

**ALTERNATIVAS PARA MITIGAR EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO EN FINCAS GANADERAS LECHERAS ANDINAS DEL
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

HERNÁN DARÍO ZAMORA ZAMORA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
PEREIRA
2013**

**ALTERNATIVAS PARA MITIGAR EMISIONES DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO EN FINCAS GANADERAS LECHERAS ANDINAS DEL
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**HERNÁN DARÍO ZAMORA ZAMORA
Código: 13.069.512
Especialización en Gestión Ambiental Local**

**Informe final presentado como requisito para optar por el título de
Especialista en Gestión Ambiental Local**

**Director
M.Sc. MIGUEL ÁNGEL DOSSMAN GIL**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PEREIRA
2013**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado 1. JUAN CARLOS CAMARGO GARCÍA
Ph.D.

Jurado 2. JUAN MAURICIO CASTAÑO ROJAS.
Mag.

Pereira, 05 de Marzo de 2013.

DEDICATORIA

A Dios; guía de mi vida.

A mis padres Orlando y Enriqueta; por su completo apoyo, sabios consejos y amor incondicional.

A mis hermanos Daniel y Leonardo; por ser las personas que me inspiran a lograr todos mis sueños.

A mi familia; que me brinda su apoyo incondicional en el momento oportuno.

Y a mis profesores; por transferirme sus conocimientos.

HERNÁN D. ZAMORA Z.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica de Pereira por permitirme formar parte de la familia académica que contribuye con el desarrollo de mi región y al programa de la Especialización en Gestión Ambiental Local por brindarme la oportunidad de profundizar en temas de índole mundial.

Agradezco al director, Miguel A. Dossman G. por su colaboración y tiempo brindado que fueron fundamentales para culminar la construcción de este informe y a todos mis profesores por su colaboración y contribución en la ejecución de este trabajo.

A los propietarios de las fincas por su gran disposición, colaboración e invaluable apoyo para la realización de este trabajo.

Y a todos aquellos que directa o indirectamente ayudaron a que esta etapa de mi vida profesional sea cumplida satisfactoriamente.

...Mil gracias.
HERNÁN

CONTENIDO

	Pág
GLOSARIO	14
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
1. RESUMEN DE LA PROPUESTA	19
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.3. JUSTIFICACIÓN	22
1.4. OBJETIVOS	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23
1.5. MARCO TEÓRICO	23
1.5.1. Contexto de estudio	23
1.5.1.1. Cumbal	24
1.5.1.2. Guachucal	25
1.5.2. Marco conceptual	26
1.5.2.1. Efecto Invernadero	26
1.5.2.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)	27
1.5.2.3. Fuentes de Emisión de GEI	27
1.5.2.4. Cambio Climático Global	28
1.5.2.5. Causas del Calentamiento Global	29
1.5.2.6. Emisiones del sector Agropecuario	30
1.5.2.8. Manejo del Estiércol	32
1.5.2.9. Fermentación Entérica	33
1.5.2.10. Efectos de las Emisiones de GEI	34
1.5.2.11. Mitigación	35
1.5.2.12. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)	36
1.5.3. Marco legal	37
1.5.4. Estado del arte	38
1.6. METODOLOGÍA	43
1.6.1. Población y muestra	45
1.6.2. Diseño metodológico	46
1.6.3. Alcances de los objetivos y resultados esperados	47
2. RESULTADOS	48
2.1. TIPOLOGÍA DE LOS MUNICIPIOS DE CUMBAL Y GUACHUCAL	48
2.1.1. Análisis por conglomerados	48
2.1.2. Selección de las fincas	50
2.1.3. Caracterización de las fincas tipo	52
2.2. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN TEÓRICA DE LAS EMISIONES DE GEI PROCEDENTES DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS GANADERAS TIPO	55

2.2.1.	Emisiones de metano (CH ₄)	57
2.2.1.1.	Emisiones de CH ₄ procedentes de la fermentación entérica	59
2.2.1.2.	Emisiones de CH ₄ procedentes del manejo del estiércol	60
2.2.2.	Emisiones de de óxido nitroso (N ₂ O)	61
2.2.2.1.	Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) procedentes del manejo del estiércol	62
2.2.2.2.	Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) procedentes de pérdidas de nitrógeno debido a la volatilización de la gestión del estiércol – indirectas	64
2.2.2.3.	Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) procedentes de suelos agrícolas.	65
2.2.3.	Emisiones por consumo de combustible en transporte terrestre	65
2.3.	ALTERNATIVAS TEÓRICAS DE MITIGACIÓN PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE LOS GEI	70
2.3.1.	Alternativas de mitigación de CH ₄ por fermentación entérica	72
2.3.1.1.	Procesamiento mecánico	72
2.3.1.2.	Conservación de forrajes	74
2.3.1.3.	Suplementos estratégicos	75
2.3.2.	Alternativas de mitigación de CH ₄ y N ₂ O por manejo del estiércol	78
2.3.2.1.	Compostaje	79
2.3.2.2.	Biodigestores	84
2.3.3.	Alternativas de mitigación de CO ₂ , N ₂ O, CO, y NO por combustión	89
3.	CONCLUSIONES	92
4.	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	97

