

INTENSIDAD DE EMISIONES POR UNIDAD DE PRODUCTO PARA LA GANADERIA BOVINA EN COLOMBIA

Boletín técnico: N° 03 - marzo 2021

Revisó: Carlos Felipe Torres Triana. Coordinador Técnico-Emisiones de gases de efecto invernadero de la Agricultura–AFOLU

Autores: Luciana Gómez Palencia¹, Alejandro Sánchez Pulido², Héctor Moreno Quitian³, Carlos Felipe Torres Triana⁴, Diana Manrique Luna⁵

Grupo Cambio Global – Subdirección de estudios Ambientales-IDEAM

RESUMEN

La producción pecuaria se considera como una fuente importante de generación de gases de efecto invernadero (GEI). En Colombia la ganadería representa el 14,7% de las emisiones totales del país. Los reportes sobre las emisiones de GEI por unidad de producto en Colombia son limitados, por tanto, los avances en la estimación de la intensidad de las emisiones pueden contribuir a mejorar la eficiencia ambiental de los sistemas productivos. El presente estudio tuvo como objetivo estimar la intensidad de las emisiones de GEI por unidad de producto para 6 categorías de ganado bovino en 10 regiones ganaderas. Las emisiones de GEI se calcularon a partir de los factores de emisión empleados en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) de Colombia. Las unidades funcionales fueron 1kg de proteína, 1kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP) y 1kg de ganancia de peso vivo (GPV). La mayor fuente de emisión de GEI para todas las categorías animales fue la fermentación entérica. Se encontró una relación inversa entre las emisiones y la productividad por animal, de modo que, una reducción en la intensidad de las emisiones es posible mediante la adopción de prácticas de manejo que conduzcan a aumentar la eficiencia animal.

Palabras clave: gases de efecto invernadero, ganadería, unidad funcional, intensidad de emisión, proteína, leche, carne

ABSTRACT

Livestock production is considered an important source of greenhouse gas (GHG) generation. In Colombia, livestock represents 14.7% of the country's total emissions. Reports on GHG emissions per unit of product in Colombia are limited, therefore, progress in estimating the intensity of emissions can contribute to improving the environmental efficiency of

¹ Consultor emisiones de metano por gestión de estiércol del sector AFOLU. email: elgomez@ideam.gov.co

² Consultor emisiones de Carbono categoría no bosque del sector AFOLU. email: lasanchez@ideam.gov.co

³ Consultor emisiones de Metano entérico del sector AFOLU. email: hwmoreno@ideam.gov.co

⁴ Coordinador Técnico-Emisiones de gases de efecto invernadero de la Agricultura–AFOLU. email: cftorres@ideam.gov.co

⁵ Consultor emisiones asociadas a los suelos gestionados del sector AFOLU. email: dلمانrique@ideam.com

production systems. The objective of this study was to estimate the intensity of GHG emissions per unit of product for 6 categories of cattle in 10 livestock regions. GHG emissions are calculated from the emission factors used in the national greenhouse gas inventory (INGEI) of Colombia. The functional units were 1 kg of protein, 1 kg of milk corrected for fat and protein (LCGP) and 1 kg of live weight gain (GPV). The major source of GHG emissions for all animal categories was enteric fermentation. An inverse relationship was found between emissions and productivity per animal, therefore, a reduction in the intensity of emissions is possible through the adoption of management practices that lead to increase animal efficiency.

Keywords: greenhouse gas inventory, livestock cattle, functional unit, emission Intensity, protein, milk, meat

INTRODUCCION

La producción pecuaria se considera como una fuente importante de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global, generando dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) durante todo el proceso de producción. El ganado contribuye al cambio climático al emitir GEI de forma directa (por ejemplo, por la fermentación entérica y el manejo del estiércol) o indirecta (por ejemplo, por la conversión de tierras forestales en pastizales) (Hristov *et al.*, 2013). De igual forma, la ganadería se constituye como un pilar socioeconómico fundamental. Actualmente, representa alrededor del 40% del valor agregado en la agricultura mundial, donde cinco de los diez principales productos agrícolas en términos de valor son productos de origen animal (FAO, 2019).

Cuando las emisiones de GEI se expresan en una unidad de referencia que denota la salida útil del sistema de producción es conocida como la unidad funcional o de producto, y tiene una cantidad y calidad definidas (volumen de GEI emitidos por unidad de producto generado). La unidad funcional puede basarse en una cantidad definida, como 1 kg de producto, o puede ser basada en un atributo de un producto, como 1 kg de proteína producida, 1kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP) o 1 kg de peso en canal (Gerber *et al.*, 2010).

A partir de un enfoque de análisis de ciclo de vida, se estimó que la cadena de suministro del ganado emite alrededor de 8,2 gigatoneladas (Gt) de CO₂eq por año, donde el ganado bovino es el principal contribuyente a las emisiones con aproximadamente 5,0 Gt de CO₂eq, lo que representa el 62% de las emisiones del sector (FAO, 2021). El ganado bovino de carne (que produce carne y productos no comestibles) tiene los niveles más altos de emisiones totales y de intensidad de emisiones, contribuye con 3,29 Gt de CO₂eq por año (40%) de las emisiones totales del sector, mientras que el ganado de leche (que produce carne y leche, además de productos no comestibles) emite 1,71 Gt lo que representa el 21%. Esto equivale a 2,5 kg CO₂eq por kg de LCGP y 46,2 kg CO₂eq por kg de peso de la canal (Opio *et al.*, 2013; FAO and GPD, 2018).

El sector ganadero mundial en el año 2020 produjo aproximadamente 860,1 millones de toneladas de leche y 71,9 millones de toneladas de carne vacuna (FAO, 2020), de las cuales en promedio el 56 % de la carne es producida por el sector de la carne especializada y el 44% por el ganado lechero (Opio *et al.*, 2013).

La estimación de la intensidad de emisiones de GEI por unidad de proteína producida permite inclusive comparar el desempeño de diferentes especies pecuarias (FAO, 2021). Bajo este supuesto, el Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM) atribuye a la carne de vacuno es el segundo producto con la mayor intensidad de emisiones con un promedio de 295 kg de CO₂eq por kg de proteína, precedida por la carne de búfalo (404 kg CO₂eq por kg de proteína) y seguida por la carne y leche de los pequeños rumiantes y la leche de búfalo que presentan intensidades de emisión de 201, 148 y 140 kg CO₂eq por kg de proteína, respectivamente. La leche de vaca, junto con la carne y huevos de pollo y el cerdo tienen intensidades de emisión más bajas, inferiores a 100 kg CO₂eq por kg de proteína (FAO, 2021).

En América latina en términos de producción total de proteína (12,2 millones) (FAO, 2021), la carne aporta alrededor del 54% de la proteína total del ganado, principalmente porque el énfasis está en la producción de carne en lugar de los lácteos (Opio *et al.*, 2013). La intensidad media de la emisión para la región es de 72 kg de CO₂eq por kg de peso de la canal, y 3,36 kg de CO₂eq por kg de LCGP (Gerber *et al.*, 2013; FAO and GPD, 2018). Para la leche, la intensidad de la emisión en América latina es intermedia en comparación con las diferentes regiones del mundo, donde, por ejemplo, las emisiones varían entre 1,3 kg de CO₂eq por kg de LCGP en Norte América y Oceanía a 7,17 kg de CO₂eq por kg de LCGP en África subsahariana (FAO and GPD, 2018).

El sector lácteo mundial experimento entre el 2005 y 2015 una reducción en la intensidad de las emisiones por unidad de producto de 2,8 a 2,5 kg de CO₂eq por kg de LCGP (disminución del 11%), y un aumento en la productividad impulsadas por las mejoras en la eficiencia de los sistemas en todas las regiones. Estos cambios se atribuyen a la mejora en la genética animal, combinada con una mejor gestión de las pasturas y prácticas de alimentación. La mayoría de estas ganancias se han logrado en regiones de baja productividad, por ejemplo, en América latina las emisiones en una década disminuyeron de 3,94 a 3,36 kg de CO₂eq por kg de LCGP (reducción de un 14,7%) (FAO and GPD, 2018).

En cuanto a la intensidad de las emisiones para la carne de vacuno por región, las emisiones varían entre 14 kg de CO₂eq por kg de peso en canal en Europa Oriental y la Federación de Rusia hasta 76 kg de CO₂eq por kg de peso en canal en el Sur de Asia. Las intensidades de emisión más altas se encuentran en las regiones donde los sistemas son de baja productividad, entre ellos América latina. Las mayores emisiones obedecen en gran parte a la baja digestibilidad de los alimentos (que determina mayores emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol), las deficientes prácticas ganaderas y los menores pesos al sacrificio (ganancias de peso bajas que ocasionan más emisiones por kilogramo de carne producida) y

la mayor edad en el momento del sacrificio (vidas más largas producen más emisiones) (Gerber *et al.*, 2013).

Las emisiones reportadas por Gerber *et al.*, 2013 para América Latina relacionadas con la producción de carne vacuna, involucran las emisiones por el cambio de uso del suelo debido a la expansión de los pastizales en tierras forestales y representan alrededor de 24 kg de CO₂eq por kg de peso en canal (33% de la emisión total). El cambio de uso de la tierra es un factor importante en las emisiones, sin embargo, las estimaciones asociadas con el cambio de uso del suelo, presentan un alto nivel de incertidumbre metodológica y no capturan las tendencias recientes de deforestación (Opio *et al.*, 2013).

