bajo inundación, así como el uso de fertilizantes nitrogenados (IPPC 2007; Johnson et al. 2007).

El presente trabajo, tiene por objeto, estimar las emisiones de gases de efecto invernadero –GEI- mediante los alcances Tier 1 y Tier 2, en la producción de leche y carne en las fincas modelos, seleccionadas para el proyecto GANASOL, donde se realizan buenas prácticas ganaderas en los municipios de Matiguas, Río Blanco y Paiwas. El estudio se fundamenta en la información suministrada por productores, mediante el desarrollo de una entrevista semiestructurada.

El informe se presenta en tres secciones: la primera, brinda información acerca de la caracterización de las fincas ganaderas; en la segunda, se presenta el análisis del carbono almacenado en biomasa arbórea y en la tercera, se aprecian las emisiones producidas en las fincas.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El trabajo se realizó en los municipios de Matiguas, Río Blanco, Paiwas, Matagalpa, Nicaragua, en el área de influencia del Proyecto Solidaridad, a 12 km, al norte del municipio de Matiguas entre las coordenadas 85° 27' latitud norte y 12° 50' longitud oeste.

La temperatura oscila entre 30° y 32° grados Celsius, el promedio anual de precipitación en el municipio de Matiguas, es aproximadamente de 1.400 mm. Cuenta con una estación lluviosa (invierno), que dura aproximadamente ocho meses, entre mayo y diciembre donde cae más del 80% de las precipitaciones y una estación seca (verano) que va desde enero hasta abril (INIFOM 2000).

La altitud del municipio, se encuentra entre los 200 y 900 msnm; el estudio se realizó en la cuenca baja (200-400 msnm). La topografía es irregular, presentando pendientes desde 2 hasta 50%. Los suelos son predominantemente arcillosos y las profundidades son menores de 50 cm (Ruiz 1994).

2.2. Selección de las fincas y sistemas

Para la caracterización de las 60 fincas piloto identificadas por el proyecto GANASOL, se consideraron los siguientes criterios:

- a) **Sistema productivo.** Se trabajó con el sistema de producción doble propósito, el cual es el más dominante en las áreas de estudio.
- b) **Usos del suelo.** Se identificaron inicialmente predios con presencia de árboles dispersos en potreros y bosques secundarios; posteriormente, los que presentan una densidad de árboles dispersos en potreros igual o mayor a 30 árboles/ha.
- c) **Las fincas se clasificaron en:** pequeñas (I), medianas (II) y grandes (III), de acuerdo al tamaño de los hatos (carga animal), así como de la presencia de áreas de los diferentes usos del suelo, presentes en las fincas de doble propósito.
- d) Las características de la zona de estudio se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características biofísicas y productivas de las localidades de Paiwas, Río Blanco, Matiguas, en donde se realizó el estudio de estimación de reservas de biomasa de los árboles en diferentes usos del suelo, Nicaragua 2015.

Variables	Indicador
Área Total de las fincas (ha)	1023
Número Total de fincas	60
Zona de vida según Holdridge	Bosque Subhúmedo Tropical
Altitud (msnm)	200-600
Precipitación (mm)	1800
Temperatura media (°C)	27
Sistema de producción	Doble propósito
Tamaño promedio de finca (ha)	90,1 ± 14,6
Rango del tamaño de fincas (ha)	8,4 - 606,4
Área promedios de pasturas	83,3 ± 13,9
% de área de cubierta por pastos	92,4
Rango del tamaño área de pasturas (ha)	7,9 - 564,3
Área promedios de bosques (ha)	7,2 ± 1,2
Rango del tamaño área de bosques (ha)	0 - 35,2
No. de fincas donde se realiza el estudio	10

Fuente: *Base de datos del proyecto.*

2.3. Inventario y características dasométricas de la composición arbórea

Se georreferenció cada potrero utilizando un GPS Garmin, registrando los valores en UTM16. En cada uno de los potreros, se midió y se estimaron las variables dasométricas de los árboles mayores a 10 cm de DAP, situados en posición disperso y en los linderos de los potreros.

Las variables dasométricas tomadas, fueron: diámetro de copa, dap, altura total, altura comercial. Se estimó además, el promedio y el rango de la densidad de árboles en cada paisaje (número individuos/ha) y el área basal (m²).

- **DAP:** el diámetro a la altura del pecho (1.30 cm), se midió en toda la población de árboles presente en cada sistema. Esta medición se realizó con una cinta diamétrica.
- **Altura total del fuste y copa:** se estimaron utilizando un clinómetro, registrando tres pendientes (ángulo) uno a la base del árbol, otro a la base de la copa y la última al ápice de la copa (Figura 1). Para la estimación de las alturas se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación para estimar altura en árboles:

$$h = \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{100} \times D$$

- h: Altura total (m)
- Θ₁: Pendiente a la base (%)
- Θ₂: Pendiente total (al ápice) (%)
- D: Distancia al árbol (m)

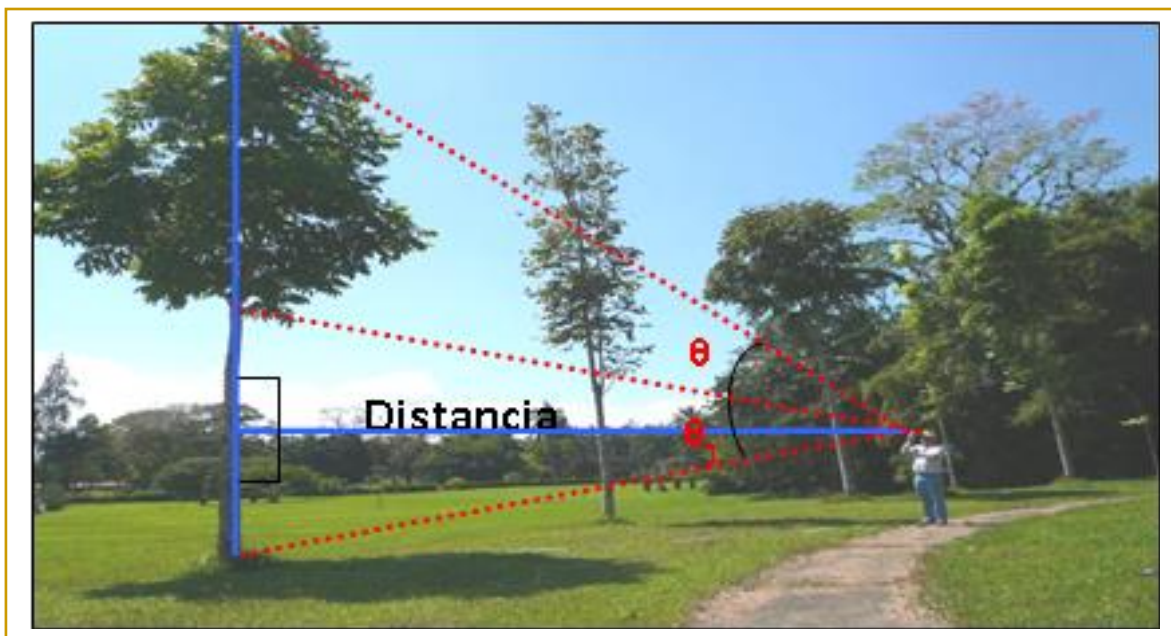


Figura 1. Estimación de la altura total, altura comercial y diámetro de copa de árboles en las fincas en la zona de Matiguas, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.

Para el levantamiento de los inventarios de árboles en las fincas y en las áreas de bosque, se establecieron parcelas de 1000 m²; para pasturas, se adaptó la metodología de Chavarría (2010), en la que propone como área mínima, un área de 1 ha. Con el fin, de obtener la mayor variabilidad de la distribución espacial de los árboles en potreros y en cercas vivas, se emplearon transectos de 100 m de longitud¹.

2.4. Estimación de productividad de pasto

¹ Los transectos de cercas vivas, fueron transformados en área en función del área de copa promedio, con el fin de poder hacer la comparación entre usos del suelo.

Para esta práctica, se utilizó la aplicación del método Botanal (Ibrahim 2012). En la asignación de las categorías reales, se priorizó que estuvieran acordes al tamaño y al vigor de la pastura dentro del potrero, repitiéndose en dos oportunidades cada muestra real. Las réplicas de cada categoría real, permitió aumentar la confiabilidad en la regresión entre la producción (Y) y escala (X).

Para el registro y análisis, la categoría uno (1), significó menor tamaño y vigor de la pastura; la categoría tres (3) es el máximo tamaño y vigor; y la categoría dos (2), presentó indicadores intermedios. Una vez establecidas las MR en el potrero, se procedió a la distribución de manera estratificada (Figura 2) de 60 escalas visuales (MV). Las MR sirvieron como referencia para calificar la frecuencia de cada muestra visual en el potrero.

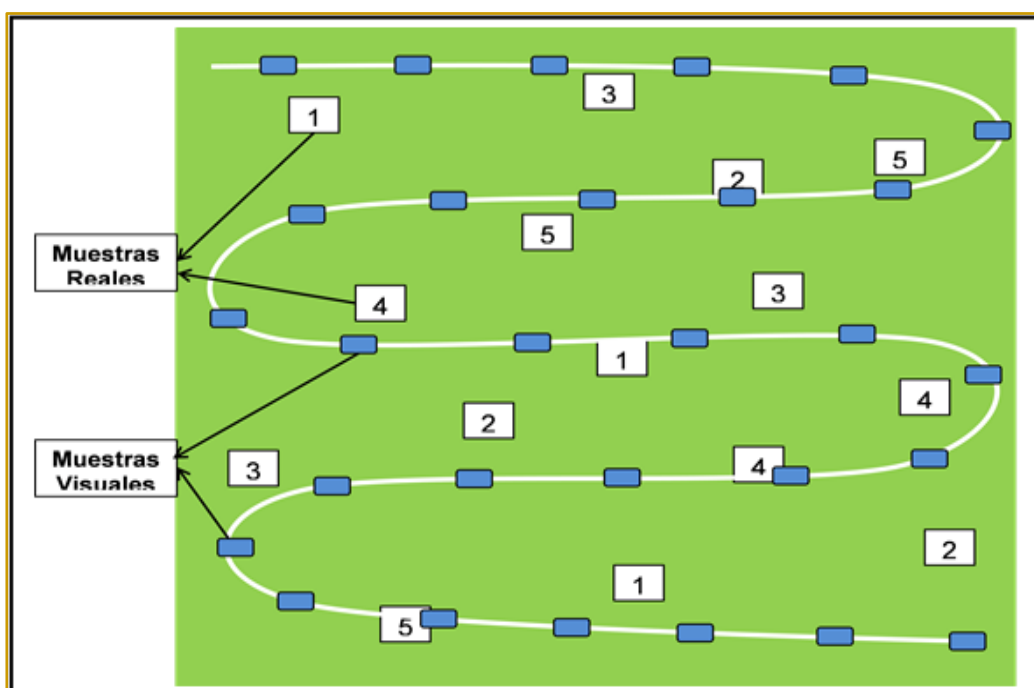


Figura 2. Representación de la distribución de las categorías reales y visuales dentro de los potreros en las fincas en la zona de Matiguas, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.