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Fuentes de Metano (millones de ton/año)	34
Cuadro 2. Marco legal	38
Cuadro 3. Nivel internacional	39
Cuadro 4. Nivel nacional	41
Cuadro 5. Nivel regional	42
Cuadro 6. Variables del trabajo	44
Cuadro 7. Población y muestra	45
Cuadro 8. Diseño Metodológico	46
Cuadro 9. Alcances y resultados esperados de los objetivos específicos	47
Cuadro 10. Clasificación de las fincas en los municipios de Cumbal y Guachucal	50
Cuadro 11. Fincas tipo	51
Cuadro 12. Rangos y promedio de las variables para las fincas tipo	51
Cuadro 13. Tipología básica de las fincas ganaderas lecheras del municipio de Cumbal	52
Cuadro 14. Tipología básica de las fincas ganaderas lecheras del municipio de Guachucal	53
Cuadro 15. Categorías y subcategorías de ganado vacuno y ovino	56
Cuadro 16. Ecuaciones empleadas en la estimación de CH ₄	58
Cuadro 17. Descripción de parámetros para la estimación de CH ₄ , del cuadro 22	58
Cuadro 18. Emisiones de metano por fermentación entérica	59
Cuadro 19. Emisiones de metano por manejo del estiércol	60
Cuadro 20. Ecuaciones empleadas en la estimación de N ₂ O	61
Cuadro 21. Descripción de parámetros para la estimación de N ₂ O del cuadro 26	61
Cuadro 22. Emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol	63
Cuadro 23. Emisiones de óxido nitroso por pérdidas de nitrógeno por volatilización del manejo del estiércol	64
Cuadro 24. Emisiones de óxido nitroso por suelos agrícolas	65
Cuadro 25. Ecuaciones empleadas en el consumo de combustible.	66
Cuadro 26. Descripción de parámetros para la estimación del consumo de combustible, del cuadro 25.	67
Cuadro 27. Emisiones de óxido carbónico por combustión	67
Cuadro 28. Emisiones de metano por combustión	68
Cuadro 29. Emisiones de óxido nitroso por combustión	68
Cuadro 30. Emisiones de monóxido de nitrógeno por combustión	68
Cuadro 31. Emisiones de óxido carbonoso por combustión	69
Cuadro 32. Resumen de las emisiones totales por categoría de fincas	71
Cuadro 33. Alternativas para reducir CH ₄ por fermentación entérica	72

Cuadro 34. Ventajas del Ensilaje	75
Cuadro 35. Porcentajes para la preparación de bloques nutricionales	78
Cuadro 36. Alternativas para reducir CH ₄ Y N ₂ O por manejo del estiércol	79
Cuadro 37. Ventajas y condiciones de manejo del proceso de compostaje	80
Cuadro 38. Producción de estiércol	81
Cuadro 39. Cantidades de Carbono Nitrógeno (relación 2:1)	82
Cuadro 40. Volumen para almacenar el estiércol	82
Cuadro 41. Partes generales de un biodigestor	86
Cuadro 42. Ventajas del uso de biodigestores	86
Cuadro 43. Descripción de los materiales para construcción de un Biodigestor	87
Cuadro 44. Tiempo de retención según temperatura	88
Cuadro 45. Alternativas para reducir CO ₂ , N ₂ O, CO, y NO por combustión	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ubicación de los municipios de Cumbal y Guachucal	24
Figura 2. Panorámica del municipio de Cumbal	25
Figura 3. Panorámica del municipio de Guachucal	26
Figura 4. Efecto invernadero	27
Figura 5. Representación del cambio climático	29
Figura 6. Orden jerárquico de la estimación teórica aproximada de GEI	57
Figura 7. Picadora de pastos	74
Figura 8. Bloques Nutricionales	76
Figura 9. Materiales para elaborar bloques nutricionales	77
Figura 10. Diagrama proceso general de elaboración de bloques nutricionales	78
Figura 11. Forma de la pila de compostaje	83
Figura 12. Lombricompost	84
Figura 13. Modelo de un biodigestor	85
Figura 14. Ventajas de implementar cercas vivas	90
Figura 15. Especies vegetales disponibles para cercas vivas	91

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág
Gráfica 1. Dendograma de las categorías de las fincas del municipio de Cumbal	49
Gráfica 2. Dendograma de las categorías de las fincas del municipio de Guachucal	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Base de datos	Pág 106
Anexo B. Análisis de conglomerados	106
Anexo C. Formato encuesta	106
Anexo D. Sistematización datos encuesta	106
Anexo E. Promedios variables de tipología	106
Anexo F. Calculo de emisiones de GEI	106
Anexo G. Resumen de emisiones de las fincas tipo y por categorías	106

GLOSARIO

CAMBIO CLIMÁTICO: Aquel que se atribuye directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica.