En Colombia las emisiones asociadas con la ganadería se estiman en 34,85 megatoneladas (Mt) de CO₂eq año⁻¹, que representan el 14,7% de las emisiones de GEI totales del país para el año 2014. La fermentación entérica y la gestión del estiércol bovino contribuyen con el 59% de las emisiones del sector ganadero (20,56 Mt CO₂eq año⁻¹) (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2018).

El módulo AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos del suelo) históricamente ha tenido la mayor participación en las emisiones de GEI del país, 65% en promedio para la serie 1990 a 2014. Sin embargo, es el único sector con potencial de absorción de carbono, para el periodo de referencia 2014 las absorciones totales de GEI fueron de -22,66 Mt de CO₂eq año⁻¹, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 5,1%, esto explicado por el crecimiento de los cultivos permanentes y los sistemas silvopastoriles (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2018).

Los reportes sobre las emisiones de GEI por unidad de producto en Colombia son limitados, sin embargo, en los últimos años ha sido mayor el interés de los investigadores en relacionar la intensidad de las emisiones con el producto producido (Rivera *et al.*, 2014; González *et al.*, 2021; Ramírez *et al.*, 2019). Algunos de los valores reportados se encuentran entre: 21,8 y 52,2 kg de CO₂eq por kg de ganancia de peso vivo en sistemas de ganadería de cría evaluados en 13 departamentos del país (González *et al.*, 2018); 0,86 y 1,98 kg de CO₂eq por kg LCGP en sistemas de lechería especializada en Cundinamarca (Gómez *et al.*, 2018); 2,05 y 5,05 kg de CO₂eq por kg LCGP, o 48,69 y 129,61 kg de CO₂eq por kg proteína en sistemas convencionales de producción de leche en zonas de suelos ácidos y de trópico seco de Colombia (Rivera *et al.*, 2015). Estos estudios contemplan el análisis de las emisiones de la cuna a la puerta de la finca.

Actualmente, existe la necesidad de refinar los métodos para cuantificar, informar, reportar y comparar las emisiones del sector ganadero del país. De tal forma, la estimación de emisiones de GEI por unidades funcionales establece el punto de partida en el análisis de la eficiencia entre los diferentes sistemas de producción bovina y los posibles cambios en la gestión que generen menores intensidades de emisión por unidad de producto.

El objetivo del presente estudio fue estimar la intensidad de las emisiones de GEI por unidad de producto: kg de proteína, kg de LCGP y kg de ganancia de peso vivo (GPV), para las categorías de ganado bovino incluidas en el INGEI de Colombia.

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Las emisiones de GEI provenientes de la ganadería bovina colombiana en términos de unidades funcionales (kg de proteína, kg de LCGP y kg de GPV), se estimaron a partir de la regionalización ganadera y la homologación del censo bovino en categorías IPCC descrito en el boletín técnico N° 1, además, de los factores de emisión empleados en el INGEI de Colombia para las subcategorías relacionadas con el ganado (3A1 fermentación entérica, 3A2 metano y óxido nitroso directo por la gestión del estiércol, 3C4f orina y estiércol de animales en pastoreo, 3C5f lixiviación/escurrimiento de orina y estiércol de animales en pastoreo, 3C6 emisiones indirecta de N₂O de la gestión del estiércol). El estudio no contempló las emisiones relacionadas con las tierras forestales convertidas en pastizales (3B3bi).

Regiones ganaderas y categorías animales

Para el estudio se contemplaron las 10 regiones ganaderas establecidas para Colombia y 6 categorías de ganado bovino (*Vacas de alta producción, Vacas de baja producción, Vacas para producción de carne, Terneros pre-destetos, Terneras de reemplazo y Ganado de engorde*), se excluyeron los *Toros utilizados con fines reproductivos* cuyo objetivo productivo no corresponde a las unidades funcionales abordadas. Las *Vacas de alta producción* se incluyeron exclusivamente en las 3 regiones ganaderas donde se encuentran las cuencas leches del país: *Región Cundiboyacense, Región Sur Occidente y Región Eje Cafetero y Valle del Cauca*.

Inventario de emisiones

Las emisiones de GEI se calcularon utilizando metodologías TIER 1 avanzado y 2 según directrices del IPCC (Gavrilova *et al.*, 2019). Para las subcategorías 3A1 fermentación entérica y 3A2 metano por gestión del estiércol, se emplearon los factores de emisión de nivel 2 desarrollados para cada región y categoría animal descritos en el boletín técnico N° 1. Los factores de emisión para las subcategorías 3A2 N₂O directo por gestión de estiércol, 3C4f, 3C5f y 3C6 fueron estimados por metodología TIER 1 avanzado.

La emisión total de GEI para cada categoría animal se calculó a partir de la sumatoria de las emisiones de las subcategorías relacionadas con el ganado y la contribución de cada GEI se expresó como potencial de calentamiento global (PCG) en kg de CO₂eq, según lo reportado en el quinto informe de evaluación del IPCC (AR5); donde: 1 kg CO₂ = 1 kg CO₂eq, 1 kg CH₄ = 28 kg CO₂eq y 1 kg N₂O = 265 kg CO₂eq (IPCC, 2014).

Unidades funcionales

Las unidades funcionales, es decir la unidad de referencia a la que se relacionaron las emisiones de GEI fueron kg de proteína, kg de LCGP y kg de GPV. La estimación de cada unidad funcional por categoría animal contemplo algunas variables previamente establecidas en el ejercicio de estimación de factores de emisión y otras recopiladas en revisión de literatura para este estudio.

Proteína producida por las vacas de alta y baja producción (kg): Calculado a partir del volumen de leche anual ajustado por el periodo de lactancia (305 días para todas las regiones excepto para la *Región Selvas Tropicales e Islas* - 280 días) y el contenido de proteína de la leche para cada región ganadera (PROCOLOMBIA, 2018).

Proteína producida por el ganado de engorde (kg): Contempló la ganancia de peso anual, los rendimientos en canal, carne total, carne magra y el contenido de proteína promedio de la carne bovina (DANE, 2021; Riaño *et al.*, 2007; ICBF y Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Proteína producida por las vacas para producción de carne (kg): La estimación consideró la proteína de la cría, la proteína de la leche suministrada durante la lactancia (280 días) y los porcentajes de natalidad para cada región ganadera (FEDEGAN, 2012). La proteína de la cría se calculó a partir del peso al nacimiento y los rendimientos en canal, carne total, carne magra y proteína de la carne bovina (DANE, 2021; Riaño *et al.*, 2007; ICBF y Universidad Nacional de Colombia, 2018). Por su parte, la proteína de la leche se estableció teniendo en cuenta la producción y el contenido de proteína de la leche (PROCOLOMBIA, 2018).

Leche corregida por grasa y proteína (LCGP): La LCGP se calculó multiplicando la producción de leche de las *vacas de alta y baja producción* por el contenido energético específico de la leche de cada región, por el contenido energético de una leche estándar con 4,0% de grasa y 3,3% de proteína (IDF, 2015). El uso de esta unidad funcional permite realizar comparaciones justas entre regiones con distintos contenidos de sólidos totales en leche.

La ecuación general para el cálculo de la LCGP, propuesta por la Federación Internacional de la Leche (IDF, 2015) se presenta a continuación.

$$\begin{aligned}
 & LCGP \text{ (kg / año)} \\
 & = \text{producción (kg / año)} * [0,1226 * \% \text{grasa} + 0,0776 * \% \text{proteína} \\
 & + 0,2534]
 \end{aligned}$$

Kilogramos de ganancia de peso vivo (GPV): Corresponde a la ganancia diaria de peso por 365 días del año estimada para las categorías animales *terneros pre-destetos*, *terneras de reemplazo* y *ganado de engorde* en cada región ganadera.

Intensidad de emisión por unidad de producto

La estimación de las emisiones en CO₂eq por unidad de producto fueron calculadas dividiendo la emisión total de cada categoría animal (kg CO₂eq año⁻¹) en las unidades funcionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las categorías animales por región ganadera

En la tabla 1 se describen los valores de emisión por fuente y las emisiones totales en kg de CO₂eq animal año⁻¹ para las 5 categorías animales presentes en la región de la Orinoquía. Además, se muestran los parámetros productivos considerados en el análisis. En términos generales para todas las regiones ganaderas las *vacas de alta producción* presentan las mayores emisiones en valores absolutos, en promedio 2742 kg de CO₂eq animal año⁻¹, seguidas de las *vacas para producción de carne* y las *vacas de baja producción* las cuales tienen emisiones similares entre ellas (2175 y 2122 kg de CO₂eq animal año⁻¹, respectivamente). Los animales en crecimiento *terneras de reemplazo*, *ganado de engorde* y *terneros pre-destetos*, muestran emisiones intermedias de 1812, 1696 y 567, respectivamente. En cuanto a las fuentes de emisión incluidas en el análisis, la fermentación entérica representa en promedio el 90,9% de las emisiones totales (CO₂eq animal año⁻¹), mientras que las emisiones relacionadas con la gestión del estiércol contribuyen en menor medida. Esta distribución de las emisiones es común en los sistemas ganaderos extensivos del país y de la región de América latina, donde las prácticas de gestión asociadas con las emisiones de CH₄ son ineficientes (González *et al.*, 2021; Cerri *et al.*, 2016). Estas pueden variar según la cantidad y calidad de la dieta consumida, la raza y el estado fisiológico del animal (Abreu *et al.*, 2004; Johnson y Johnson 1995).