Se consideró, la composición herbácea (gramínea y leguminosa), presente en las pasturas, mediante la identificación de las especies, así como el porcentaje que representa dentro del cuadrante. Esta práctica se realizó para cada punto de muestreo de los modelos visuales.

Las muestras de las categorías reales (destruictivas), se cortaron a 5 cm de la superficie del suelo, se pesaron en fresco individualmente, luego, se mezclaron por escala y se obtuvo una sub muestra de 200 gramos, enviándose al laboratorio, un total de 3 sub muestras por potrero para su respectivo secado, el cual se realizó, por un período de 24 horas a 60°C.

Posterior al secado, cada submuestra se valoró, con el fin de estimar el peso seco, y estimar el %MS, utilizándose para ello la materia seca presente de cada muestra real.

Subsiguientemente, se calculó la materia seca para cada potrero, mediante una regresión de la producción registrada en las 9 muestras reales contra las escalas asignadas, el coeficiente de la recta “b” indica el incremento en producción de MS cuando se aumenta una unidad en la escala. Para la medición de disponibilidad de pasto (kg MS ha⁻¹) se consideró solo la oferta antes del pastoreo.

$$Y = x + b \text{ (MV-MR)}$$

Donde;

Y = disponibilidad de pasto (kg/ha)

x = promedio de materia seca (MS) en las 5 escalas

b = valor de la regresión de producción de MS contra las escalas

MV = muestras visuales

MR = muestras reales

2.5. Estimación de las reservas de biomasa arriba del suelo

Las reservas de biomasa de los árboles arriba del suelo, fueron estimadas mediante el uso de ecuaciones alométricas, que valoran la cantidad de biomasa seca por árbol. Para la selección de las ecuaciones apropiadas, se efectuó la revisión de literatura y se seleccionaron las ecuaciones alométricas generales, para bosques tropicales generadas por Chave et al. (2005), y para palmas por Frangi y Lugo (1985), Bosque secundario por Ferreira (2001) (Cuadro 2); para las cercas vivas se empleó el índice de expansión de biomasa.

En el uso de las ecuaciones se tuvieron en cuenta las variables dap (cm), altura (m), y densidad de la madera ($\rho = \text{g/cm}^3$). Se utilizaron valores específicos de densidad de la madera (Chave et al. 2006), recomendado el valor promedio de 0,54 g/cm^3 , calculado en función del valor de todas las especies presentes en este estudio.

Estimada la biomasa seca arriba del suelo de cada árbol mediante las ecuaciones, se apreció, a través de sumatorias las reservas de carbono por uso del suelo, se multiplico por el factor de 0,5 recomendado por el IPCC (2001), posteriormente, se valoró por extrapolación el rango y el promedio de la biomasa por hectárea (t/ha). Para identificar diferencias entre la densidad de árboles (número individuos/ha), el área basal (m^2) y la biomasa por hectárea (t/ha) entre uso del suelo, se realizaron análisis de varianza aplicando el software INFOSTAT (Di Rienzo et al. 2015).

La estimación de la tasa de fijación de carbono, se realizó mediante el software CO2fix; para los usos del suelo que no fueron muestreados para el análisis de carbono, la tasa de fijación, se basó en una revisión de literatura.

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de la biomasa arriba del suelo en los diferentes usos del suelo en las fincas ganaderas, Matiguas, Río Blanco, Paiwas – Nicaragua, 2015.

Uso del suelo	Ecuación alométricas	Fuente
Árboles dispersos y cercas vivas	$Y = p * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(D)) + (0,207 * (\ln(D))^2) - (0,0281 * \ln(D)^3))$	Chave et al 2005
Palmas	$Y = -10 + (6,4 * H)$	Frangi y Lugo (1985)
Bosque	$\text{Log}_{10} B = -4,47 + (2,7 * \log(\text{dap}))$	Ferreira (2001)

2.6. Análisis de la emisión de GEI

El enfoque de análisis se enfatizó en dos líneas generales:

- 1) Emisiones directas: generadas por la actividad pecuaria en la finca.
- 2) Emisiones indirectas: generadas a partir de la compra de insumos agroquímicos, combustibles fósiles y consumo de energía eléctrica.

2.7. Fases del análisis de la emisión de GEI

- Análisis del inventario de datos: comprende la obtención de datos e incluye los procedimientos de cálculo, tomando como referencia la unidad funcional (CO_{2e}).
- Interpretación de resultados: Esta fase implica la evaluación de los resultados y obtención de conclusiones, así como las recomendaciones para la toma de decisiones.

2.8. Caracterización de las fincas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los productores o administradores de las fincas ganaderas, indagándose acerca de las características productivas de la finca, así como de todas las actividades que generan gases de efecto invernadero; se incluyeron las

particularidades del hato, la clase de alimentación proporcionada, el uso de combustibles fósiles, de fertilizantes y electricidad. Además, se consultó por la producción de leche por vaca y el número de animales del hato.

En el presente estudio se consideraron las siguientes variables:

- a) **Caracterización del hato.** Número y raza de animales
- b) **Productividad.** Información sobre los niveles de producción de leche diaria, promedio animal y su % de grasa y proteína. Además, de estimarse la producción anual de leche de la finca.
- c) **Usos de suelo.** Se identificó el área de los usos productivos y otros usos. Así como la caracterización de los forrajes disponibles, en especial, las especies de pasto utilizados en la finca; sistema de manejo como periodos de descanso/ ocupación y carga animal y la determinación de la dieta.
- d) **Caracterización de la dieta.** En los sistemas ganaderos, es uno de los procesos de mayor sensibilidad para la cuantificación de GEI. En este análisis se determina la digestibilidad (DIVMS) y proteína cruda (PC) de los alimentos (incluyendo los forrajes) y la dieta.
- e) **Caracterización de insumos.** Dentro de la finca, se desarrollan diferentes actividades que dependen de los insumos externos, necesarios para su correcto funcionamiento, por lo cual se priorizó: los fertilizantes nitrogenados, consumo de combustibles fósiles y fuentes de energía eléctrica; de igual forma, se estimaron las emisiones de transporte, almacenamiento de los fertilizantes en la finca.
- f) **Manejo del hato.** Debido a la baja disponibilidad de forraje en la pastura durante el periodo de verano, algunos productores, disminuyen el número de bovinos con relación al periodo anterior, mientras, que otros, conservan la misma estructura en invierno como en verano. Esta situación afecta directamente los niveles de GEI en términos de disminución o aumento por procesos de sobre pastoreo y degradación de las pasturas.

2.9. Análisis de Emisiones de GEI

Para el estudio de las emisiones de GEI, se tuvieron en cuenta los siguientes rubros:

- a) **Aplicación de fertilizantes nitrogenados.** Para la cantidad de nitrógeno aplicado a los potreros y otros sistemas forrajeros, se consideró un factor de emisión de la aplicación de nitrógeno de 4,8 kg N₂O/kg N para fertilizantes con Urea y Nitrogenados (IPCC, 2006). Se emplearon las concentraciones de N en cada uno de los fertilizantes y su aplicación por época climática para cada una de las fincas, además, se complementó con las estimaciones del GEI del transporte, almacenaje de los herbicidas y fertilizantes.
- b) **Uso de combustibles fósiles en el manejo de las fincas ganaderas.** Se determinó el uso de bombas de motor, guadañas, motosierras y tractores. Los factores de emisión utilizados fueron de 2,83 y 2,33 kg CO₂e/l de diésel y gasolina respectivamente (IPCC, 2006). Para el consumo de leña, el factor de emisión es de 1.7 kilogramos de CO₂ /kilogramo por leña (MEM, 2014)
- c) **Uso de electricidad.** Se indagó por el uso total de electricidad en las fincas, el cual fue convertido a emisiones de GEI empleando un factor de 0.7 kg CO₂/kWh (MEM, 2014).
- d) **Emisiones por manejo del ganado.** Se estimaron las emisiones de GEI por fermentación entérica del ganado y la gestión del estiércol. Se consultó a los productores o administradores, por las características del manejo del ganado y del estiércol y se emplearon los factores de emisión sugeridos por el IPCC (2006). Se realizaron las estimaciones empleando el nivel 2 (Tier 2). En este caso, se estimó la emisión unitaria de vacas en producción y horas o secas, terneros, novillos y toros. Se consideraron pasturas nativas con y sin árboles; pasturas mejoradas con y sin árboles, sistemas silvopastoriles intensivos y bancos forrajeros. En cada finca, se estimó la fracción de terreno que se emplea en cada uso de la tierra y se asumió que los animales manejados en ella pastorean en todos ellos.

La producción de leche se corrigió a un 3,2 – 3,4% de grasa (Basado en la información dada por los productores), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PLC = PL * (0,4 + 0,15 * \%G)$$

Donde:

PLC : Producción de leche corregida (l/vaca/día)

%G : Porcentaje de grasa

Fermentación entérica. El metano, se produce en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica, en un proceso digestivo por el cual, los micro-organismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo. La cantidad de metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido (IPCC 2006).

Energía neta para mantenimiento (NE_m). Es la energía neta requerida para mantenimiento; es decir, la cantidad de energía necesaria para mantener a un animal en equilibrio sin que se gane ni se pierda energía corporal.

$$NE_m = Cf_i * (Peso)^{0,75}$$

Dónde:

NE_m : Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (MJ/día)

Cf_i : Coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se aprecia en el Cuadro 1 (Coeficientes para calcular NE_m) (MJ/día/kg)

Peso : Peso vivo del animal (kg).