COMBUSTIÓN: Reacción química exotérmica en la que una sustancia, denominada combustible, se combina con otra llamada comburente (generalmente oxígeno gaseoso en forma diatómica)

DESARROLLO SOSTENIBLE: Aquel que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

DESNITRIFICACIÓN: Proceso que realizan ciertos microorganismos durante la respiración usando el ion nitrato como receptor de electrones en condiciones anóxicas (ausencia de oxígeno).

DIGESTIBILIDAD: Forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición.

EFEECTO INVERNADERO: Intercambio de energía entre la atmósfera y la superficie de la Tierra, en el cual, algunos de los gases presentes en la atmósfera relativamente transparentes a la radiación solar en el rango visible, absorben la radiación de onda larga saliente de la superficie de la Tierra. Estos gases irradian parte de la energía absorbida al espacio y parte la retornan en dirección a la superficie de la Tierra.

ESTIÉRCOL: Denominación de los excrementos de los animales.

ESTIMACIÓN: Procedimiento utilizado para calcular, a partir de ecuaciones establecidas, cierta magnitud de alguna propiedad que se pueda cuantificar.

EXCRETAS: Proceso biológico por el cual un ser vivo elimina de su organismo las sustancias tóxicas, adquiridas por la alimentación o producidas por su metabolismo.

GASES EFECTO INVERNADERO (GEI): Denominación de los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero.

MINIFUNDIO: Finca rústica de extensión reducida que dificulta su explotación. Se relaciona con el de explotación agraria (parcelas explotadas por el responsable de gestión, sea o no su propietario).

MITIGACIÓN: Reducción de los daños potenciales sobre la vida y los bienes, puede entenderse como un conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos.

NITRIFICACIÓN: Oxidación del ion amonio hasta convertirse en ion nitrato.

ORGANISMO ANAEROBIO: Aquel que no utiliza oxígeno (O₂) en su metabolismo.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC): Organización internacional, conformada por científicos de renombre de varios países, que se encarga de los estudios técnicos, científicos y sociales, asociados al cambio climático.

PASTOREO: Permanencia continúa de los animales en la pastura, lo que lleva en poco tiempo, al sobrepastoreo y por lo tanto a la destrucción de la misma.

POLUCIÓN: Introducción, por causas antrópicas, de determinadas sustancias o de formas de energía que producen efectos adversos para los seres humanos, sus actividades y para el ecosistema.

RUMIANTE: Animal que digiere los alimentos en dos etapas, primero los consume y luego realiza la rumia. Ésta consiste en regurgitar el material semidigerido y volverlo a masticar para deshacerlo y agregarle saliva. Dentro de los rumiantes se incluyen los bovinos, ovinos y caprinos.

SUMIDERO: Sistema o proceso que absorbe de la atmósfera uno o varios gases y contribuye a reducir la cantidad de estos en el aire, almacenándolos en un depósito, como lo son hoy en día los océanos y ciertos medios vegetales.

SOSTENIBILIDAD: Característica o estado, en el cual se puede satisfacer las necesidades y garantizar la seguridad y regeneración de los recursos naturales, humanos, sociales y económicos sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus necesidades.

UNIDAD PRODUCTIVA: Sinónimo utilizado para referirse a una finca de poca extensión (menos de 30 hectáreas).

RESUMEN

El presente informe final contiene cuatro capítulos de interés que describen de una manera adecuada cada una de las etapas y acciones que se desarrollaron para proponer alternativas que contribuirían con la disminución de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) producidas en fincas ganaderas, cuyo propósito es la producción de leche (y en menor proporción carne), de los municipios de Cumbal y Guachucal, ubicados en la zona centro-sur del departamento de Nariño.

El primer capítulo contiene información referente al resumen de la propuesta, incluyendo aspectos como la formulación del problema que establece la búsqueda de posibles alternativas que mitiguen las emisiones teóricas anuales de GEI en las fincas ganaderas-lecheras, que se establecieron con la determinación de los siguientes objetivos: categorización de las unidades productivas junto con su cuantificación teórica de emisiones de GEI como el Metano, Oxido hiponitroso, Oxido Carbónico, Oxido Carbonoso y Óxido de Nitrógeno. Además se cuenta con la correcta y amplia explicación del contexto de realización del trabajo y los diferentes conceptos que se deben conocer para entender de manera clara la problemática que envuelve a la actividad agrícola con el cambio climático. Se toma en cuenta también parte de la legislación colombiana y mundial que contempla la minimización de emisiones de GEI.