La ganadería bovina en Colombia varía considerablemente entre regiones, inclusive dentro de sistemas de producción similares. Las diferentes condiciones agroecológicas, la genética animal y las prácticas de manejo en finca explican estas diferencias (Arias *et al.*, 1990). Esta heterogeneidad se muestra en la caracterización de los parámetros productivos, donde, por ejemplo, la cantidad y contenido energético (grasa + proteína láctea) de la leche producida por las *vacas de baja producción* varía de 840 kg de leche año⁻¹ en la *región Selvas Tropicales e Islas* a 2135 kg de leche año⁻¹ en la *región Cundiboyacense* y de 6,22 a 7,32 % de contenido energético en la *región Orinoquía* y la *región Caribe Seco*, respectivamente. Otros valores contrastantes se observan en los aumentos de peso de los animales en crecimiento, donde las ganancias diarias varían entre regiones y categorías animales de 0,2 a 0,53 kg de peso vivo.

Tabla 1. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Orinoquía

Región Orinoquía						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde

Factores de emisión

CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	70.56	70.71	19.18	57.97	51.09
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.75	0.74	0.21	0.54	0.40
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.069	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.43	0.41	0.13	0.28	0.29
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurrimiento) año ⁻¹	0.19	0.18	0.06	0.12	0.13
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.014	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2184	2157	594	1745	1551
Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo		37			
Ganancia de peso	kg día			0.20	0.20	0.30
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1739	420			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1530				
Proteína carne	%		22	22	22	22
Proteína leche	%	3.02	3.02			
Grasa leche	%	3.2				
Natalidad	%		55			
Rendimiento en canal	%			49.8	50.1	50.6
Rendimiento en carne	%			80.0	80.0	80.0
Rendimiento magro	%			90.0	90.0	90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		2.9	5.8	5.8	8.8
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	52.5	12.7			

Fuente: Elaboración propia; tomado de FEDEGAN 2012; PROCOLOMBIA 2018; DANE 2021; ICBF y Universidad Nacional de Colombia 2018; Riaño *et al.*, 2007.

Intensidad de emisión por unidades de producto para el ganado bovino vacas de alta producción

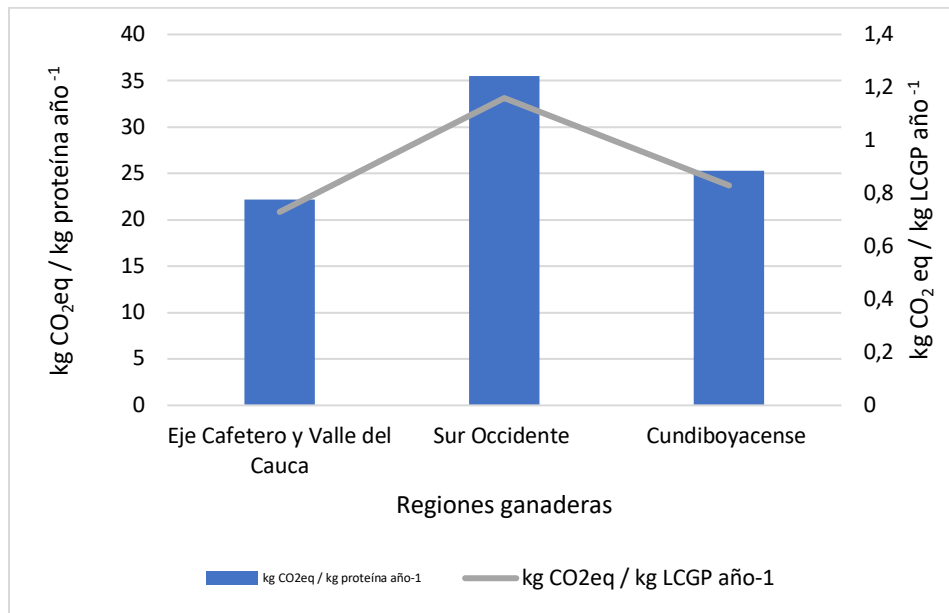


Figura 1. Emisiones por unidad de producto para Vacas de Alta Producción

La intensidad media de emisiones por kg de proteína producida y LCGP para las *vacas de alta producción* fue de $27,7 \pm 7,0$ kg CO₂eq por kg proteína año⁻¹ y $0,9 \pm 0,2$ kg CO₂eq por kg LCGP año⁻¹. Para las dos unidades funcionales la *región Eje Cafetero y Valle del Cauca* presento la mejor eficiencia en términos de intensidad de emisión, 19,6% menos respecto a la media, esto explicado por la mayor producción de leche anual (3846 kg LCGP año⁻¹) entre las tres regiones ganaderas donde se encuentran los sistemas de lechería especializada del país.

En Colombia se han realizado algunos estudios de análisis de ciclo de vida en sistemas de lechería especializada en diferentes regiones ganaderas (Rivera *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2018), donde las emisiones por unidad de producto reportadas son similares a los encontradas en este estudio. Rivera *et al.*, (2014), por ejemplo, obtuvieron emisiones dentro de la finca para los sistemas de lechería especializada de Antioquía de 28,2 y 1,14 kg CO₂eq por kg proteína y LCGP año⁻¹, respectivamente. Estos valores incluyen porcentajes menores de emisión asociados a la quema de combustibles y el uso de fertilizantes nitrogenados.

Gómez *et. al* (2018) menciona que las diferencias en la intensidad de las emisiones por kg de LCGP en los sistemas de producción de leche de Cundinamarca se relacionan principalmente con la variación en los parámetros asociados a la productividad animal (producción de leche y eficiencia del hato) y las estrategias de alimentación (cantidad y calidad del alimento consumido).

Por otra parte, el análisis realizado por FAO y la Plataforma Global de Productos Lácteos (GPD, por sus siglas en inglés) muestra que el aumento en la eficiencia de utilización de los recursos para aumentar la producción de leche por vaca genera menores intensidades de

emisión. Un mayor rendimiento de leche implica un cambio en el metabolismo de la vaca a favor de la producción de leche y la reproducción en lugar del mantenimiento, lo que contribuye a una menor emisión (Blaxter y Clapperton, 1965). Una vaca lechera de alta producción requiere más nutrientes por día que una vaca de baja producción; sin embargo, una vaca con una producción diaria de leche de 14 kg de leche al día utiliza el 47% de la energía consumida para el mantenimiento, mientras que una vaca de baja producción (1,4 kg de leche al día) utiliza el 75% de la ingesta energética para el mantenimiento (FAO y GPD, 2018).

Por lo tanto, para reducir la intensidad de las emisiones generadas por las *vacas de alta producción* en los sistemas de lechería especializada del país, es necesaria la adopción de un conjunto de prácticas de manejo en finca orientadas a alcanzar productividades animales por encima de los 4000 kg LCGP por vaca al año⁻¹.

Intensidad de emisión por unidades de producto para el ganado bovino vacas de baja producción

En Colombia las *vacas de baja producción* se encuentran en los sistemas ganaderos doble propósito donde la leche y la carne se producen simultáneamente. Las vacas en estos sistemas son ordeñan parcialmente ya que un porcentaje de leche residual es consumida por los terneros, por tanto, la productividad animal es menor en comparación con los sistemas de lechería especializada (González *et al.*, 2020).

En nuestro estudio las *vacas de baja producción* presentaron una intensidad media de emisión de $48,65 \pm 11$ kg CO₂eq por kg proteína año⁻¹ y $1,63 \pm 0,37$ kg CO₂eq por kg LCGP año⁻¹. Destacándose, las regiones *Cundiboyacense* y *Selvas Tropicales e Islas*, con la mayor y menor intensidad respectivamente. Los resultados del estudio en términos de CO₂eq por Kg de LCGP, son más bajos de los reportados por González *et al.*, (2020a) en el análisis de huella de carbono de los sistemas doble propósito en Colombia (2,1 a 4,2 kg CO₂eq por kg LCGP), para todas las regiones ganaderas a excepción de *Selvas Tropicales e Islas* (2,37 kg CO₂eq por kg LCGP). Mientras que los valores por unidad de proteína son similares a los informados por Rivera *et al.*, (2016) para los sistemas silvopastoriles de producción de leche en el trópico bajo (47,3 kg CO₂eq por kg de proteína año⁻¹). Sin embargo, estos estudios involucran un análisis holístico de las emisiones de la cuna a la puerta de la finca, disímiles metodológicamente, por consiguiente, las comparaciones deberían contemplar tan sólo las emisiones relacionadas con el animal dentro de la finca. Rivera *et al.*, (2014) encontraron que las emisiones dentro del sistema representaban el 66% con relación a las emisiones totales.