Cuadro 3. Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NE_m).

Categoría animal	C_f (MJ/día/kg)	Comentarios
Vacunos/búfalos (vacas no en lactancia)	0,322	
Vacunos/búfalos (vacas en lactancia)	0,386	Este valor es un 20% más alto para mantenimiento durante la lactancia.
Vacunos/búfalos (toros)	0,370	Este valor es un 15% más alto para mantenimiento de machos enteros.

Fuente: IPCC 2006.

Energía neta para la actividad (NE_a). Es la energía que necesitan los animales para obtener su alimento, agua y refugio. Se basa en su situación alimentaria, más que en las características del alimento en sí mismo, como se indica en el Cuadro 4; la ecuación para estimar NE_a para vacunos y búfalos, es diferente con la utilizada para ovinos. Ambas ecuaciones son empíricas con diferentes definiciones para el coeficiente C_a .

$$NE_a = C_a * NE_m$$

Dónde:

NE_a : Energía neta para la actividad del animal (MJ/día)

C_a : Coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 4, coeficientes de actividad)

NE_m : Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (MJ/día).

Cuadro 4. Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los animales.

Situación	Definición	C_a
Vacunos y búfalos (la unidad para C_a no tiene dimensión)		
Compartimiento	Los animales están confinados en una pequeña superficie (es decir, amarrados, en caballerizas, en establos) de lo que resulta que gastan muy poca o ninguna energía en procura de alimento.	0,00
Pastura	Los animales están confinados en áreas con suficiente forraje, lo que exige un escaso gasto de energía en procura de alimento.	0,17
Grandes pasturas de pastoreo	Los animales pastan a campo abierto o en terrenos accidentados y gastan una cantidad significativa de energía en procura de su alimento.	0,36

Fuente: IPCC (2006)

Energía neta para crecimiento para vacunos y búfalos (NE_g): Es la energía neta necesaria para el crecimiento, es decir, para ganar peso, se estima con la siguiente ecuación, la cual incluye constantes para la conversión de calorías en julios y de peso corporal vivo a reducido y vacío.

$$NE_g = 22,02 * \left(\frac{BW}{C * MW} \right)^{0,75} * WG^{1,097}$$

Donde:

NE_a : Energía neta para el crecimiento (MJ/día)

BW : Peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población (kg)

C : Coeficiente con valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros

MW : Peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada (kg)

WG : Aumento de peso diario promedio de los animales de la población (kg/día)

Energía neta para lactancia (NE_l): Es la energía neta para la lactancia. Para vacunos y búfalos, la energía neta para lactancia se expresa como función de la cantidad de leche producida y su contenido graso expresado como porcentaje (p. ej., 4%):

$$NE_l = Leche * (1,47 + 0,40 * Grasa)$$

Dónde:

NE_l : Energía neta para la lactancia (MJ/día)

Leche : Cantidad de leche producida (kg de leche/día)

Grasa : Contenido graso de la leche (% por peso)

Energía neta de la preñez (NE_p) para vacunos y búfalos: es el total de requerimiento de ésta energía durante un período de gestación de 281 días, promediado para todo un año y se calcula como el 10% del NE_m .

$$NE_p = C_{preñez} * NE_m$$

Donde:

NE_a : Energía neta para la preñez (MJ/día)

$C_{preñez}$: Coeficiente de preñez (0,10 en el caso de vacunos)

NE_m : Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (MJ/día)

Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.

$$REM = \left[1123 - (4092 \times 10^{-3} * DE\%) + [1126 \times 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{25,4}{DE\%} \right) \right]$$

Dónde:

REM : Relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

DE% : Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

$$REG = \left[1164 - (5160 \times 10^{-3} * DE\%) + [1308 \times 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{37,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REG : Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% : Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Energía bruta para vacunos. El requerimiento de energía bruta, se deriva sobre la base de la suma de los requerimientos de energía neta y las características de disponibilidad de energía de los alimentos.

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_1 + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

- GE : Energía bruta (MJ/día)
- NE_m : Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (ecuación energía neta para mantenimiento, MJ/día)
- NE_a : Energía neta para la actividad animal (ecuaciones energía neta para actividad; MJ/día)
- NE_a : Energía neta para la lactancia (MJ/día)
- NE_{trabajo} : Energía neta para el trabajo (MJ/día)
- NE_a : Energía neta requerida para la preñez (MJ/día)
- REM : Relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (ecuación relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida)
- NE_a : Energía neta para el crecimiento (MJ/día)
- NE_{lana} : Energía neta requerida para producir un año de lana (MJ/día)
- REG : Relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (ecuación relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida)
- DE% : Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta.

Factores de emisión de CH₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado.

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

Donde:

EF : Factor de emisión (kg CH₄/cabeza/año)

GE : Ingesta de energía bruta (MJ/cabeza/año)

Y_m : Factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano (Cuadro 5).

El factor 55,65 (MJ/kg/CH₄) es el contenido de energía del metano.

Cuadro 5. Factores de conversión de CH₄ para vacunos/búfalos (Y_m).

Categoría de ganado	Y _m ^b
Vacunos alimentados a corral ^a	3,0% ± 1,0%
Lecheras (vacunos y búfalos) y su progenie	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos y búfalos que se alimentan fundamentalmente con desechos y subproductos agrícolas de baja calidad	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos o búfalos - en pastoreo	6,5% ± 1,0%

^a Cuando los animales utilizados contienen un 90% o más de concentrados.

^b Los valores ± representan el rango

Fuente: IPCC (2006).

Tasas de excreción de sólidos volátiles. Los sólidos volátiles (VS) constituyen el material orgánico del estiércol animal y consisten en fracciones tanto biodegradables como no-biodegradables (IPCC 2006).

$$VS = \left[GE * \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE * GE) \right] * \left[\left(\frac{1 - CENIZA}{18,45} \right) \right]$$

Donde:

VS : Excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca (kg VS/día)

GE : Ingesta de energía bruta (MJ/día)

DE% : Digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)

(UE*GE) : Energía urinaria expresada como fracción de la GE. Habitualmente, se puede considerar una excreción de energía urinaria de 0,04 GE para la mayoría de los rumiantes (reducir a 0,02 para rumiantes alimentados con 85% o más de grano en la dieta o para porcinos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.

CENIZA : Contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de los mismos.

18,45 : Factor de conversión para GE dieta diaria por kg de materia seca (MJ/kg). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

Todas las emisiones de GEI se expresaron en t CO₂e, mediante los factor de equivalencia de calentamiento (21 g CO₂e/g CH₄ y 310 g CO₂e/g N₂O; IPCC, 2006). La emisión total de GEI se estimó como la sumatoria de estos rubros y expresándolas por unidad de área y de tiempo.

2.10. Supuestos y limitaciones

No obstante, que gran parte de la información colectada en este estudio, fue obtenida, mediante entrevistas semiestructuradas realizadas a los productores, existen algunos supuestos y limitantes que fueron necesarios tener en cuenta para el desarrollo de los cálculos:

- Los animales pastorean de manera similar, en todos los sistemas de uso de la tierra en cada finca.
- El análisis de GEI, empieza en la producción ganadera y finaliza en la producción de carne y leche dentro de la finca.
- En los cambios de uso del suelo, no se está cambiando las características de los hatos, manejo y variables de producción de las fincas.
- La ganancia de peso vivo por cada categoría, se estimó en información previa desarrollada para la zona de estudio.
- Los resultados generados en el presente informe, corresponden específicamente a los estimados para las fincas estudiadas por el proyecto Solidaridad en Nicaragua.
- Las emisiones fueron expresadas en t CO_{2e}/año y t CO_{2e}/ha/año como unidad utilizada en los inventarios de GEI (IPCC 2007). Los niveles de potencial de calentamiento (horizonte 100 años) corresponden a los recomendados por el IPCC que fueron CO₂=1, CH₄=21 y N₂O= 310.
- Los datos de digestibilidad, proteína cruda, fueron obtenidos del trabajo de Peters et al. 2011 y Sánchez et al. 2008.

3. Resultados

3.1. Características generales de las fincas ganaderas

La actividad ganadera predominante es doble propósito², con enfoques de cría y desarrollo, con orientación de manejo de libre pastoreo. Se determinó que, los ganaderos poseen en sus fincas, en promedio, 1.5 toros, 26 vacas paridas, 16 vacas jorras, 15 vaquillas, 10 terneras en edades que oscilan entre 0 a 2 años; 9 terneros para el desarrollo y 6 terneros destinados para el engorde. La composición diversa del hato, refleja que uno de los objetivos del ganadero, es el obtener 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 de las vacas paridas y del ingreso temporal por la venta de novillos, logrando resolver de esta manera las necesidades de mayor costo; además, la diversidad y cruces de diferentes razas en las fincas, demuestran que el enfoque de producción es doble propósito. Las razas o cruces más comunes son: Holstein, Jersey, Pardo, Brahmán y Suindico.

Las fincas poseen un área promedio de 90 ha, consideradas como unidades de producción, con grandes extensiones de tierras, destinándose en su mayoría a la actividad ganadera (92%) y con un bajo enfoque de conservación por parte de los productores ganaderos, en razón, a que el promedio de áreas destinadas a la protección (bosques secundarios, riparios y tacotales), se encuentra en un rango entre 3 a 9 ha (Cuadro 6), significando que en relación al promedio del área total, se halla en un 5,5%; dato que es muy similar al reportado por estudios anteriores, realizados en el corredor seco de Matiguas y Muy Muy (Sauceda 2010, Betancourt 2003).

Los tres grupos de fincas ganaderas objeto de estudio, determinó que son muy similares, presentando algunas diferencias, como: las fincas varían en tamaño entre 49 – 110 hectáreas, siendo las pasturas el área más dominante en los grupos (Cuadro 6); las cargas animales, manejadas en los grupos de baja y media intensificación, estadísticamente son similares ($p>0,05$), mientras, que en el grupo de alta, se maneja una carga de $1,95 \pm 0,24$ UA/ha y con respecto a la producción de leche, esta es mayor en las fincas con baja intensificación, mientras, que en las fincas con media y alta intensificación, es similar (Cuadro 6).