En el capítulo dos se muestra los resultados ligados a cada uno de los objetivos específicos que se habían establecido, entre ellos está, el establecimiento de una clasificación de las fincas en pequeñas, medianas y grandes junto con la selección de doce fincas como muestra (seis en cada municipio) y la posterior aplicación y sistematización de la encuesta semiestructurada construida a los propietarios o administradores de las unidades productivas. El análisis de la información primaria recolectada se utilizó para que la cuantificación teórica las emisiones de GEI (Metano procedente de la fermentación entérica y el estiércol, Oxido Hiponitroso procedente del estiércol y del suelo agrícola y emisiones por consumo de combustible en transporte terrestre) permitiera proyectar que las fincas medianas en ambos municipios son las mayores aportantes de GEI. El documento finaliza con el planteamiento de aquellas alternativas que permitirían reducir las emisiones de Metano, a través de procesamiento mecánico de alimento para ganado vacuno, conservación de forrajes y suplementos estratégicos nutricionales, de Metano y Monóxido de Dinitrógeno mediante el compostaje y biodegestores. Cabe mencionar que la formulación de conclusiones y recomendaciones darán lugar a proponer nuevas y futuras investigaciones en el campo de la Gestión de Agroecosistemas.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas a nivel global es el cambio climático, sus consecuencias para el planeta están siendo catastróficas y es por ello que deben tomarse medidas para revertirlo, mitigarlo y adaptarse a los escenarios que se están presentando. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), al alterar la temperatura atmosférica, están afectando el clima de todo el planeta, por lo que se ha considerado prioritario reducir las emisiones de estos gases tomando una serie de medidas estipuladas en el protocolo de Kyoto.¹

La cadena de alteraciones vinculadas al cambio climático está afectando a diversos ecosistemas locales, principalmente a aquellos cuyas poblaciones se encuentran en condiciones de vulnerabilidad, ya sea por los desórdenes generados en la variabilidad climática o por la ocurrencia de eventos extremos como procesos de desertificación e inundaciones. Es por ello imprescindible tomar medidas globales ante el cambio climático, y medidas locales sobre los cambios microclimáticos, todas estas orientadas a la mitigación y adaptación ante los nuevos escenarios. El proceso para entender el cambio climático y las respuestas sociales está cargado de desafíos teóricos, conceptuales y empíricos. Es necesario determinar cuáles son los efectos que ocasiona, en qué lugares y a qué niveles. Que el clima está cambiando es ahora evidente e indudable.²

“Colombia al ser aportante del 0,37% del total emitido por el mundo”³ se ha unido a la preocupación por la problemática mencionada, comprometiéndose en tratados como el convenio de Viena para la protección de la capa de ozono, el protocolo de Montreal, el convenio marco de cambio climático y el protocolo de Kioto⁴, los cuales permiten visualizar actividades interdisciplinarias para la reducción de GEI causantes de las variaciones climáticas.

¹ GUTIÉRREZ, Raymundo. Papas nativas desafiando al cambio climático. Lima. Soluciones Prácticas-ITDG: Intermediate Technology Development Group, 2008. 80p. http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4df8d3b03840d_Papas_nativas_desafiando_al_cambio_climatico.pdf (10', Abril, 2010)

² HOUGHTON, John Theodore et al. Climate Change 2001. The Scientific Basis Cambridge- Nueva York. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2001. 881p.

³ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros Gases de Efecto Invernadero 2000-2004. Bogotá: IDEAM. 2009. 66p. <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021471/InventarioGEI/IDEAM1.pdf>. (10, Abril, 2010)

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Tratados y Convenios Internacionales. Bogotá. 2009. <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=1292&catID=556> (10, Abril, 2010)

A partir de dichas variaciones climáticas surge una fuente de estudio debido a que han disminuido las condiciones propicias para la sostenibilidad de la vida en el planeta, estas circunstancias han aumentado por el impacto de los diferentes sectores, entre ellos el de interés en esta investigación; el sector ganadero.

En el gran afán de contribuir con la minimización de los GEI, es necesario establecer estrategias de actuación que permitan reducir las emisiones de gases por parte del sector ganadero (el más importante junto con la agricultura) del departamento de Nariño. Los municipios seleccionados son Cumbal y Guachucal, regiones que cuentan con la ganadería como principal sistema productivo (tendencia de la mayoría de los municipios localizados en el sur del departamento, incluyendo a su capital). Esta actividad sumada al desarrollo de las actividades agrícolas, ha incrementado en los últimos tiempos la concentración de gases que afectan de manera directa a la atmósfera como el Metano (CH₄), el Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxido Nitroso (N₂O), procedentes de procesos (internos) como la fermentación entérica y externos como el manejo del estiércol, el consumo de combustible y el uso de agroquímicos para los suelos agrícolas.

Para estimar las emisiones de los GEI esta investigación se basó en la metodología propuesta por el panel intergubernamental de cambio climático (IPCC) nivel 1, con el propósito de conocer el estado actual de la carga de contaminantes emitida a la atmósfera para así proponer alternativas de mitigación.