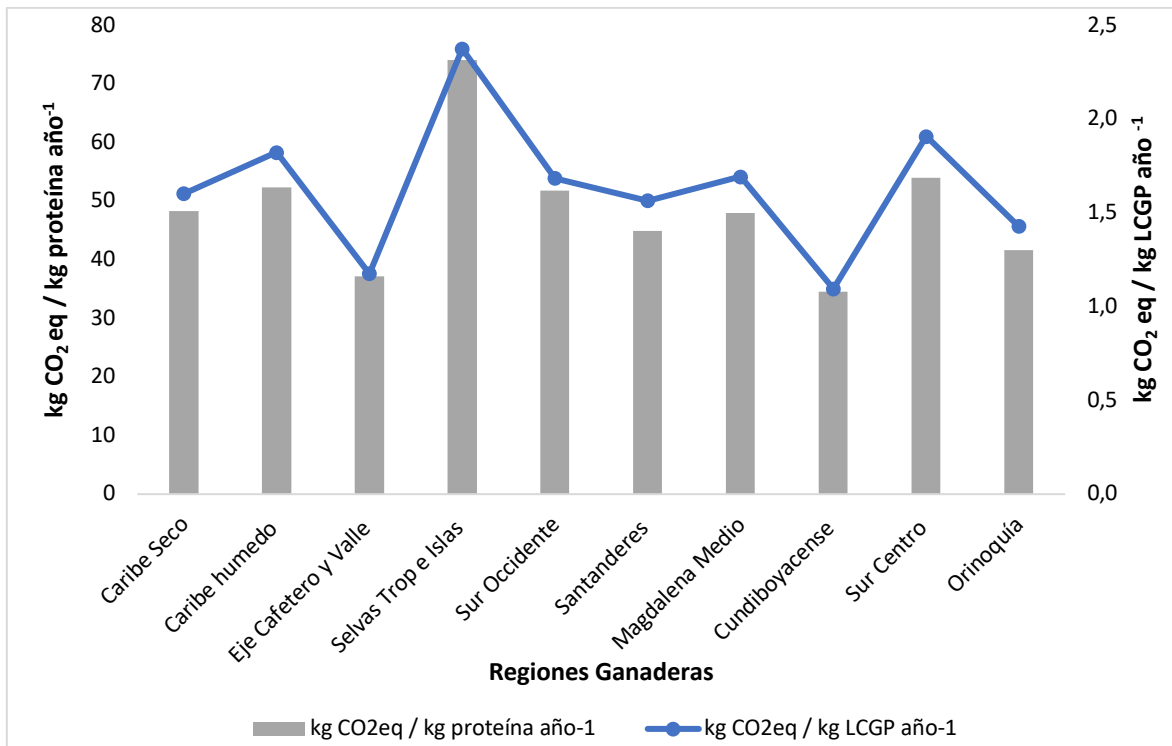


Figura 2. Emisiones por unidad de producto para Vacas de Baja Producción

La variabilidad en los promedios de producción de leche de todas las regiones ganaderas, obedece a diferencias en las condiciones agroecológicas (clima, precipitación, fertilidad del suelo) y las prácticas de manejo de los sistemas. La producción de leche, factor de dilución de las emisiones de GEI, muestra una correlación negativa entre la intensidad de la emisión y la productividad animal. Debido a este efecto, las regiones *Cundiboyacense* y *Eje Cafetero y Valle del Cauca*, que tienen las mayores producciones de leche (2036 y 2001 kg LCGP año⁻¹, respectivamente) presentan una reducción en la intensidad de la emisión del 31% respecto a las demás regiones.

Intensidad de emisión por unidades de producto para el ganado bovino vacas para producción de carne

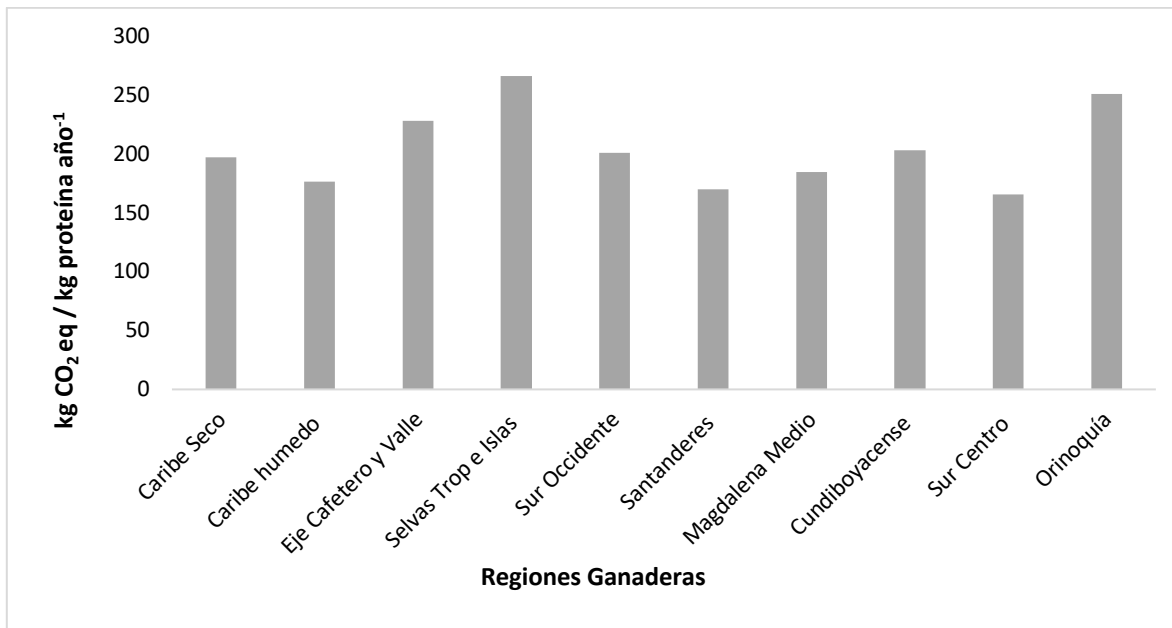


Figura 3. Emisiones por unidad de producto Vacas para Producción de Carne

La categoría bovina *vacas para producción de carne* corresponde a las madres del ganado de cría, las cuales se encuentran en sistemas ganaderos de pastoreo extensivo tradicional o mejorado, donde los animales pastorean en grandes parcelas, con bajas tasas de carga animal y son alimentadas con dietas que incluyen especies forrajeras nativas, lo que conduce a una baja productividad animal (González *et al.*, 2020b).

La intensidad media de emisión por kg de proteína para las *vacas para producción de carne* fue de $204,83 \pm 34,23$ kg CO₂eq por kg de proteína año⁻¹, siendo las regiones *Sur Centro* y *Santanderes* las más eficientes en función a las emisiones (165,79 y 170,32 kg CO₂eq por kg de proteína año⁻¹, respectivamente). Estas regiones se caracterizan por tener porcentajes de natalidad superiores a la media del grupo (8,8%), por consiguiente, una mayor producción de proteína por animal al año 12,5 kg en promedio para las dos regiones.

Es de resaltar que la producción de leche promedio de las vacas para producción de carne es menor a la generada por los sistemas de lechería especializada o doble propósito, ya que estos sistemas no producen leche como su producto principal. Además, la alimentación en sistemas extensivos se basa en pastos de baja calidad, por lo que las ganancias de peso de los terneros son inferiores a las obtenidas en los sistemas de ganadería de engorde (Cerri *et al.*, 2016).

En Colombia los sistemas de *vacas para producción de carne* y sus terneros han sido evaluados para 13 departamentos y las emisiones han sido reportadas por kg de LCGP y kg de GPV, ya que, si bien la carne es el producto principal algunos ganaderos ordeñan las vacas generando leche como coproducto (González *et al.*, 2021). Los valores obtenidos en este estudio varían entre 1,9 y 2,5 kg LCGP año⁻¹ y 10,3 y 15,6 kg GPV año⁻¹. Mediante un análisis de componentes principales los autores identificaron la correlación negativa entre la producción de leche (kg LCGP vaca año⁻¹) y carne (kg GPV animal año⁻¹), sugiriendo que el

aumento de la producción de leche por vaca y en la GPV por animal reducirá las emisiones de estos sistemas.

La investigación descrita por Ramírez *et al.*, (2019) tuvo como objetivo cuantificar el rendimiento animal y diferencias en las emisiones de GEI de las *vacas para producción de carne* en las sabanas nativas de la Orinoquía Colombiana, bajo dos sistemas de destete convencional y temprano. Los índices promedio de intensidad de las emisiones por kg CO₂eq por kg ternero nacido⁻¹ fueron mayores en el sistema convencional 16,46 ± 0,190 que en el destete temprano 3,46 ± 0,182 asociadas con las diferentes duraciones de lactancia y los pesos vivos de los terneros al destete.

Intensidad de emisión por unidades de producto para Ganado Bovino Terneros Predestetos

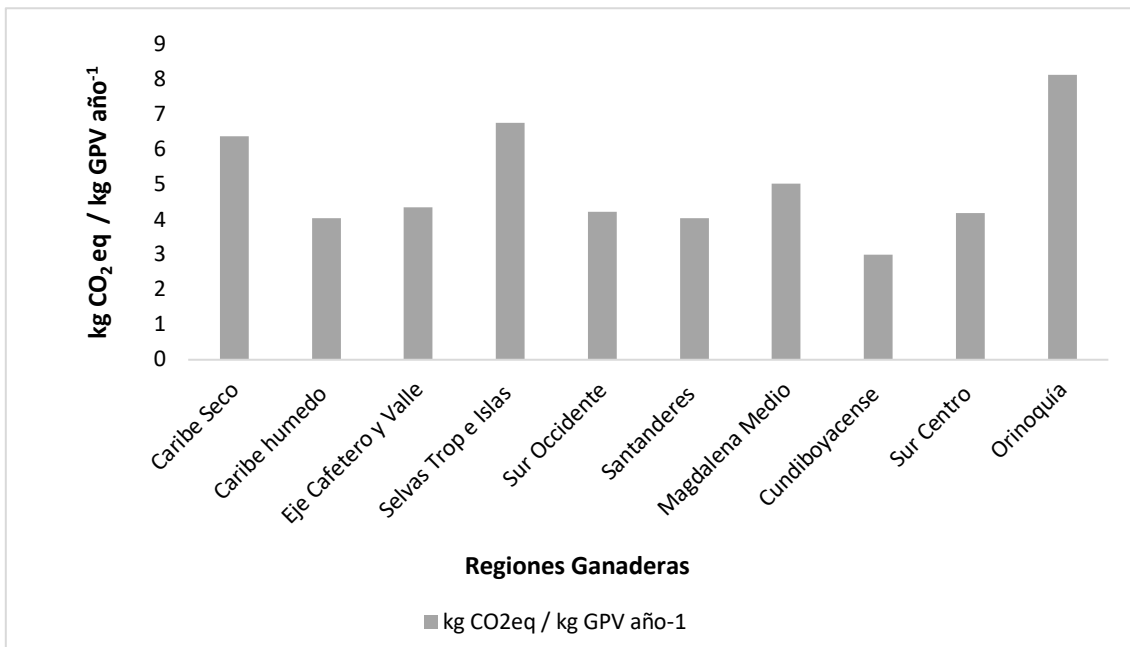


Figura 4. Emisiones por unidad de producto para Terneros Predestetos

La categoría *Terneros predestetos* hace referencia a los animales jóvenes que consumen leche como su alimento principal o exclusivo. En esta etapa fisiológica se enfatiza en el crecimiento óseo y muscular del animal, a través de un manejo nutricional donde se prioriza la conversión del alimento en ganancia de peso vivo (Di Marco O. 2007).