² 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 6. Características productivas de fincas ganaderas doble propósito en el área de estudio del proyecto Solidaridad

Variables	Grandes	Medianas	Pequeñas
Área de bancos forrajeros (ha)	0,78 ± 0,4a	1,01 ± 0,26a	1,73 ± 0,96a
Área de pastoreo (ha)	271,05 ± 72,93a	48,53 ± 7,04b	37,08 ± 3,79b
Áreas agrícolas (ha)	8 ± 3,65	2,95 ± 0,7	2,77 ± 0,48
Áreas de bosque (ha)	12,25 ± 4,04a	5,76 ± 2,43b	2,02 ± 0,48b
Área total (ha)	292,09 ± 78,06a	58,24 ± 8,6b	43,17 ± 4,08c
Producción de leche (l/finca/Año)	1213,78 ± 131,78a	1534,46 ± 151,62b	1402,78 ± 86,16b
No. de animales	258,78 ± 90,54a	63,97 ± 10,27b	56,5 ± 5,42b
CARGA ANIMAL UA*/ha	0,93 ± 0,16a	1,39 ± 0,15c	1,32 ± 0,09b

*1 UA = 450 kg peso vivo. Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey.

3.2. Resultados del carbono almacenado en biomasa arriba del suelo

Se determinó que el uso de suelo con mayor riqueza de especies, fueron los bosques secundarios, seguido de las pasturas mejoradas con árboles, pasturas naturalizadas con árboles y el menor valor de especies se registró, en las cercas vivas (Cuadro 7). Con respecto a la abundancia de individuos, el valor más alto se obtuvo en los bosques, en los otros usos del suelo, esta variable fue similar y con menor número de individuos (Cuadro 7).

La altura de los árboles fue muy similar entre los usos del suelo, evidenciando, que los árboles manejados en las pasturas y áreas de bosque, por su composición de especies, son pioneras y de rápido crecimiento como son: *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Cordia alliodora*, las cuales fueron especies dominantes en los usos del suelo muestreados.

El área basal, se encuentra relacionada con la estructura del bosque, con una edad promedio de 20 años y un dap promedio de 33 cm, altura promedio de 10 cm y especies de rápido crecimiento (pioneras) (Cuadro 7); evidenciando que es bosque intervenido y en proceso de recuperación. El valor promedio de las reservas de biomasa de los árboles por hectárea, en las áreas de bosque, fue mayor, seguido de las pasturas mejoradas con árboles dispersos, los valores más bajos se registraron en las pasturas naturalizadas con árboles y cercas vivas (Cuadro 7). Los valores oxilaron entre 148 – 367 t MS/ha en las áreas de bosque, en las áreas de pastura y cercas vivas entre 0,9 -75 t MS/ha (Cuadro 7). Estos valores están influenciados por la densidad de árboles que manejan los productores en las áreas destinadas para la producción ganadera.

Con fundamento en lo anterior, los resultados de carbono almacenado en biomasa arriba del suelo, fueron mayores en los bosques; los de menor valor en las áreas de pasturas y

cercas vivas (Cuadro 7). El valor promedio de carbono almacenado en los bosques (144,5 t C/ha), resultó más bajo, que el indicado por Ibrahim et al (2007) en Matiguás (165,17 t C/ha). Los valores registrados en las pasturas arboladas en este estudio (8 – 10,9 t C/ha), son similares a los reportados en otros análisis en Centro América, en la misma zona de vida, (Esparza, Costa Rica), se han estimado valores de 3,2 a 14,2 t C/ha en árboles dispersos en potreros y de 9 a 17,9 t/ha en Matiguás, Nicaragua (Ibrahim et al. 2007). Estos valores, están influenciados principalmente por el número de árboles que se conservan en los bosques y que se manejan en las áreas de pasturas.

La tasa de fijación de carbono registrada en estos usos del suelo, varía entre 1,12 -1,36 t C/ha/año en las los sistemas silvopastoriles y de 3,63 t C/ha/año en los bosques.

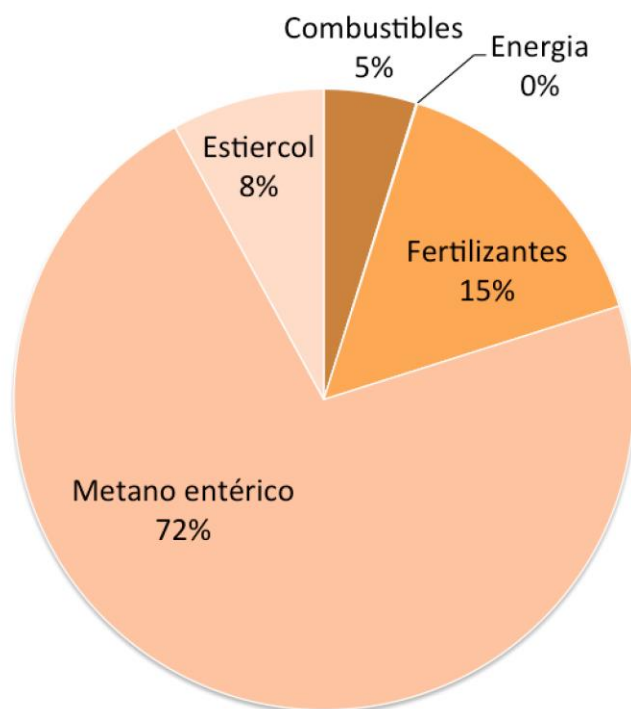
Cuadro 7. Características y biomasa arriba del suelo, en los cuatro usos del suelo seleccionados para la estimación de carbono en fincas ganaderas en el proyecto – Nicaragua, 2015.

Características	Bosque secundario	Pastura mejorada con árboles	Pastura naturalizada con árboles	Cercas vivas
No. promedio de especies	16 ± 2	12 ± 7	7 ± 1	8 ± 1
No. promedio de árboles	64,7 ± 11,2 a	27,3 ± 4,4b	34,0 ± 7,55b	27,8 ± 2,65b
Altura promedio de árboles	11,1 ± 0,8 a	10,2 ± 0,8 a	8,36 ± 1,2 a	9,3 ± 0,52 a
Área de copa	3.442	1.075	1.890	2.737
Densidad de árboles/ha	647 ± 110 a	54 ± 17 b	34 ± 8 c	35 ± 3 c
Promedio de Biomasa arriba del suelo (t/ha)	289 ± 70,7 a	75,8 ± 18,0 b	21,7 ± 11,9 c	21,3 ± 7,4 c
Rango de Biomasa arriba del suelo (t/ha)	148 - 367	0,9 - 53	1,4 - 42,7	0,9 - 75,81
Promedio de carbono almacenado en biomasa arriba del suelo (t/ha)	144,5 ± 35,3 a	8,9 ± 3,3 b	10,9 ± 6,0 b	10,6 ± 3,7b
Rango de carbono almacenado en biomasa arriba del suelo (t/ha)	73,9 -183,5	0,45 -26,7	0,68 - 21,35	0,5 - 37,9
Tasa de fijación de carbono (tn/ha/año)	3,63	1,56	1,32	1,18
Remoción de CO2 (t/ha)	530,4 ± 129,8	33,0 ± 12,2	39,8 ± 21,9	39,2 ± 14,5

3.3. Emisiones de GEI en las fincas ganaderas

Es preciso indicar, que en este estudio, no se presentó interacción entre época y grupos de fincas, por lo que para su análisis se describen por separado.

Las emisiones de GEI, en las fincas ganaderas en la región objeto de estudio, evidenció que la mayor concentración de emisiones proviene de la fermentación entérica, producida a partir del proceso digestivo del animal, en el cual se pierde gran parte de la energía metabólica en forma de gas, en vez de ser aprovechado y transformado en leche o carne (Hassan 2010), seguido por el uso de fertilizantes, herbicidas y las excretas (Figura 3). La proporción de emisiones, de acuerdo con el tamaño de la finca, presentaron la misma tendencia, variando, según la carga animal, los insumos agroquímicos y tipo de alimentación que manejan en los predios (Figura 4). Siendo mayor el uso de fertilizantes en las fincas grandes, mientras que las emisiones de metano, entérico y estiércol fueron mayores en las fincas pequeñas.



Total emisiones de GEI en fincas ganaderas - Nicaragua

Figura 3. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

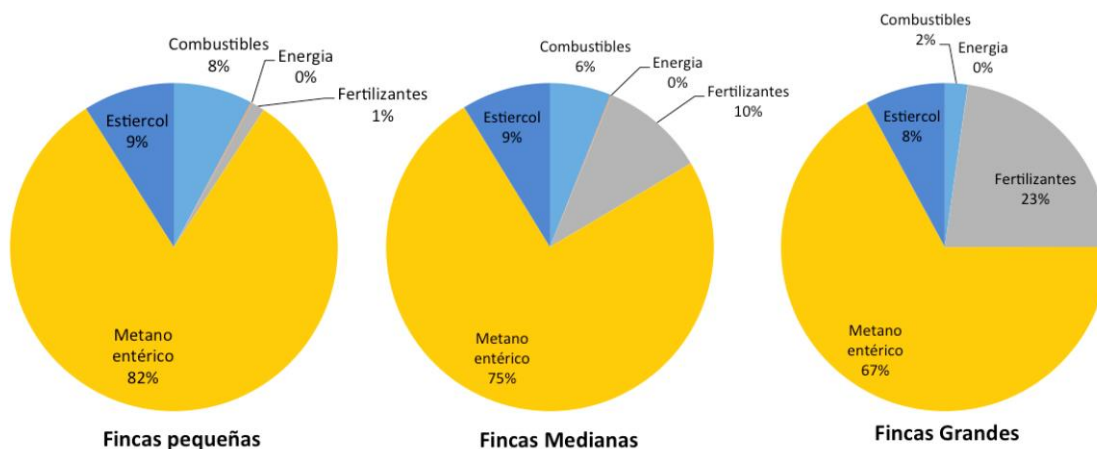


Figura 4. Composición de las emisiones de GEI en los sistemas de producción ganaderos de doble propósito, según intensificación de las fincas en la zona de Matiguas, Río Blanco, Paiwas - Nicaragua.