1. RESUMEN DE LA PROPUESTA

Este capítulo pretende dar a conocer las condiciones actuales del objeto de estudio que motivaron la ejecución del presente trabajo, además señala la metodología y los referentes utilizados para el logro de los objetivos definidos por el IPCC, las cuales serán la base para el planteamiento de alternativas de mitigación en cada unidad productiva.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En América Latina, la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero no está en la industria o el transporte –que solo representan el 20% del total–, sino que se originan en la agricultura, la deforestación y los cambios en el uso del suelo. Por ejemplo, en América del Sur las emisiones que provienen de la agricultura alcanzan el 22,9% del total y las de cambios en el uso del suelo y deforestación alcanzan el 53%. Se concluye que un 75,9 % del total de emisiones se originan desde esas prácticas rurales, representando 3356,8 millones de toneladas de CO₂ equivalentes emitidos. La situación se hace más compleja ya que los principales gases involucrados en estos casos son el metano y el dióxido de nitrógeno, cuyos efectos en el calentamiento global son respectivamente 20 veces, y 300 veces mayores, a los del CO₂.⁵

Es evidente que los estilos de desarrollo agropecuarios son determinantes para comprender el papel de la región en el cambio climático. En unos países la principal causa se encuentra claramente en la deforestación y otras transformaciones en el uso del suelo. Esto ocurre, según los datos disponibles, en particular en Bolivia (68,8 % del total de emisiones nacionales), seguida por Ecuador (66%), Brasil (64,4%), y más lejos, Perú (48%). Pero si se observan las emisiones absolutas de CO₂ equivalentes, Brasil lidera los registros por un amplio margen, seguido por Venezuela. En otros casos, son la agricultura y la ganadería las principales fuentes, como sucede en Uruguay (82,4% del total), Colombia (50,3%) y Argentina (39,4%). Las mayores emisiones absolutas vuelven a estar en Brasil, pero seguidas por Argentina. Este breve repaso de los indicadores también permite advertir que todos los grandes exportadores de agroalimentos muestran crecientes emisiones desde ese origen.⁶

⁵ GUDYNAS Eduardo y GHIONE Soledad. Agricultura y Ganadería, Biodiversidad, Cambio Climático: Estrechamente Vinculados. Lima: Revista de Agroecología, LEISA. 2010.
<http://www.agropecuaria.org/agropecuaria/GudynasGhioneAgroCClimaticoLeisa10r.pdf> (22, Enero, 2013)

⁶ *Ibíd.*

Un elemento relevante en la región andina colombiana es su alta concentración de minifundio. El 88% de los predios del área rural son de minifundio y el 70% de ellos presentan tamaños menores a tres hectáreas y la estructura de tenencia rural muestra la predominancia de propiedad particular, categoría que representa el 90% del total de las formas de tenencia. En dichos minifundios se ha incrementado el ganado, según la encuesta nacional agropecuaria la población bovina en el año 2000 creció a cerca de 24.7 millones de cabezas, confirmando que este aumento mantiene una estrecha relación con el ascenso de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) principales contribuyentes del calentamiento global⁷.

En el departamento de Nariño, existen muchos problemas de tipo ambiental y productivo, principalmente en el trópico de altura (mayor a 2000 msnm, denominada región andina), que se considera como un área de reserva o parque natural por su condición de despensa hídrica de los sistemas de producción, históricamente ha sido intervenido por las comunidades que desarrollan una agricultura en torno a especies agrícolas de importancia económica como trigo, papa, cebada, avena, haba, hortalizas (zanahoria, cebolla de rama, repollo), frutales (tomate de árbol, lulo) y ganadería de leche y carne. El 70% de la producción agropecuaria de la zona andina de Nariño, está restringida en un semestre por año, por la escasez de fuentes de agua, debido a la deforestación de la zona de reserva, la vinculación de áreas de páramos y bosques a la producción y al deterioro de los suelos⁸.

Los sectores productivos de los municipios de Cumbal y Guachucal, que se encuentran localizados en la región andina nariñense, se caracterizan por su vocación ganadera y agrícola, lo cual genera problemas ambientales en el recurso suelo, degradado por procesos fisicoquímicos, al agua por contaminación y pérdida de cobertura vegetal y al aire por emisiones de GEI como el metano, óxido nitroso y dióxido de carbono causados por actividades cotidianas de la zona, que a su vez están íntimamente ligados con el calentamiento global de la atmosfera terrestre.

⁷ COLOMBIA. FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO (FINAGRO). Página Oficial FINAGRO. Bogotá: Sistemas de información Sectorial. Ganadería en Colombia. http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php (20 , Febrero, 2010)

⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Evaluación y desarrollo de alternativas de mitigación del cambio climático de diferentes agroecosistemas, municipios de Guachucal, Cumbal, Pupiales y Pasto. Resumen ejecutivo. Bogotá. 2008. 22p. [http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/1754/1/\(Microsoft%20Word%20-%20articulo_cambio%20climaticoU%20NARI.pdf](http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/1754/1/(Microsoft%20Word%20-%20articulo_cambio%20climaticoU%20NARI.pdf) (21, Abril, 2010)