Se encontró que la categoría ganado bovino *terneros pre destetos* tuvo una intensidad de emisión por kg de GPV de 5,02 ± 1,58 kg CO₂eq animal año⁻¹. Tras el análisis, la región *Cundiboyacense* mostró la menor intensidad de emisión respecto a la media (40%), siendo a su vez la más eficiente en la GPV de los animales (0,53 kg GPV animal día⁻¹). En contraste, la región *Orinoquia* presentó la más alta intensidad (8,13 kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹) con el más bajo indicador productivo (0,20 kg GPV animal día⁻¹). Noguera *et al.*, (2012) detalla la

correlación significativa del peso al nacimiento, con el peso al destete y el crecimiento pre o post destete, considerando que el peso al nacimiento, es uno de los principales criterios para el mejoramiento genético, expresado posteriormente en eficiencia productiva.

Cabe señalar que las regiones *Eje Cafetero* y *Valle del Cauca* y *Magdalena Medio* presentan una alta emisión de GEI total (635,4 y 642,46 kg CO₂eq animal año⁻¹, respectivamente), pero al tener valores de GPV de 0,4 y 0,35 kg animal día⁻¹ proporcionalmente, sus intensidades de emisiones por unidad de producto producido son más eficiente respecto a las demás regiones.

En nuestro país es escasa la información sobre la intensidad de las emisiones de GEI del ganado de cría o predestetos. Sin embargo, el resumen presentado por González *et al.*, (2018) en la conferencia anual interdisciplinaria sobre investigación en agricultura tropical y subtropical, gestión de recursos naturales y desarrollo rural (TROPENTAG) describe las emisiones de los sistemas de cría de ganado para grupos de muy pequeños, pequeños, medianos y grandes ganaderos de 13 departamentos de Colombia. Las emisiones en este estudio fueron menores en las fincas de medianos y pequeños criadores (21,8 y 29,0 kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹, respectivamente), mientras que los muy pequeños y grandes (52, 2 y 37,3 kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹, respectivamente) tuvieron las mayores huellas de carbono. Las mayores emisiones de los muy pequeños criadores se relacionaron con menores GPV. Las fincas con mayor población de ganado tuvieron la mayor GPV.

Los resultados del presente estudio en términos de intensidades de emisión de CO₂eq por Kg de GPV, se encuentran cercanas a los valores reportados en el estudio de desarrollo del sector cárnico vacuno de bajas emisiones en la Argentina para sistemas de recría y engorde en zonas agroecológicas Templada, Árida y Subtropical (7,2, 9,6 y 7,1 kg CO₂eq por kg de GPV año⁻¹, respectivamente) (FAO and NZAGRC, 2017). Donde se identificó que en los sistemas de recría y engorde los períodos son largos e ineficientes, debido a que los forrajes suministrados provienen de pasturas naturales sin gestionar, dando como resultado bajas tasas de crecimiento de los animales; en consecuencia, se requiere más tiempo para alcanzar el peso esperado. Esta investigación concluye, que lograr tasas más altas de crecimiento (GPV día⁻¹) permite alcanzar un peso final superior o una edad menor de terminación y, por ende, una mayor producción de carne y menos emisiones en relación con el tiempo que el animal permanece en la finca.

Intensidad de emisión por unidades de producto para Ganado Bovino Ganado Terneras de Reemplazo

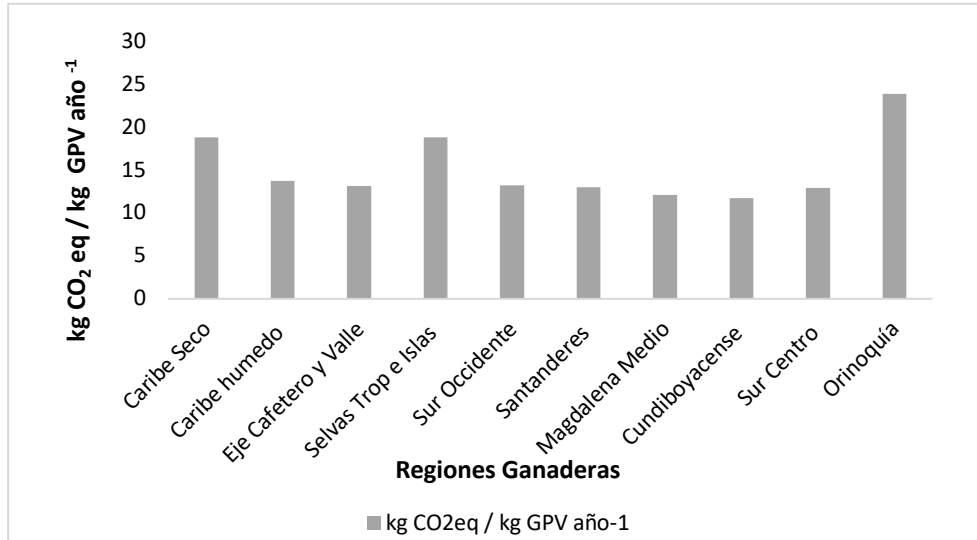


Figura 5. Emisiones por unidad de producto para Terneras de Reemplazo

En el presente estudio, la categoría *terneras de reemplazo* tuvo una intensidad media de emisiones de $15,14 \pm 3,99$ kg CO₂eq por kg GPV animal año⁻¹, destacándose las regiones *Cundiboyacense* y *Magdalena Medio* con una mayor eficiencia en función a las emisiones (11,76 y 12,08 kg CO₂eq por kg de GPV año⁻¹, respectivamente), explicado a partir de la GPV superior a la media del grupo (25,3%). Este parámetro tiene un impacto directo sobre otros indicadores productivos como la edad y peso al primer servicio, condición corporal y edad al primer parto. Es de destacar que el éxito de los sistemas ganaderos y su continuidad en el tiempo dependen en gran medida del programa de crianza de las novillas que reemplazarán a las vacas adultas (Guerrero B. 2016), siendo su objetivo el inicio de la primera gestación a los 15 o 16 meses cuando la novilla alcance el 60% del peso adulto y un primer parto entre los 24 y 26 meses de edad (Benavides *et al.*, 2019).

Guerrero (2016) sugiere que el aumento en la GPV (entre 0,5 y 0,7 kg día⁻¹), impactará en el desarrollo productivo y reproductivo de las hembras de reemplazo, alcanzando servicios precoces y propiciando un aumento en la eficiencia productiva. Lo cual sugeriría una reducción en las emisiones de estos sistemas.

Las regiones *Eje Cafetero y Valle del Cauca* y *Magdalena Medio* mostraron las mayores emisiones totales de GEI (6,5% por encima de la media) y GPV (0,4 y 0,44 kg animal día⁻¹, correspondientemente). En contraste, la región de la *Orinoquia* tuvo una intensidad de

emisión por kg de GPV 57,8% por encima de la media (23,9 kg CO₂eq por kg de GPV año⁻¹).

El análisis de huella de carbono para ganado vacuno desarrollado por BieĔkowski *et al.*, (2018), tomando como unidad funcional 1 kg GPV para novillas reproductoras (0 - 28 meses), reporta un total de 34,3 kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹. Mientras Samsonstuen *et al.*, (2020) informa intensidades de emisión entre 22,5 y 45,2 kg CO₂eq por kg de peso en canal animal año⁻¹, para la variabilidad en la intensidad de emisiones gases de efecto invernadero en sistemas semi intensivo de producción de carne, donde las emisiones son influenciadas por la materia seca consumida por novillas desde el nacimiento hasta el parto, el consumo a su vez, esta afectado por la composición de la dieta y los requerimientos para el crecimiento.

La fermentación entérica en la categoría de *terneras de reemplazo* para nuestro análisis representó en promedio el 93,1% de las emisiones de GEI totales. El estudio realizado por Herranz *et al.*, (2018) de la cuantificación de emisión de CH₄ por fermentación entérica, para la categoría de novillas (8-24 meses) en el departamento del Meta, mostro valores de 1288 kg CO₂eq animal año⁻¹, empleando la metodología IPCC TIER 2. Datos que corrobora Zuñiga (2016), en la estimación de emisiones a partir de la subdivisión de animales en 2 categorías (novillas después del primer año de vida y vaquillas diagnosticadas como preñadas) con valores de 1057 y 1312 kg CO₂eq animal año⁻¹. Estos reportes son inferiores al promedio de las emisiones de CH₄ encontrados en el presente estudio (1687 kg CO₂eq animal año⁻¹).