3.4. Emisiones debido al uso de combustibles

El insumo generador de mayor emisión de GEI en las fincas es el uso de la leña (Cuadro 8). En relación con el consumo de combustibles fósiles, su resultado es diferente, dependiendo de la extensión de las fincas, a mayor extensión el consumo es superior, frente a los predios de menor tamaño.

El uso de combustibles fósiles, se destina principalmente para los vehículos y maquinarias menores, requeridas en el desarrollo de las actividades de manejo y mantenimiento de la finca (Cuadro 8). El consumo de éste combustible se modifica en función de la maquinaria que se maneja. El uso de energía eléctrica es superior, en las fincas grandes.

Cuadro 8. Emisión de GEI por consumo de combustibles en las fincas ganaderas en el área del proyecto Solidaridad.

Combustibles	Pequeñas	Medianas	Grandes
Emisiones totales (t CO_{2e}/año)			
Leña	6,04 ± 0,8a	5,56 ± 0,52a	8,16 ± 2,54b
Diesel	0,02 ± 0,01a	1,0 ± 0,49b	1,12 ± 0,32c
Gasolina	0,04 ± 0,02a	0,82 ± 0,21b	1,96 ± 0,58c
Energía eléctrica	0,33 ± 0,39a	0,82 ± 0,21b	1,8 ± 0,32c
Total Combustibles	6,11 ± 0,8	7,38 ± 0,7	11,24 ± 2,84
Emisiones por hectárea (t CO_{2e}/ha/año)			
Leña	0,31 ± 0,32 a	0,32 ± 0,74 a	0,62 ± 0,56 b
Diésel	0,02 ± 0,01 a	0,03 ± 0,01 a	0,01 ± 0,0042a
Gasolina	0,01 ± 0,01 a	0,03 ± 0,01 a	0,02 ± 0,01a
Energía eléctrica	0,15 ± 0,05 a	0,14 ± 0,05 a	1,9 ± 0,32b

Los valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según prueba Tukey

3.5. Emisiones debido al uso de combustibles por época

Se determinó que durante la época lluviosa, las emisiones de GEI fueron mayores, generadas tanto por la utilización de la leña como el del combustible fósil, la cual puede estar relacionada al incremento de actividades para el mantenimiento de la finca, principalmente la reducción de plantas no deseadas (diferentes de pastos), para la alimentación animal, aplicación de insumos en los diferentes usos presentes en las fincas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Emisión de GEI por consumo de combustibles en las fincas ganaderas en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua, según época climática.

Combustibles (t CO _{2e} /época)	Época seca	Época lluviosa
Leña	5,9 ± 0,45 a	8,36 ± 0,64 b
Diésel	0,46 ± 0,11 a	0,64 ± 0,15 a
Gasolina	0,5 ± 0,08 a	0,71 ± 0,11 b
Energía eléctrica	0,05 ± 0,01 a	0,07 ± 0,02 a
Total Combustibles	6,9 ± 0,48 a	9,78 ± 0,68 b

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según prueba Tukey

3.6. Emisiones debido al uso de fertilizantes

Se detectaron diferencias en las emisiones causadas por la aplicación de fertilizantes nitrogenados y herbicidas durante la época lluviosa. Al comparar las fincas según su tamaño, se determinó que las fincas grandes son las que más emplean insumos agroquímicos para el manejo de las mismas, emitiendo en promedio 1,32 t CO_{2e}/ha/año, para un total anual de emisión de 113,82 t CO_{2e}/año. A medida que se incrementa el tamaño de la finca, el uso de insumos agroquímicos aumenta (Cuadro 10).

Cuadro 10. Emisión de GEI por efecto de aplicación de fertilizantes nitrogenados y por su compra y almacenamiento de estos insumo en las fincas ganaderas de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

Fertilizantes (CO_{2e}/año)	Pequeñas	Medianas	Grandes
UREA CO ₂	0,81 ± 0,36a	0,51 ± 0,14a	6,47 ± 2,58b
Urea NO ₂	2,52 ± 1,12a	1,58 ± 0,45a	20,06 ± 14,19b
Fertilizantes NO ₂	2,54 ± 1,01a	6,18 ± 2,33a	32 ± 13,55b
Lombricompost NO ₂	0,12 ± 0,12a	0 ± 0b	0 ± 0b
Total fertilizantes	6 ± 1,98a	8,26 ± 2,38a	58,53 ± 36,27a
Emisiones transporte, almacenamiento de compra de insumos agroquímicos (t CO_{2e}/año)			
UREA CO ₂	5,32 ± 2,36a	3,33 ± 0,94a	42,35 ± 19,96b
Fertilizantes N	0,81 ± 0,36a	0,51 ± 0,14a	6,47 ± 4,58a
Herbicidas	0,81 ± 0,36a	0,51 ± 0,14a	6,47 ± 4,58a
Total Fabricación	6,95 ± 3,08a	4,35 ± 1,23a	55,3 ± 39,12a
Total fertilizantes – Fabricación	12,95 ± 4,9a	12,61 ± 2,91a	113,82 ± 74,87b
Fertilizantes (t CO_{2e}/ha/año)	Pequeñas	Medianas	Grandes
UREA CO ₂	0,02 ± 0,01a	0,02 ± 0,04a	0,02 ± 0,01a
Urea NO ₂	0,07 ± 0,03b	0,05 ± 0,01a	0,05 ± 0,03a
Fertilizantes NO ₂	0,11 ± 0,05a	0,15 ± 0,04b	0,11 ± 0,06a
Lombricompost NO ₂	0,0033 ± 0,003a	0 ± 0b	0 ± 0b
Total fertilizantes	0,21 ± 0,08a	0,21 ± 0,05a	0,18 ± 0,09a
Emisiones transporte, almacenamiento de compra de insumos agroquímicos			
UREA CO _{2e}	0,15 ± 0,05a	0,1 ± 0,03a	0,11 ± 0,06a
Fertilizantes CO _{2e}	0,11 ± 0,05a	0,15 ± 0,04a	0,11 ± 0,06a
Herbicidas CO _{2e}	0,9 ± 0,29a	0,18 ± 0,08b	0,92 ± 0,38a
Total fabricación	1,16 ± 0,26a	0,42 ± 0,09b	1,14 ± 0,35a
Total fertilizantes + fabricación	1,37 ± 0,26a	0,64 ± 0,1b2	1,32 ± 0,34a

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) según prueba Tukey

3.7. Emisiones de GEI debido según categorías de fincas

En términos productivos las fincas ganaderas, según el tamaño, presentaron diferencias significativas con respecto a la carga animal, siendo mayor en las fincas medias, seguido de las pequeñas y la menor carga animal en las fincas grandes (1,39; 1,32; 0,93; respectivamente). Estas diferencias de carga animal según el tipo de finca, puede estar asociado a los usos del suelo empleados para la alimentación animal. También está relacionado al tipo de dieta que brindan las fincas a los animales, por la disponibilidad de alimento y suplementos alimenticios (concentrados, forrajes, frutos) que manejan, en la medida que se reduce el tamaño de la finca (mejores dietas para animales), donde las fincas medianas y pequeñas tienen una carga animal mayor, que las fincas grandes (unidad animal/ha), lo cual se ve reflejado en la emisión de metano entérico (CH_4) expresado en CO_{2e}/ha entre 11,95 a 12,69 t $\text{CO}_{2e}/\text{ha}/\text{año}$, que se incrementa a medida que se aumenta la carga animal en las fincas (Cuadro 11).

Las categorías de animales que presentaron diferencias significativas fueron: en vacas horras, animales en producción, vacas en producción y en toros (Cuadro 8), debido a que los productores, suplementan la alimentación con concentrados, bancos forrajeros de energía y proteína para mejorar la productividad de leche y el cuidado de las terneras, cuyo finalidad es el remplazo de estos animales a futuro, permitiendo favorecer la reducción de la generación del metano entérico en los animales.

La mayor emisión de GEI en el manejo de animales, se registró en las fincas con área mediana y pequeña, mientras que la menor, se registró en las fincas grandes (Cuadro 11), que puede estar relacionado con la dieta de los animales, en razón a que en estas fincas (medianas y pequeñas), al tener un área menor, optimizan los usos para pastoreo y suplementación, para el manejo de la actividad ganadera.

Cuadro 11. Emisión de GEI por efecto del manejo del hato ganadero- las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

Emisiones del Hato (t CO₂e/año)	Grandes	Medianas	Pequeños
Vacas	107,73 ± 26,6a	40,22 ± 5,0b	37,85 ± 4,65b
Vacas horras	74,08 ± 24,51b	16,01 ± 5,51a	10,37 ± 2,01a
Novillas	58,03 ± 22,06a	11,39 ± 2,82a	12,36 ± 2,33a
Novillos	55,31 ± 25,76a	8,86 ± 2,21a	7,82 ± 1,48a
Terneras	15,41 ± 0,42b	6,73 ± 1,55a	7,62 ± 1,27a
Terneros	19,16 ± 8,15a	5,85 ± 1,34a	6,82 ± 1,09a
Toros	2,34 ± 1,35a	2,15 ± 0,25a	2,79 ± 0,32a
Total animales	336,05 ± 62,45a	91,2 ± 12,07b	85,64 ± 7,84b
Emisiones del Hato (t CO₂e/ha/año)	Baja	Media	Alta
Vacas	0,57 ± 0,12a	1,09 ± 0,15b	1,13 ± 0,16b
Vacas horras	0,13 ± 0,02a	0,21 ± 0,05b	0,15 ± 0,02a
Novillas	2,73 ± 0,97a	3,82 ± 0,99a	3,83 ± 0,67a
Novillos	2,45 ± 1a	2,6 ± 0,64a	2,49 ± 0,44a
Terneras	0,58 ± 0,29a	1,91 ± 0,33a	2,14 ± 0,34a
Terneros	0,88 ± 0,34a	1,57 ± 0,27a	1,86 ± 0,27a
Toros	0,46 ± 0,09a	0,76 ± 0,11a	1,09 ± 0,1b
Total animales	7,8 ± 2,18a	11,95 ± 2,04a	12,69 ± 1,35a