En la actualidad no existen estudios para regiones altoandinas del departamento de Nariño, que permitan la estimación teórica de los gases efecto invernadero y alternativas para su mitigación que incentiven el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, que de alguna manera tocan los ecosistemas frágiles y estratégicos de la región.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La principal característica de los municipios de Cumbal y Guachucal es el minifundio, condicionando los sistemas de tenencia del suelo y zonas de vida caracterizándolos por ejecutar actividades agrícolas y ganaderas⁹, que contribuyen con la economía del departamento de Nariño. Las fincas de ambos municipios desarrollan sus condiciones de manejo ganadero basadas en costumbres tradicionales como el ordeño manual, la rotación de ganado, las condiciones alimentarias del mismo y la utilización de agroquímicos en los cultivos deja ver la falta de responsabilidad ambiental por parte de este sector, lo cual, a pesar de ser la fuente principal de ingresos, estas acciones desarrolladas en la región aportan de manera considerable con la emisión de GEI a la atmosfera afectando así al medio ambiente reflejado principalmente en la elevación de la temperatura promedio de la atmosfera. El programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo establece que cerca del 37% de las emisiones de GEI provienen de la Ganadería¹⁰.

Gracias a la actividad ganadera, la producción de leche en el departamento de Nariño entre los años 1980 y 1990 ha incrementado la participación agropecuaria de un 25% a un 45%, estas cifras consolidan la actividad ganadera como la de mayor dinamismo¹¹. Los municipios del departamento de Nariño con mayor inventario ganadero son: Pasto (26 mil cabezas), Guachucal (20 mil cabezas) y Cumbal (20 mil cabezas)¹². Lo mencionado permite inferir de manera aproximada que el departamento no es ajeno a la problemática mundial referida a la elevación de la temperatura de la atmosfera terrestre.

⁹ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE GUACHUCAL. Página oficial municipio de Guachucal. Guachucal. 2009. <http://www.guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=ITxx1-&s=m&m=l> (21, Abril, 2010)

¹⁰ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Documento de Discusión Nacional acerca de los Asuntos Claves en el Análisis del Sector Agricultura (Mitigación). Bogota. http://www.pnud.org.co/img_upload/61626461626434343535373737353535/CAMBIOCLIMATICO/3.%20Memorias%20Di%C3%A1logo%20Nacional%20Interministerial%20sobre%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20el%20sector%20agropecuario/2DocdiscusionAgriculturayMitigacionColombia.pdf (22, Enero 2013)

¹¹ GANADERÍA COLOMBIANA. Producción de Leche en el departamento de Nariño. Blogspot. 2009. <http://ganaderiaencolombiana.blogspot.com/> (17, Abril, 2010)

¹² COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Seminario-Taller Internacional sobre Cambio Climático y los Sistemas Ganaderos en Colombia. Bogotá. 2009. 6p. http://sanpedrodecartago-narino.gov.co/apc-aa-files/37323233643039636464373837316566/Boletin_taller_ganaderos_.pdf (22, Abril, 2010)

Teniendo en cuenta el anterior planteamiento esta investigación responde al interrogante: ¿Qué posibles alternativas teóricas de mitigación se pueden formular de acuerdo a la estimación teórica anual de GEI asociada a los procesos de fermentación entérica, manejo del estiércol, suelos agrícolas y consumo de combustible que se generan en las fincas ganaderas lecheras del municipios de Cumbal y Guachucal?.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, las grandes políticas internacionales están dejando paso a las pequeñas acciones locales e individuales. Ya no se trata de esperar pasivamente a que las industrias reduzcan sus emisiones. Tanto las comunidades como los individuos han tenido durante centurias diferentes maneras de protegerse de la variabilidad climática¹³. En el último siglo, en que los cambios experimentados en el clima son mucho mayores, estos representan perturbaciones significativas y amenazas, principalmente para sociedades que dependen del uso de recursos naturales y, específicamente, de la agricultura. Cuando estas perturbaciones son muy fuertes, incorporan elementos sorpresa a través de eventos extremos.¹⁴

Esta investigación cuantifica las cargas anuales de GEI que afectan de manera directa a la atmósfera e incrementan el fenómeno conocido como efecto invernadero, causa del cambio climático, la estimación de dichos gases (CH₄, N₂O y CO₂) permiten el planteamiento de alternativas y/o estrategias de mitigación para uno de los sectores más productivos de la región.

En la actualidad el departamento de Nariño y en el caso de esta investigación, los municipios seleccionados, no cuentan con estudios que faciliten la estimación de GEI, la realización de buenas prácticas de producción y el manejo adecuado de residuos que faciliten la reducción de dichos gases.

¹³ TYSON, Peter. et al. Changing Gradients of Climate Change in Southern Africa during the Past Millennium: Implications for Population Movements. Vol. 52, N° 1-2, Enero 2002. pp. 129-135. <ftp://ftp.itc.nl/pub/naivasha/Tyson2002.pdf>. (30, Abril, 2010)

¹⁴ THOMAS, David. et al. Adaptation to Climate Change and Variability: Farmer Responses to Intra-seasonal Precipitation Trends in South Africa. Vol. 83, N° 3, Agosto de 2007. pp. 301-322. <http://www.springerlink.com/content/d2870112532622p1/>. (30, Abril, 2010)

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general. Proponer alternativas de mitigación para la emisión de GEI de acuerdo a la estimación teórica de la carga anual de estos gases derivados de las actividades agropecuarias en fincas ganaderas lecheras tipo de los municipios de Cumbal y Guachucal.