Intensidad de emisión por unidades de producto para Ganado Bovino Ganado de Engorde

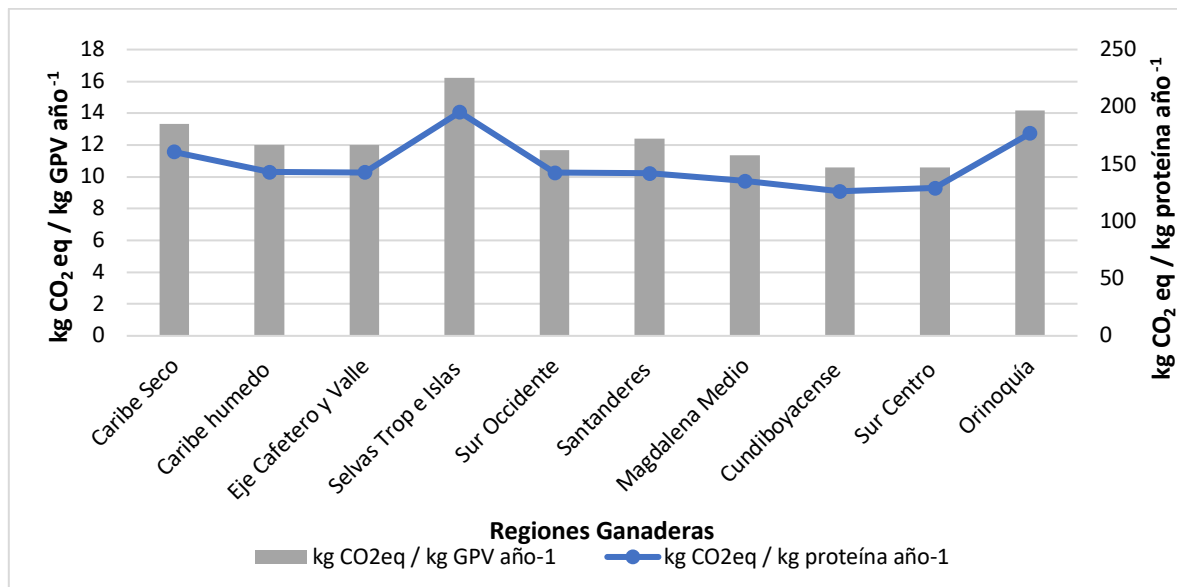


Figura 6. Emisiones por unidad de producto para Ganado de Engorde

La producción de carne en Colombia representa aproximadamente el 43% de la población bovina nacional (DANE, 2019), es una actividad generalizada y desarrollada prácticamente en todo el territorio. En nuestro estudio el *ganado de engorde* mostró una intensidad media de emisiones de $149,3 \pm 21,93$ kg CO₂eq por kg proteína año⁻¹ y $12,43 \pm 1,74$ kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹, donde las regiones de *Magdalena Medio*, *Sur Centro* y *Cundiboyacense* fueron las más eficientes, con una intensidad de emisión menor (17,3%) con relación a la media de las demás regiones ganaderas para las dos unidades funcionales estimadas. El parámetro GPV para estas 3 regiones se encuentra en un rango de 0,4 a 0,5 kg GPV día⁻¹, siendo un 18,7% superior a la media. Esto obedece a que la producción ganadera en estas regiones se basa principalmente en sistemas semi intensivos e intensivos, caracterizados por prácticas de gestión eficientes como mejoramiento genético, pasturas mejoradas y suplementación nutricional, derivando en mayores pesos al nacimiento, mejores GPV y menores edades al sacrificio.

Para el presente análisis se encontró que las emisiones por unidades de producto para la ganadería de engorde en la región de la Orinoquia estuvieron dentro del tercio superior (176,91 y 14,17 kg CO₂eq por kg de proteína y GVP, respectivamente). Esto obedece a que en la región de la Orinoquia han predominado los sistemas de ganadería extensiva de cría y levante manejados con pasturas de baja calidad nutricional (vegetación de sabana). La región presenta limitaciones para los usos agrícolas intensivos debido principalmente a los escasos niveles de fertilidad en los suelos, pobreza en materia orgánica y elevada acidez (Galvis *et al.*, 2008; Rippstein *et al.*, 2001).

Dyer *et al.*, (2010) muestran en el análisis de intensidad de emisión de GEI basada en proteína para la carne bovina en Canadá, emisiones entre regiones de 115,8 y 137,5 kg CO₂eq por kg proteína año⁻¹. Estas emisiones por unidad de producto son menores a las encontradas en el presente documento, en parte, porque los factores de conversión utilizados para el estudio de Canadá (% rendimiento canal, % rendimiento en carne, % rendimiento magro y % proteína) son mayores a los reportados para Colombia, en consecuencia, su producción de proteína es más alta y la intensidad de la emisión más baja.

En Latinoamérica las emisiones de los sistemas ganaderos orientados a la producción de carne, varían entre 11,0 y 42,6 kg CO₂eq por kg peso vivo (Becoña *et al.*, 2014; Dick *et al.*, 2015a; Siqueira *et al.*, 2016). Colombia presenta indicadores y parámetros productivos ineficientes para la ceba y producción de carne, frente a otros países de América Latina y Europa. Parámetros como la natalidad, GPV, peso al sacrificio, edad al sacrificio y rendimiento en canal reflejan la baja eficiencia de los sistemas productivos, lo cual impacta negativamente con una alta emisión de GEI (FEDEGAN, 2014). Valores encontrados por González *et al.*, (2021) en el estudio de huella de carbono del *ganado de engorde* en Colombia, muestran emisiones entre 9,9 y 19,9 kg CO₂eq por kg GPV⁻¹ para 3 agrupamientos de fincas, las huellas de carbono en 2 de los 3 conglomerados fueron más bajas que las reportadas para los sistemas de engorde en Brasil (Dick *et al.*, 2015b; Ruviano *et al.*, 2015). Los autores concluyen que las menores emisiones de GEI por kg de producto probablemente se deben a una mejor calidad de los pastos, mayor oferta de forraje, mayor productividad y menor uso de insumos.

Los estudios sobre intensidad de emisiones (kg CO₂eq por GPV y kg CO₂eq por kg proteína) sugieren que un aumento en la productividad asociado a mejores GPV, menores edades y mayores pesos al sacrificio, podría reducir las emisiones por unidad de producto (González *et al.*, 2020). Investigaciones en Argentina, indican huellas de carbono para sistemas de producción de carne semiconfinados de 19,6 kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹ (Nieto *et al.*, 2018), mientras que en sistemas extensivos e intensivos de Brasil se reportan emisiones de 9,16 y 22,52 y kg CO₂eq por kg GPV año⁻¹ respectivamente (Dick *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El análisis de la intensidad de emisión está propuesto para contribuir a una mayor comprensión de las emisiones generadas por unidad de producto en los diferentes sistemas de producción bovina.

Los sistemas productivos bovinos de carne y leche tienen mayores intensidades de emisión (kg CO₂eq por kg de proteína animal año), en regiones caracterizadas por una baja productividad.

El uso e implementación de unidades funcionales para cálculo de intensidad de emisiones CO₂eq para la ganadería bovina colombiana, permitió realizar comparaciones entre las regiones ganaderas y los diferentes grupos etarios analizados. Existe una gran necesidad de mejorar los métodos para medir, informar y reportar las reducciones de emisiones en el sector ganadero, ya que estos pueden incorporar cambios en la productividad animal, permitir cambios en la intensidad de las emisiones para ser mejor cuantificados. Su uso resulta clave para el país, ya que esta información permite tener un punto de partida para construir estrategias que contribuyan al monitoreo reporte y verificación (MRV) y hagan frente a la reducción de los GEI.

Para reducir la intensidad de las emisiones generadas por las *vacas de alta producción* en los sistemas de lechería especializada del país, es necesaria la adopción de un conjunto de prácticas de manejo en finca (BPG), orientadas a alcanzar productividades animales por encima de los 4000 kg LCGP por vaca al año⁻¹.

La variabilidad en los promedios de producción de leche de todas las regiones ganaderas, obedece a diferencias en las condiciones agroecológicas (clima, precipitación, fertilidad del suelo) y las prácticas de manejo de los sistemas. La producción de leche, factor de dilución de las emisiones de GEI, muestra una correlación negativa entre la intensidad de la emisión y la productividad animal. Debido a este efecto, las regiones *Cundiboyacense* y *Eje Cafetero* y *Valle del Cauca*, que tienen las mayores producciones de leche, presentan una reducción en la intensidad de la emisión del 31% respecto a las demás regiones.

Mejorar la productividad animal incluyendo áreas de: alimentación, reproducción, salud, genética entre otros, particularmente en las regiones del país en donde las emisiones son altas por unidad funcional obtenida (*Orinoquia, Selvas Tropicales e Islas*), permitirá un aumento

en la eficiencia productiva, y reducción en la intensidad de emisiones kg CO₂eq por kg proteína animal⁻¹, u otra unidad funcional que se utilice.

Se hace necesario y evidente que el sector ganadero bovino del país establezca y acelere sus esfuerzos para continuar mejorando la eficiencia de su producción, lo cual se verá reflejado en la reducción de la intensidad de emisiones CO₂eq; sobre todo en las regiones con bajos índices productivos.

En términos generales, las regiones ganaderas *Orinoquía* y *Selvas Tropicales e Islas*; mostraron las más altas emisiones de CO₂eq para las categorías *Ternerías de remplazo*, *Ganado de engorde*, *Terneros pre-destetos*; atribuidas a los bajos parámetros e indicadores zootécnicos, y uso de sistemas extensivos para la ganadería bovina.

Anteriormente en el inventario nacional de gases de efecto invernadero de Colombia, no se había hallado la intensidad de emisiones por unidad de producto para la ganadería colombiana, por lo tanto, el presente estudio reúne información reportada por primera vez que asegura la completitud de las emisiones del país.

REFERENCIAS

Hristov, A., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., ... Oosting, S. (2013). *Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production*. (P. Gerber, B. Henderson, y P. Harinder, Eds.). Rome, Italy: FAO Animal Production and Health Paper.

Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B., y Steinfeld, H. (2010). *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A life cycle assessment*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>

FAO. (2021). Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM). Resultados. Consultado en: <http://www.fao.org/gleam/results/es/>

Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Steinfeld, H. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

FAO and GDP. (2018). Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome. 36 pp. Licence: CC BY-NC-SA- 3.0 IGO

FAO. (2020). Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets – November 2020. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1993en>

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

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2018. Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

Rivera, J., Arenas, F., Rivera, R., Benavides, L., Sánchez, J., y Barahona, R. (2014). Análisis de ciclo de vida en la producción de leche: comparación de dos hatos de lechería especializada. Livestock

Research for Rural Development, 26, 1–9. Consultado en: <http://www.lrrd.org/lrrd26/6/rive26112.htm>

González R., Bolívar D., Chirinda N., ... Sánchez M. (2021). Environmental impact of primary beef production chain in Colombia: Carbon footprint, non-renewable energy and land use using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 773 (2021) 145573. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145573>

Cerri C., Moreira C., Alves P., ... Cerri C., (2016). Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. *J. Clean. Prod.* 112, 2593–2600. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.10.072>.

Abreu J., de Lima M., Queiroz M., ... Berchielli T. (2004). Inventory improvements for methane emissions from ruminants in Brazil. Report No. 8. Jaguariúna, SP, Br, Brazilian Agricultural Research Corporation- Embrapa. 15p

Johnson K., Johnson D. (1995). Methane emissions from cattle. *J Anim Sci.* 73, 2483-2492

Arias J., Balcázar A., & Hurtado R. (1990). Sistemas de producción bovina en Colombia. *Revista Coyuntura agropecuaria* 6(4): 83-105 CEGA.

González R., Barahona R., Bolívar M., ... Sánchez M. (2020a). Technical and environmental characterization of dual-purpose cattle farms and ways of improving production: A case study in Colombia. *Pastoralism: Research, Policy and Practice* (2020) 10:19. <https://doi.org/10.1186/s13570-020-00170-5>

González R., Sánchez M., Bolívar D.M., ... Barahona R., (2020b). Technical and environmental characterization of Colombian beef cattle-fattening farms, with a focus on farm size and ways of improving production. *Outlook Agric.* 49, 153–162. <https://doi.org/10.1177/0030727019884336>.

González R., Bolívar D., Chirinda N., Arango J., Pantevez H., Barahona R., Sánchez., M., (2021). Environmental impact of primary beef production chain in Colombia: Carbon footprint, non-renewable energy and land use using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment* 773 (2021) 145573. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145573>

González R., Sánchez., M., Bolívar D., ... Barahona R. (2018). Carbon Footprint (CF) in Breeding Cattle Systems in Colombia. *Global food security and food safety: The role of universities.* Tropentag, September 17 – 19, 2018, Ghent. Consultado en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/93375/Carbon%20Footprint%20%28CF%29%20in%20Breeding%20Cattle%20Systems%20in%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González R., Kristensen T., Sánchez., M., ... Knudsen T. (2020). Carbon footprint, non-renewable energy and land use of dual-purpose cattle systems in Colombia using a life cycle assessment approach. *Livestock Science.* <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104330>

Ramírez C., Vera R., Rao I. (2019). Dynamics of animal performance, and estimation of carbon footprint of two breeding herds grazing native neotropical savannas in eastern Colombia. *Agriculture,*

ecosystem & environment. Volume 281, September 2019, pages 35 -46.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.004>

Gómez E., Darghan A., Cárdenas E., Carulla J. (2018). Impacto de las prácticas de manejo sobre la huella de carbono de la leche en los sistemas de producción bovina de la provincia de Ubaté. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Consultado en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63684/ErikaL.G%C3%B3mezPalencia.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivera J., Chará J., Murgueitio E., Barahona R. (2015). Estimación de la huella de carbono en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales para la producción de leche bovina en Colombia. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Puerto Iguazú, Argentina. Volumen: Pablo L. Peri, Editor. 1ª Ed. Santa Cruz. Ediciones INTA, 2015. ISBN 978-987-521-611-2. pp 606 – 610

Rivera J., Chará J., Murgueitio E., Barahona R. (2016). Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19 (2016): 237 – 251

Gavrilova O., Leip A., Dong H., ... Widiawati Y., (2019). Emissions from livestock and manure management. 2019 Refinement to the 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, forestry and other land use. v. 4. cap. 10. IPCC, Geneva.

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

PROCOLOMBIA. (2018). Aliado estratégico del sector lácteos. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. Consultado en: <https://www.idhsustainabletrade.com/uploaded/2018/02/ProColombia-Perfil-1%C3%A1lcteos-2018.pdf>

DANE. (2021). Encuesta de sacrificio de ganado. Censo Sacrificio de ganado total nacional y departamental - vacunos, porcinos, y otras especies enero - febrero 2021. Consultado en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-sacrificio-de-ganado>

Riaño A., Sierra C. (2007). Evaluación del comportamiento de los rendimientos en canal carne, hueso y grasa de los cruces comerciales bovinos participantes en los concursos de ganado cebado realizados en Colombia. Consultado en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/96>

ICBF y Universidad Nacional de Colombia. (2018). Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC). Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. 1ra edición, noviembre de 2018. ISBN 978-958-623-199-1. Consultado en: https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf

FEDEGAN. (2012). Carta FEDEGAN. Federación Colombiana de Ganaderos. Marzo - Abril de 2012. N° 129. ISSN - 0123-2312. Consultado en: <https://www.fedegan.org.co/carta-fedegan-129-alimentacion-elemento-clave-en-la-cria>

IDF. (2015). A common carbon footprint approach for the dairy sector - The IDF guide to standard life cycle assessment methodology. Bulletin of the International Dairy Federation 479/2015. Brussels, Belgium.

Dick M., da Silva, M., Dewes H., 2015a. Mitigation of environmental impacts of beef Cattle production in southern Brazil—evaluation using farm-based life cycle assessment. *J. Clean. Prod.* 87, 58 – 67

Dick M., da Silva M., Dewes H., 2015b. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *J. Clean. Prod.* 96, 426 – 434.

Becoña G., Astigarraga L., Picasso V., 2014. Greenhouse gas emissions of beef cow-calf grazing systems in Uruguay. *Sustain. Agric. Res.* 3, 89. <https://doi.org/10.5539/sar.v3n2p89>.

Ruviaro C., de Léis C., Lampert V., Jardim-Barcellos, J., Dewes, H., 2015. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *J. Clean. Prod.* 96, 435–443.

Noguera E., Abreu O., & Azocar R. (2012). Peso al nacer de becerros mestizos doble propósito en bosque húmedo tropical. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 12(3). Recuperado a partir de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/articulo/view/26039>

DANE. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Consultado en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>

FAO & New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. (2017). Low-emissions development of the beef cattle sector in Argentina - Reducing enteric methane for food security and livelihoods. Rome. 39 pp. Consultado en: <http://www.fao.org/3/i7671e/i7671e.pdf>

FEDEGAN. (2014). Bases para la formulación del plan de acción 2014 – 2018 para el mejoramiento de la ganadería del departamento de Córdoba. Bucaramanga, Santander: Fondo Nacional del Ganado.

Galvis J., Amézquita E., Madero E. (2007). Evaluación del efecto de la intensidad de labranza en la formación de costra superficial de un oxisol de sabana en los Llanos Orientales de Colombia: II Caracterización física en superficie. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia, Cali: Universidad de los Llanos. *Acta Agronómica*. Vol. 56 No. 4 Palmira Oct./Dec. 2007.

Dyer J., Vergé X., Desjardins R., Worth E. (2010). The Protein-based GHG Emission Intensity for Livestock Products in Canada. Canada: *Journal of Sustainable Agriculture*. Taylor & Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1080/10440046.2010.493376>

Di Marco O. (2007). Conceptos de crecimiento aplicados a la producción de carne. Argentina: Unidad Integrada Balcarce (INTA-FCA Balcarce). Consultado en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/85-crecimiento_produccion.pdf

Nieto M., Barrantes O., Provitello L., Ramón R. (2018). Greenhouse Gas Emissions from Beef Grazing Systems in Semi-Arid Rangelands of Central Argentina. *Argentina: Sustainability* 2018, 10, 4228; doi:10.3390/su10114228.