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

Las emisiones de GEI, por la gestión del estiércol presentaron diferencias significativas según el tamaño de la finca (Cuadro 12), siendo menor en fincas pequeñas y medianas, mientras que en las grandes fue mayor. En todas las fincas, este subproducto (estiércol), no es aprovechado para el desarrollo de otros insumos en las fincas, tales, como uso de biodigestores, lombricospoost, entre otros; este desaprovechamiento, orienta a desarrollar acciones necesarias para el mejoramiento de la gestión del estiércol en las fincas ganaderas en el área de estudio. Las emisiones, en relación con la emisión de metano expresado en CO_{2e} por hectárea, están relacionadas a la carga animal que manejan, siendo mayor en las fincas medianas y pequeñas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Emisión de GEI por efecto de la gestión del estiércol en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguas, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

Gestión del estiércol (t CO2e/año)	Grandes	Medianas	Pequeños
Vacas	12,83 ± 3,21a	4,76 ± 0,51b	3,92 ± 0,35b
Vacas horras	9,17 ± 3,03a	1,98 ± 0,68b	1,28 ± 0,25b
Novillas	6,68 ± 2,54b	1,31 ± 0,33a	1,42 ± 0,27a
Novillos	6,54 ± 2,04b	1,05 ± 0,26a	0,92 ± 0,17a
Terneras	1,61 ± 0,88a	0,7 ± 0,16a	0,8 ± 0,13a
Terneros	2,03 ± 0,86a	0,62 ± 0,14b	0,72 ± 0,12b
Toros	0,84 ± 0,18a	0,29 ± 0,03b	0,37 ± 0,04b
Total animales	39,71 ± 12,26a	10,71 ± 1,48b	9,44 ± 0,86b
Gestión del estiércol (t CO2e/ha/año)	Grandes	Medianas	Pequeños
Vacas	0,18 ± 0,07a	0,33 ± 0,06b	0,39 ± 0,06b
Vacas horras	0,03 ± 0,01a	0,05 ± 0,01a	0,04 ± 0,01a
Novillas	0,03 ± 0,01a	0,04 ± 0,01a	0,04 ± 0,01a
Novillos	0,02 ± 0,01a	0,03 ± 0,01a	0,03 ± 0,0045a
Terneras	0,01 ± 0,0033a	0,02 ± 0,0032a	0,02 ± 0,0034a
Terneros	0,01 ± 0,0031a	0,02 ± 0,0026a	0,02 ± 0,003a
Toros	0,0033 ± 0,0017a	0,01 ± 0,0012a	0,01 ± 0,0011a
Total animales	8,09 ± 2,24a	12,44 ± 2,1a	13,23 ± 1,4a

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

3.8. Emisiones de GEI debido al manejo del hato ganadero, según la época climática

Las emisiones de metano entérico y metano generado por la gestión del estiércol, presentaron valores más altos en la época seca, el cual puede estar relacionado por el manejo de pasturas que durante la época seca se les somete a sobrepastoreo y no se hace uso de fertilizantes, ni herbicidas para el manejo de los pastos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Emisión de GEI por el manejo del ganado en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguas, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua, según la época climática.

Emisiones del Hato (t CO₂e/época)	Época seca	Época lluviosa
Vacas	19,96 ± 2,02 a	32,71 ± 3,5 b
Vacas horras	13,05 ± 2,69 a	8,84 ± 1,82 a
Novillas	9,75 ± 2,03 a	6,88 ± 1,43 a
Novillos	10,52 ± 2,19 a	3 ± 1,85 b
Terneras	4,26 ± 0,77 a	3,01 ± 0,54 a
Terneros	4,45 ± 0,8 a	2,89 ± 0,6 a
Toros	1,63 ± 0,16 a	1,15 ± 0,11 a
Total animales	63,61 ± 8,78 a	58,47 ± 7,93 a
Emisiones manejo del estiércol (t CO₂e/época)	Época seca	Época lluviosa
Vacas	2,11 ± 0,22	3,36 ± 0,36
Vacas horras	1,63 ± 0,34	1,08 ± 0,22
Novillas	1,12 ± 0,23	0,79 ± 0,16
Novillos	1,24 ± 0,26	0,35 ± 0,22
Terneras	0,45 ± 0,08	0,31 ± 0,06
Terneros	0,47 ± 0,09	0,3 ± 0,06
Toros	0,22 ± 0,02	0,16 ± 0,01
Total animales	5,13 ± 0,88	3.0 ± 0,63

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

Las emisiones totales de CO₂e generadas por las fincas, se apreció que a medida que las fincas cuentan con un área menor, optimizan los recursos (pastos y forrajes) para mantener la producción, lo que resulta ser una buena estrategia de mitigación (Cuadro 14).

Cuadro 14. Emisión de GEI por el manejo del ganado en las fincas ganaderas con producción de doble propósito en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua

Tamaño de finca	Grandes	Medianas	Pequeñas
Emisiones totales en las fincas t CO₂e/año	500,93 ± 155,58a	122,02 ± 14,55b	116,34 ± 9,17b

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

3.9. Emisiones de GEI por unidad de producción

En la producción de leche, la emisión de GEI por kilo de leche, es mayor en las fincas pequeñas y grandes que en fincas medianas (Figura 5), la emisión neta está entre 1,39 a 1,74 kg CO_{2e}/kg de leche producida (Figura 5). Mientras que la emisión de GEI por el incremento de peso vivo, varió entre 1,3 a 3,3 kg CO_{2e}/kg de PV, dependiendo del tipo de fincas (Figura 6). En las fincas pequeñas y medianas, se encontró que al manejar una mayor carga animal contribuye a incrementar las emisiones de GEI por ganancia de peso vivo (Figura 6).

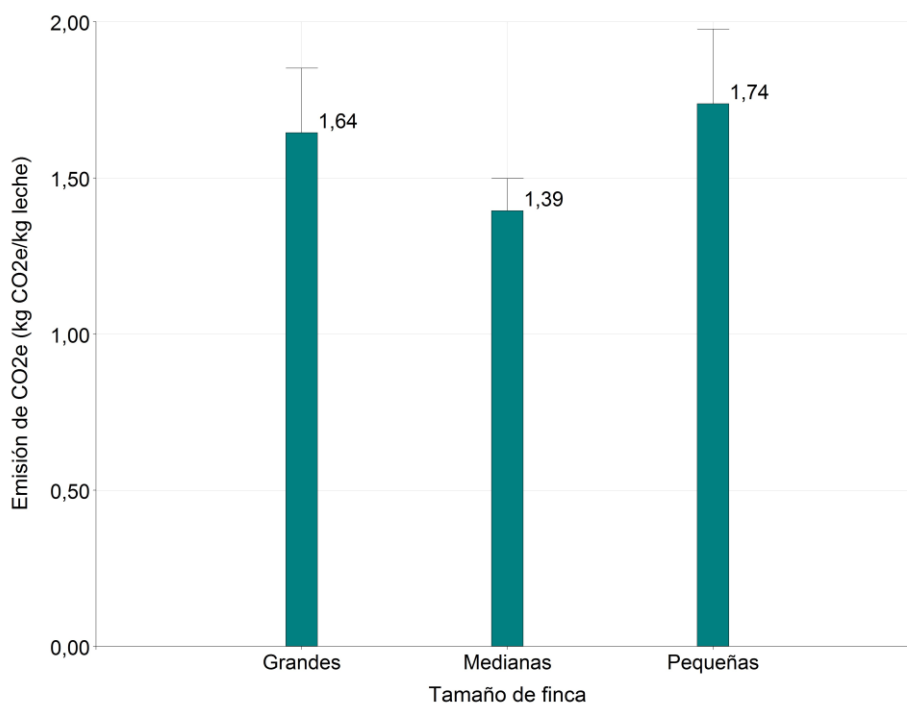


Figura 5. Resumen de las emisiones de carbono para la producción de leche en fincas ganaderas doble propósito según el tamaño de la finca en la zona de Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

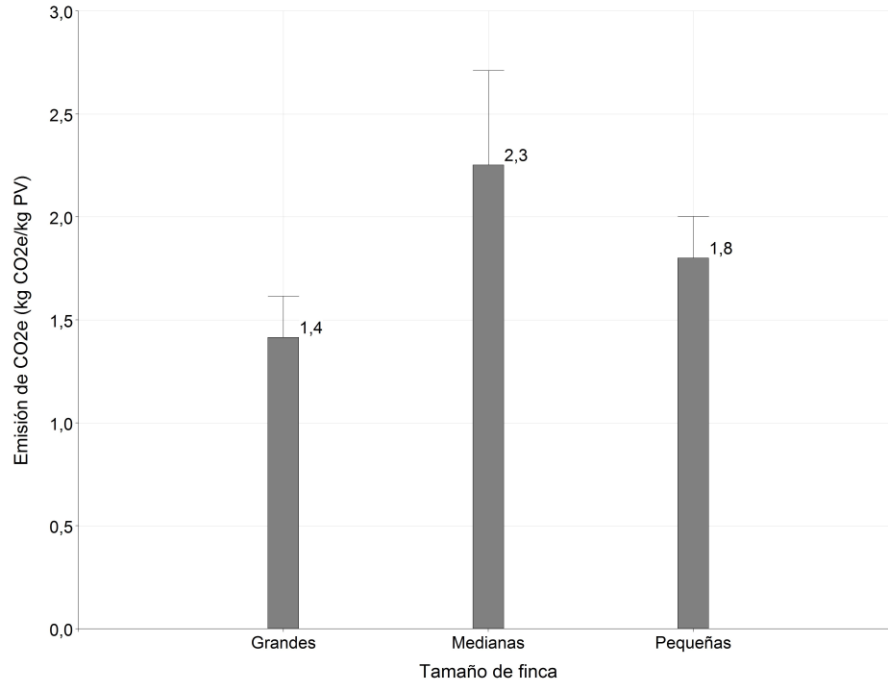


Figura 6. Resumen de las emisiones de carbono por la ganancia de peso vivo (PV) en fincas ganaderas doble propósito, según el grado de intensificación seleccionadas por el proyecto Solidaridad, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

Al comparar la emisión de carbono por kilo de leche, según la época climática (seca-lluviosa), se evidenció que son mayores las emisiones durante la época lluviosa (Figura 7), lo cual está asociado en que los productores tienen una mayor carga animal (época lluviosa: $1,37 \pm 0,1$ UA/ha), mientras que en la época seca es menor ($1,16 \pm 0,08$ UA/ha) y la disponibilidad de alimento. A diferencia de la emisión de GEI por el incremento de PV que varió entre 0,74 a 1,25 CO₂e/kg de PV, dependiendo de la época climática (Figura 8). Estos resultados están directamente relacionados con el manejo de la carga animal el cual es mayor durante la época lluviosa.