1.4.2. Objetivos específicos.

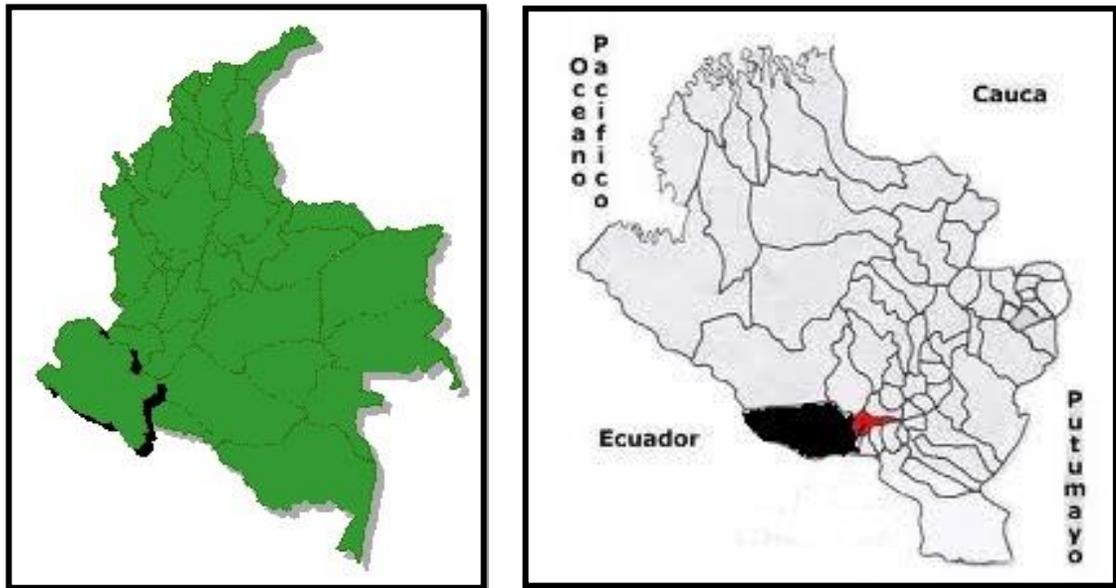
- Definir una tipología de fincas ganaderas lecheras en los municipios de estudio.
- Identificar y estimar teóricamente las emisiones de GEI procedentes de las unidades productivas ganaderas tipo a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente (metodología IPCC nivel 1).
- Proponer alternativas de mitigación establecidos para reducir las emisiones de los GEI.

1.5. MARCO TEÓRICO

1.5.1. Contexto de estudio. Este trabajo se desarrolló en los municipios de Cumbal (color negro) y Guachucal (color rojo) referenciados en la figura 1 que pertenecen al departamento de Nariño. Estos municipios se encuentran ubicados al sur del departamento y al suroccidente del municipio de Pasto (capital del departamento), haciendo parte del Nudo de Los Pastos, donde sobresalen los Cerros de Colimba y el Páramo de Paja Blanca.¹⁵

¹⁵ COLOMBIA. GOBERNACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. Página oficial del departamento de Nariño. Pasto. 2009
http://www.gobernar.gov.co/gobernar/index.php?option=com_content&task=view&id=843&Itemid=204 (30, Abril, 2010)

Figura 1. Ubicación de los municipios de Cumbal y Guachucal



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

1.5.1.1. Cumbal. (Figura 2). Se encuentra localizado a 105 km al suroccidente de la capital del departamento de Nariño. Limita por el norte con Ricaurte y Mallama, por el sur con la República del Ecuador y Ricaurte, por el oriente con Guachucal y Cuaspud y por el occidente con la República del Ecuador y Ricaurte. Tiene una temperatura promedio de 11 °C la cabecera municipal está localizada a 0° 55” de latitud norte y 77° ,48” de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a una altura promedio de 3050 msnm.

Su territorio es montañoso y comprendido dentro del macizo llamado Nudo de los Pastos, destacándose entre sus accidentes orográficos los volcanes Cumbal y Chiles, con alturas que superan los 4760 msnm y los cerros Buenavista, Colorado, Golondrinas, Hondon, Negro, Oreja, Panecillo, Picacho y Portachuelo. Por la conformación del relieve se presentan los pisos térmicos frío y páramo. Rigen sus suelos las aguas de los ríos Blanco, Carchi, Chiquito, Imbina, Marino, Mayasquer, Nuevo Mundo, Salado y San Juan¹⁶.