Rippstein G., Escobar G., Motta F. (2001). Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Publicación CIAT No.322. ISBN 958-694-033-0

Siqueira T., Duru M. (2016). Economics and environmental performance issues of a typical Amazonian beef farm: A case study. *Journal of Cleaner Production*. Volume 112, Part 4, 20 January 2016, Pages 2485-2494. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.032>

Guerrero B. (2016). Nota de prensa. Federación Colombiana de Ganaderos. Aspectos importantes en el manejo de terneras de reemplazo. Consultado en: <https://www.fedegan.org.co/noticias/aspectos-importantes-en-el-manejo-de-terneras-de-reemplazo>

Benavides J., Avellaneda Y., Buitrago C., Castro E., Castillo J., Rendón C., ... Vela J. (2019). Guías de mejores prácticas en sistemas de producción de leche con base en pasturas para el trópico alto colombiano. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia) y The Agribusiness Group

BieĔkowski J., Holka M., Dąbrowicz R., Jankowiak J. (2018). Carbon Footprint of Beef Cattle in a Conventional Production System: a Case Study of a Large-Area Farming Enterprise in the Wielkopolska Region. *Scientific Journal Warsaw University of Life Sciences – SGGW: Institute for Agricultural and Forest Environment of Polish Academy of Sciences in Poznan*. <https://doi.org/10.22630/PRS.2018.18.3.63>

Samsonstuen S., Bente A., Crosson P., Beauchemin K., Wetlesen M., Bonesmo H., Aass L. (2020). Variability in greenhouse gas emission intensity of semi-intensive suckler cow beef production systems. *Livestock Science*. Volume 239, September 2020, 10409. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104091>

Herranz C., Riveros C., (2018). Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica del ganado bovino en la hacienda Guatiquila ubicada en la vereda Veracruz, Cumaral Meta. Universidad Santo Tomas. Consultado en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15643/2019carolinaherranz.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Zúñiga N. (2016). Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano. Universidad Autónoma del Estado de México. Consultado en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/59202>

ANEXOS

Tabla 2. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Caribe Seco

Región Caribe Seco						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	62.73	72.03	16.78	57.08	56.44
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.62	0.74	0.18	0.51	0.50
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.067	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.42	0.43	0.13	0.27	0.29
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escorrimento) año ⁻¹	0.19	0.19	0.06	0.12	0.13
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.014	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	1957	2202	524	1715	1705

Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			30		
Ganancia de peso	kg día			0.23	0.25	0.35
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1220	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1222				
Proteína carne	%			22		22
Proteína leche	%	3.32	3.2			
Grasa leche	%	4.0				
Natalidad	%		55			
Rendimiento en canal	%			48.7		52.5
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.3			10.6
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	40.5	9.9			

Tabla 3. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Caribe Húmedo

Región Caribe Húmedo						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	68.13	66.1	15.46	58.37	54.89
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.71	0.62	0.17	0.49	0.44
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.070	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.44	0.45	0.13	0.28	0.30
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escorrimento) año ⁻¹	0.19	0.20	0.06	0.13	0.13
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.015	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2117	2039	487	1757	1663

Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			30		
Ganancia de peso	kg día			0.33	0.35	0.38
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1220	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1162				
Proteína carne	%			22.0		22.0
Proteína leche	%	3.32	3.32			
Grasa leche	%	3.6				
Natalidad	%		55			
Rendimiento en canal	%			50.0		52.9
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.3			11.6
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	40.5	10.2			

Tabla 4. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Eje Cafetero y Valle del Cauca

Región Eje Cafetero y Valle del Cauca							
ítem	Unidades	Vacas	Vacas	Vacas	Terneros	Terneras	Ganado
		Alta Producción	Baja Producción	Producción de carne	Pre-destetos	Reemplazo	Engorde
Factores de emisión							
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	83.58	76.1	78.56	20.55	63.79	57.29
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	9.32	0.90	0.78	0.25	0.57	0.53
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0	0.073	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.54	0.46	0.47	0.14	0.31	0.34
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurrimiento) año ⁻¹	0.24	0.20	0.21	0.06	0.14	0.15

N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.029	0.015	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2815	2354	2401	635	1921	1749
Parámetros productivos							
Ajuste anual	días	305	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo				31		
Ganancia de peso	kg día				0.40	0.40	0.40
Producción leche	kg leche año ⁻¹	4270	2135	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	3846	2002				
Proteína carne	%				22		22
Proteína leche	%	2.97	2.97	2.97			
Grasa leche	%	3.4	3.7				
Natalidad	%			55			
Rendimiento en canal	%					50.0	53.0
Rendimiento en carne	%					80.0	80.0
Rendimiento magro	%					90.0	90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹			1.4			12.3
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	126.8	63.4	9.2			

Tabla 5. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Selvas Tropicales e Islas

Región Selvas Tropicales e Islas						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	60.26	66.78	17.86	57.08	49.1
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.57	0.66	0.20	0.52	0.40
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.063	0	0	0	0

N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.40	0.40	0.13	0.27	0.25
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escorrimento) año ⁻¹	0.18	0.18	0.06	0.12	0.11
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.013	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	1877	2042	556	1716	1481
Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	280	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			30		
Ganancia de peso	kg día			0.23	0.25	0.25
Producción leche	kg leche año ⁻¹	840	420			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	791				
Proteína carne	%			22		22
Proteína leche	%	3.02	3.02			
Grasa leche	%	3.7				
Natalidad	%		51			
Rendimiento en canal	%			48.7		52.5
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.2			7.6
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	25.4	6.5			

Tabla 6. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Sur Occidente

Región Sur Occidente							
ítem	Unidades	Vacas Alta Producción	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión							

CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	79.28	69.00	69.94	16.64	59.34	56.27
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	6.97	0.72	0.64	0.18	0.50	0.45
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0	0.072	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.51	0.45	0.45	0.14	0.29	0.31
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurrimiento) año ⁻¹	0.23	0.20	0.20	0.06	0.13	0.14
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.028	0.015	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2619	2147	2148	524	1788	1706
Parámetros productivos							
Ajuste anual	días	305	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo				31		
Ganancia de peso	kg día				0.34	0.37	0.40
Producción leche	kg leche año ⁻¹	2440	1373	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	2267	1275				
Proteína carne	%				22		22
Proteína leche	%	3.02	3.02	3.02			
Grasa leche	%	3.6	3.6				
Natalidad	%			55			
Rendimiento en canal	%				49.9		51.7
Rendimiento en carne	%				80.0		80.0
Rendimiento magro	%				90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹			1.3			12.0
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	73.7	41.4	9.3			

Tabla 7. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Santanderes

Región Santanderes

ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terberos Pre-destetos	Terberos Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	72.13	69.07	17.53	60.04	56.56
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.79	0.62	0.21	0.54	0.45
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.068	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.43	0.44	0.13	0.27	0.32
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurrimiento) año ⁻¹	0.19	0.19	0.06	0.12	0.14
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.014	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2227	2118	547	1800	1717
Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			27		
Ganancia de peso	kg día			0.37	0.38	0.38
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1495	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1423				
Proteína carne	%			22		22
Proteína leche	%	3.32	3.32			
Grasa leche	%	3.6				
Natalidad	%		60			
Rendimiento en canal	%			49.9		55.1
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.3			12.1
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	49.6	11.2			

Tabla 8. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Magdalena Medio

Región Magdalena Medio						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	62.00	77.00	20.70	64.70	63.30
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.57	0.68	0.22	0.53	0.51
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.070	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.44	0.45	0.15	0.30	0.30
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escorrimento) año ⁻¹	0.19	0.20	0.07	0.13	0.13
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.015	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	1942	2347	642	1940	1903
Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			32		
Ganancia de peso	kg día			0.35	0.44	0.46
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1220	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1147				
Proteína carne	%			22		22
Proteína leche	%	3.32	3.32			
Grasa leche	%	3.5				
Natalidad	%		60			
Rendimiento en canal	%			50.0		52.9
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.5			14.1
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	40.5	11.2			

Tabla 9. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Cundiboyacense

Región Cundiboyacense							
ítem	Unidades	Vacas Alta Producción	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión							
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	82.97	71.29	71.81	18.46	61.11	63.84
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	9.00	0.69	0.69	0.20	0.44	0.47
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.000	0.079	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.55	0.49	0.46	0.15	0.32	0.35
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurreminto) año ⁻¹	0.24	0.22	0.20	0.07	0.14	0.15
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.030	0.017	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2793	2229	2204	579	1845	1934
Parámetros productivos							
Ajuste anual	días	305	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo				35		
Ganancia de peso	kg día				0.53	0.43	0.50
Producción leche	kg leche año ⁻¹	3660	2135	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	3356	2036				
Proteína carne	%				22		22
Proteína leche	%	3.02	3.02	3.02			
Grasa leche	%	3.5	3.8				
Natalidad	%			55			
Rendimiento en canal	%				50.0		53.0
Rendimiento en carne	%				80.0		80.0
Rendimiento magro	%				90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹			1.5			15.3
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	110.5	64.5	9.3			

Tabla 10. Perfil de emisiones y parámetros productivos para la Región Sur Centro

Región Sur Centro						
ítem	Unidades	Vacas Baja Producción	Vacas Producción de carne	Terneros Pre-destetos	Terneras Reemplazo	Ganado Engorde
Factores de emisión						
CH ₄ fermentación entérica	kg CH ₄ animal año ⁻¹	70.63	68.18	18.65	63.03	50.56
CH ₄ gestión de estiércol	kg CH ₄ animal año ⁻¹	0.76	0.61	0.23	0.57	0.45
N ₂ O directo gestión de estiércol	kg N ₂ O animal año ⁻¹	0.069	0	0	0	0
N ₂ O directo orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N aportado) año ⁻¹	0.43	0.44	0.14	0.29	0.31
N ₂ O indirecto orina y estiércol de animales en pastoreo	kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/escurrecimiento) año ⁻¹	0.19	0.19	0.06	0.13	0.14
N ₂ O indirecto gestión de estiércol	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) año ⁻¹	0.015	0	0	0	0
Emisión total	kg CO₂eq animal año⁻¹	2187	2093	582	1892	1548
Parámetros productivos						
Ajuste anual	días	305	280	365	365	365
Peso al nacimiento	kg peso vivo			31		
Ganancia de peso	kg día			0.38	0.40	0.40
Producción leche	kg leche año ⁻¹	1220	560			
Producción LCGP	kg LCGP año ⁻¹	1147				
Proteína carne	%			22		22
Proteína leche	%	3.32	3.32			
Grasa leche	%	3.5				
Natalidad	%		60			
Rendimiento en canal	%			49.9		51.9
Rendimiento en carne	%			80.0		80.0
Rendimiento magro	%			90.0		90.0
Producción de proteína carne	kg proteína carne animal año ⁻¹		1.5			12.0
Producción de proteína leche	kg proteína leche animal año ⁻¹	40.5	11.2			