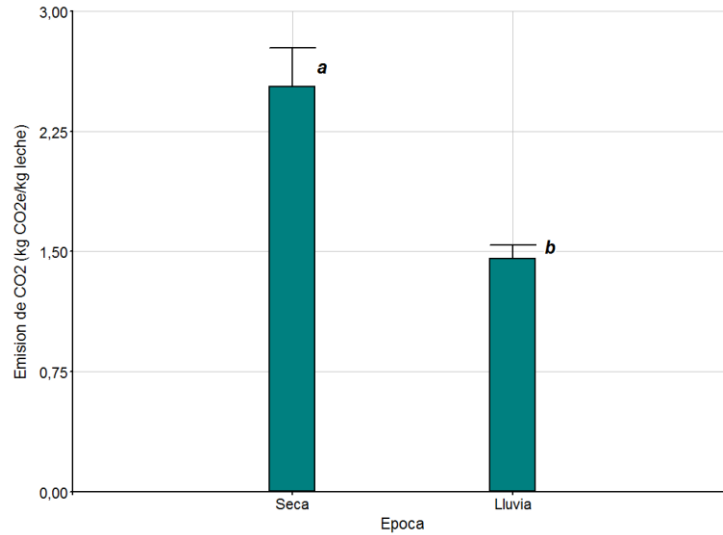


Figura 7. Resumen de las emisiones de carbono para la producción de leche en fincas ganaderas doble propósito según la época climática, Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

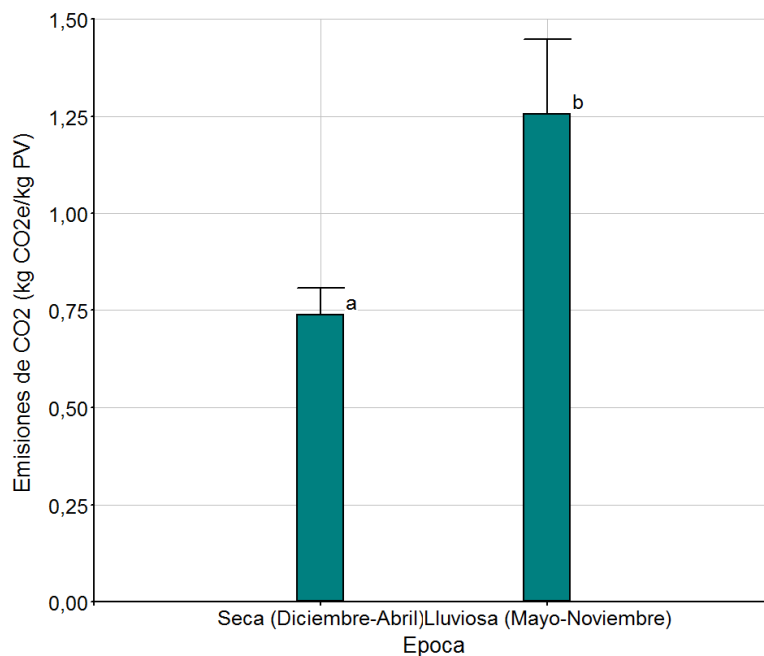


Figura 8. Resumen de las emisiones de carbono por la ganancia de peso vivo (PV) en fincas ganaderas doble propósito según la época climática, Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua. Las barras corresponden a medias y error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba Tukey

3.10. Balance de gases según la clasificación de las fincas

Las tipologías de fincas según el uso del suelo, insumos agroquímicos y carga animal, fueron empleados para clasificarlas según su tamaño. Todas las fincas ganaderas fueron fijadoras netas de carbono, al presentar un balance de carbono positivo (Cuadro 15, Figura 9). Las emisiones de carbono se encuentran relacionadas con la carga y dieta de los animales, donde el manejo favorece a incrementar el número de animales; de igual manera, a través de un buen manejo de las fincas, se puede favorecer al aumento de árboles en los sistemas de producción que favorecen la remoción de CO₂, así como a proveer a la finca de otros servicios ecosistémicos, que contribuyen a mejorar la producción y rentabilidad de las fincas (madera, frutos, forrajes, entre otros).

Cuadro 15. Comparación de las emisiones de GEI, fijación de carbono y balance de carbono de fincas ganaderas en Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

Variable	Grandes	Medianas	Pequeñas
Área promedio (ha)	367,81 ± 123,95b	73,33 ± 10,08a	63,07 ± 4,77a
Carga (UA/ha)	0,93 ± 0,16a	1,39 ± 0,15b	1,32 ± 0,09b
Producción de leche (kg/finca/año)	1213,78 ± 131,78a	1534,46 ± 151,62b	1402,78 ± 86,16b
Ganancia de PV (kg/ha/año)	2,5 ± 0,9 a	3,9 ± 0,6 b	3,6 ± 0,4b
Emisiones (t CO_{2e}/año)			
Combustibles	11,24 ± 2,84b	7,38 ± 0,7a	6,11 ± 0,8a
Electricidad	1,8 ± 0,32c	0,82 ± 0,21b	0,33 ± 0,39a
Fertilizantes	113,82 ± 74,87b	12,61 ± 2,91a	12,95 ± 4,9a
Animales	336,05 ± 62,45a	91,2 ± 12,07b	85,64 ± 7,84b
estiércol	39,71 ± 12,26a	10,71 ± 1,48b	9,44 ± 0,86b
Emisiones totales en las fincas t CO_{2e}/año	500,93 ± 155,58a	122,02 ± 14,55b	116,34 ± 9,17b
Fijación de C* (t CO _{2e} /ha/año)	4,75 ± 0,51a	5,07 ± 0,17b	5,15 ± 0,28b
Fijación de C (tCO _{2e} /año)	1393,31 ± 422,56b	351,05 ± 41,33a	324,59 ± 29,93a
Emisión de C (tCO _{2e} /año)	500,93 ± 155,58b	122,02 ± 14,55a	116,34 ± 9,17a
Balance Neto de C (tCO_{2e}/año)	892,38 ± 341,07b	229,03 ± 36,55a	208,24 ± 27,26a

Valores corresponden a las medias ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (p<0,05) entre ecorregiones, según prueba según prueba Tukey. * Promedio de la tasa de fijación de carbono por área de la finca y usos del suelo.

Las emisiones de GEI, evidencian que están relacionadas al tipo de finca evaluada (Figura 9). En contraste, la fijación de carbono en biomasa total, no tiene relación directa con el tipo de finca, pues está en función de los diferentes usos del suelo, edad, densidad de árboles. El balance neto de carbono presenta una tendencia positiva, el cual refleja que las fincas manejan una buena cobertura arbórea que permite compensar las emisiones generadas por la actividad ganadera.

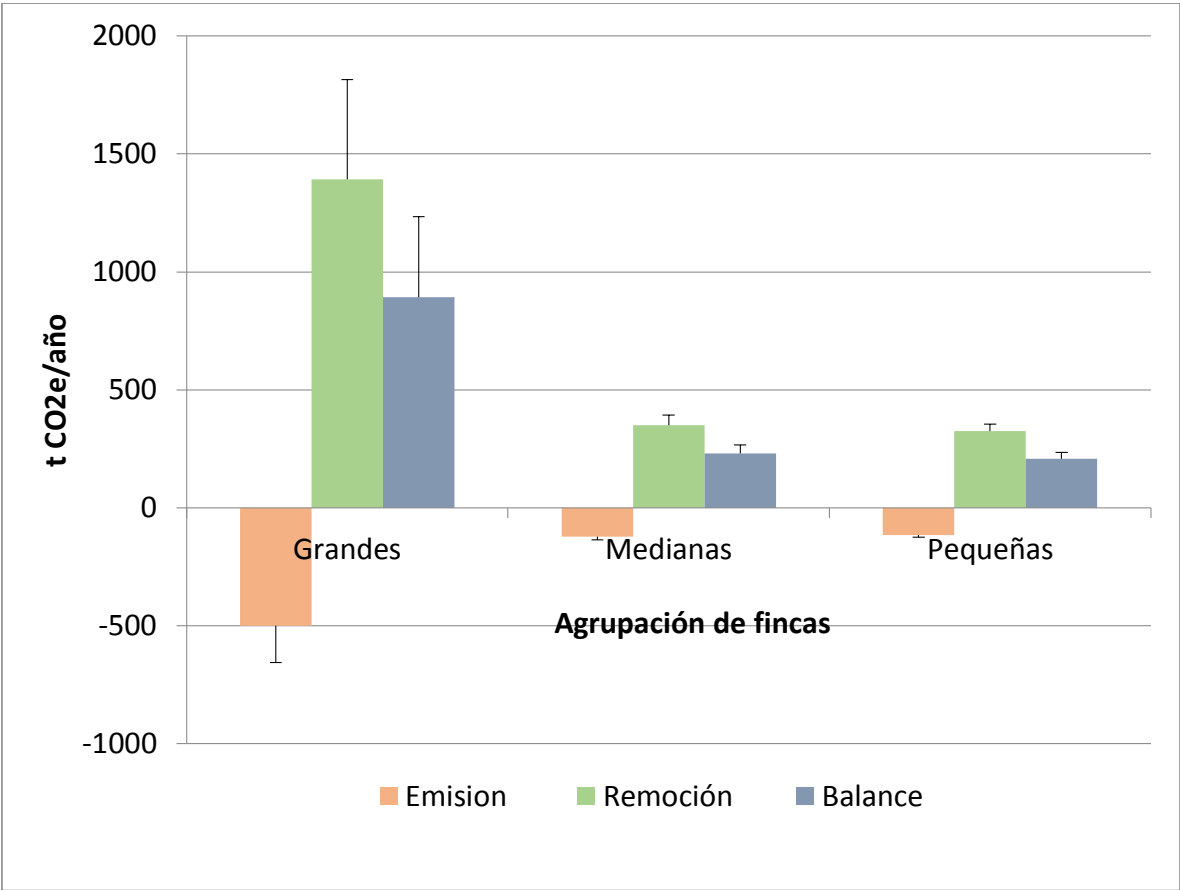


Figura 9. Resumen de la emisión de GEI y fijación y balance de carbono en fincas ganaderas en Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

4. Conclusiones

Los sistemas de producción ganaderos en la zona de estudio, evidenció que las emisiones de CO_{2e} están relacionadas al manejo y tamaño de la finca.

Las emisiones de CO_{2e} generadas por kilo de leche y ganancia de peso vivo de los animales, está relacionada a las cargas animales y al área de las fincas.

Las emisiones de CO_{2e} generadas por kilo de leche, fueron más altas en la época seca, el cual está relacionado al manejo de las pasturas y dieta de los animales.

Las emisiones de CO_{2e} y ganancia de peso vivo, está relacionada a las cargas animales que manejan las fincas; en la época de invierno, el número de animales es más alto que en la época seca.

El balance de GEI es positivo en todas las agrupaciones de finca, el cual evidencia la alta cobertura arbórea que manejan los productores en sus fincas.

En todas las fincas, el estiércol no es aprovechado para el desarrollo de otros insumos en las fincas, tales, como uso de biodigestores, lombricospost, entre otros; este desaprovechamiento, orienta a desarrollar acciones necesarias para el mejoramiento de la gestión del estiércol en las fincas ganaderas en el área de estudio.

Las emisiones totales de CO_{2e} generadas por las fincas, se apreció que a medida que las fincas cuentan con un área menor, optimizan los recursos (pastos y forrajes) para mantener la producción, lo que resulta ser una buena estrategia de mitigación.

El balance neto de carbono presenta una tendencia positiva, el cual refleja que las fincas manejan una buena cobertura arbórea que permite compensar las emisiones generadas por la actividad ganadera.

5. Recomendaciones

Es importante la realización de talleres con personal experto en Nicaragua, con el fin de estandarizar metodologías y/o encontrar factores de emisión del manejo del ganado que sean afines con las condiciones locales, de ésta manera se lograría adecuar la metodología planteada por el IPCC, para los cálculos de GEI.

Teniendo en cuenta que las mayores emisiones de carbono se presentan asociadas al manejo del hato ganadero, como una acción tendiente a lograr su reducción, sería el de incentivar a los productores para que optimicen las estrategias de alimentación y buenas prácticas de manejo durante la época seca.

Las emisiones de GEI se encuentran relacionadas con la carga y dieta de los animales, donde el manejo favorece a incrementar el número de animales; de igual manera, a través de un buen manejo de las fincas, se puede favorecer al aumento de árboles en los sistemas de producción que favorecen la remoción de CO₂, así como a proveer a la finca de otros servicios ecosistémicos, que contribuyen a mejorar la producción y rentabilidad de las fincas (madera, frutos, forrajes, entre otros).

Los resultados del presente estudio, provienen de los datos obtenidos de una encuesta puntual, en donde se consultó a los productores, sobre el manejo anual de sus fincas. Se recomienda, realizar un monitoreo sobre la productividad y manejo de las fincas para analizar el flujo de emisiones de GEI.

El mantenimiento de la cobertura arbórea y boscosa en las fincas para mantener la provisión de los servicios ecosistémicos, se deben incentivar programas, desarrollar políticas para el manejo de los árboles en pasturas, con el fin de lograr incrementar los acervos de carbono en las fincas ganaderas y al mismo tiempo diversificar la productividad de las fincas.

Para mantener el balance positivo de las fincas, es importante seguir mejorando la dieta de los animales, lo cual permite optimizar la productividad de leche y carne, así mismo impulsar el manejo eficiente de las pasturas y árboles para que estos puedan seguir contribuyendo a compensar las emisiones generadas por la ganadería en la región.

6. Referencias bibliográficas

- Albrecht, A. & Kandji S. T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 99: 15-27.
- Alves, L.F., S. Vieira, M.A. Scaranello, P.B. Camargo, F.A. Santos, C.A. Jolycey L. Martinelli. 2010. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *Forest Ecology and Management*. 679-691pp.
- Amézquita, M. C.; Ibrahim, M.; Llanderal, T.; Buurman, P, & Amézquita, E. (2005). Carbon sequestration in pastures, silvo-pastoral systems and forests in four regions of the Latin American tropics. *Journal of Sustainable Forestry*. 25 (1): 31-49.
- Andrade, H. J.; Brook, R. & Ibrahim, M. (2008). Growth, production and carbon sequestration of silvo-pastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil*. 308: 11-22.
- Andrade, HJ; Segura, MA; Canal, DS; Feria, M; Alvarado, JJ; Marín, LM; Pachón, D; Gómez, MJ. 2014. 53-66 p. The carbon footprint of coffee productive chains in Tolima, Colombia. M. Oelberman (Ed.). *Sustainable Agroecosystems in Climate Change Mitigation*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 272 p.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J. M; Somarriba, E. & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10: 80-87.
- Betancourt, K. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de Matiguás, municipio de Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 60p.
- Frangi, JL; Lugo, AE. 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs* 55:351-369.
- Holdridge, L. 1996. *Ecología basada en zonas de vida*. 4a reimpression, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. IICA, San José, Costa Rica. 216 p.
- INIFOM, 2000. *Caracterizaciones Municipales 2000* (CD: Hacia la Consolidación de la Gobernabilidad Local).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Obtenido desde: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/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.

- IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, Chapter 4
Supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol,
Section 4.2.3.7.
- IPCC, 2006 Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 1
Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions, Chapter 2, Reporting the National
Inventory, Table 2-1, page 2.3
- ISO, 1997. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework.
ISO 14040. Geneva, Switzerland. 12 p.
- Johnson, J.; Fransluebbbers, A. J.; Weyers, S. L. & Reicosky, D. C. (2007). Agricultural
opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental pollution*, 150:
107-124.
- Peters, M. Franco, L.H. Schmidt, A. Hincapie, B. 2011. Especies Forrajeras Multipropósito
Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT- Colombia.
- Salinas, Z.; Hernández, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de
bioenergía. CATIE, Turrialba. Serie Técnica, Manual Técnico no. 83. 220p.
- Samora-López, S. 2006. Dfecto de los pagos por servicios ambientales en la estructura,
composición, conectividad y el *stock* de carbono presente en el paisaje ganadero de Esparza,
Costa Rica. Tesis de Maestría, Escuela de Postgrado CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez, J. 2008. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del
ganado lechero. En XI Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas
de producción animal. Memorias del Seminario.
- Thornton, PK; Herrero, M. 2010. Potential for reduced methane and carbon dioxide
emissions from livestock and pasture management in the tropics. *PNSA* 107(46):
19667–19672.
- Wiedmann, T; Minx, J. 2007. A Definition of 'Carbon Footprint'. ISAUK. Research Report 07-
01. Consultado en sep. 2025. Disponible en: www.isa-research.co.uk

7. Anexos

Anexo 1. Listado de fincas seleccionadas para el estudio con sistemas de producción doble propósito en Matiguás, Río Blanco, Paiwas, Nicaragua.

Codigo del productor	Nombre del productor
FMAH-01	Anastasio Hernandez Ordeñana
FMFO-02	Freddy Jose Oporta
FMJO-03	Jacoba Obando Gonzalez
FMJO-04	Jose Luis Ortega Eriquez
FMPR-05	Pablo Jarquin Rodriguez
FMAM-06	Amailcar Martinez Salgado
FMJJ-07	Jose Andres Jarquin Gonzalez
FMAG-08	Armando Garzon Diaz
FMBA-09	Bismarck Avendaño Alcantara
FMWT-10	William Antonio Tellez Rios
FMJM-11	Javier Membreño Garcia
FMPJ-12	Pablo Jarquin Polanco
FMFH-13	Freddy Hernandez Ordeñana
FMJM-14	Juana Martinez Roble
FMJP-15	Jacinto Paz Diaz
FMCM-16	Crecencio Donal Membreño
FMCC-17	Cesar Augusto Calderon Sanchez
FMJM-18	Juan Isidro Mendoza Ordega
FMLS-19	Luis Erasmo Soza Paz
FMGS-20	Gamaliel Antonio Soza
FMJO-21	Jose Mercedes Obando
FMIA-22	Isabel Alaniz Benavidez
FMDR-23	Denis Mauricio Ruiz Valdivia
FMJM-24	Jacobo Martinez Masis
FMFP-25	Francisco Pineda Hernandez
FMSM-26	Silvio Mendoza Cinco
FMPL-27	Porfirio Luna Castillo
FMGG-28	Grasiela Gomez Dumas
FMNU-29	Nicolas Urbina Bravo
FMMC-30	Melvin Cisneros Catellon
FMFD-31	Fidel Davila Luna
FMAC-32	Arsenio Campo
FMJR-33	Jairo Francisco Rivas
FMRR-34	Roger Ruiz Valdivia
FMMC-35	Miguel Angel Cerda Luna
FMEZ-36	Enrique Zelaya
FMJV-37	Jose Antonio Vargas Soza
FMAO-38	Adilia Oporta Gutierrez

FMAZ-39	Adali Zeledon
FMAT-40	Arcenio Tellez
FMMR-41	Mauricio Adrian Ramirez
FMJE-42	Jose del carmen Escoto Delgadillo
FMAU-43	Antonia Urbina
FMBL-44	Bismark Lopez
FMAV-45	Antonio Vargas
FMVS-46	Victor Manuel Sobalbarro Martines
FMLJ-47	Lucas Ramon Jarquin Rodriguez
FMDC-48	Donis Timoteo Calero Zomosa
FMCV-49	Carlas Angelica Vargas Soza
FMLC-50	Lidia Del Carmen Cantillano
FMJB-51	Juan Agustin Bracamonte
FMAR-52	Angel Ramon Rivas Ruiz
FMMR-53	Marlon Rugama Bravo
FMLA-54	Luis Alanis Pinel
FMCW-55	Chester Rene Wallase Riso
FMFN-56	Fransisco Noel Gallego Orozco
FMLC-57	Levis Enoc Calero Alvares
FMAG-58	Agustin Garzon Ramirez
FMRL-59	Reynaldo Lopez Chavarria
FMFR-60	Francisco Rivas
FMJB-61	Jose Donal Bucardo Estrada