¹⁶ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE CUMBAL. Página oficial municipio de Cumbal. Cumbal. 2010. <http://www.cumbal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtm> (30, Abril, 2010)

Figura 2. Panorámica del municipio de Cumbal



Fuente. Página oficial del municipio de Cumbal. www.cumbal-narino.gov.co.

La población indígena es de 22669 habitantes que representa el 81% de la población total del municipio, distribuida en cuatro resguardos, que ocupan el 86% del área municipal (área total del municipio: 120000ha), pertenecientes a la etnia de los Pastos. La economía agropecuaria es la principal actividad y tal vez la única. Por sus características singulares, se distinguen 3 microregiones: Microregión I. Frio, ubicado a una altitud entre 2700-3400msnm (18300ha). Microregión II. Páramo, con una altitud entre 3400-3800msnm (23000ha). Microregión III. Templado, con altitudes entre 800-2300msnm (78700ha).¹⁷

1.5.1.2. Guachucal. (Figura 3). Con referencia a la ciudad de Pasto el municipio está a una distancia de 99km y a 27km del municipio de Ipiales (ciudad fronteriza) en el límite con el Ecuador y a 250km del puerto marítimo de Tumaco. Guachucal se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 0° 54' 52" N (Limite con Cuaspud) 1° 01' 53" N (Limite con Piedrancha y Sapuyes) Longitud: 77° 35' 57" W (Páramo Paja Blanca) 77° 48' 55" W (Laguna de La Bolsa). Este municipio limita al norte con los municipios de Mallama y Sapuyes en una extensión de 36km, al sur con los municipios de Cuaspud en una extensión de 3km, al oriente con el municipio de Aldana y Pupiales en una extensión de 22km y al occidente con el municipio de Cumbal en una extensión de 16km. Guachucal tiene una extensión aproximada de 15037 ha, su cabecera municipal se encuentra a una altitud de la 3180 msnm y la temperatura promedio es de 10 °C.¹⁸

¹⁷ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE CUMBAL. Página oficial de Cumbal. 2010. Cumbal. <http://www.cumbal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m111--&m=f> (30, Abril, 2010)

¹⁸ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE GUACHUCAL. Página oficial de Guachucal. Guachucal. 2010. <http://www.guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m111--&m=f> (30, Abril, 2010)

Figura 3. Panorámica del municipio de Guachucal



Fuente: Wikimedia Commons.¹⁹

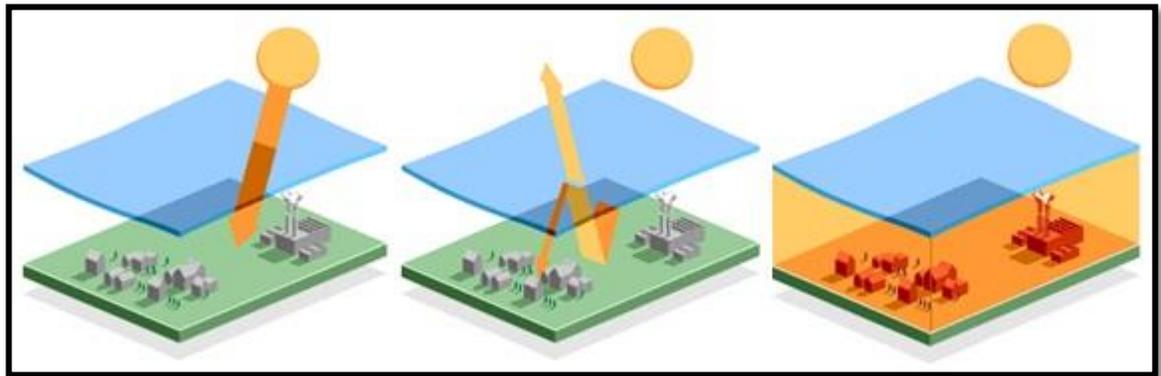
1.5.2. Marco conceptual. Los fundamentos teóricos, que se describen a continuación, permitieron la interpretación de los resultados mediante comparaciones de variables e hipótesis que surgieron en el transcurso de la investigación.

1.5.2.1. Efecto invernadero. Algunos de los gases variables, como el vapor de agua y el CO₂, son relativamente transparentes a la radiación solar en el rango visible, pero absorben la radiación de onda larga saliente de la superficie de la Tierra. Estos gases irradian parte de la energía absorbida al espacio y parte la retornan en dirección a la superficie de la Tierra (figura 4). Este intercambio de energía entre la atmósfera y la superficie de la Tierra es conocido como efecto invernadero natural. La temperatura media global de la atmósfera es aproximadamente de 15°C gracias al efecto invernadero. Si no existiera este efecto, la temperatura sería de cerca de -23°C. El forzamiento radiativo puede verse alterado por cambios en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, provocados por modificaciones en la dinámica de los ciclos biogeoquímicos. Esta alteración recibe el nombre de efecto invernadero inducido.²⁰

¹⁹ WIKIMEDIA COMMONS. Panorámica del municipio de Guachucal. Guachucal. 2012. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PanoramicaGuachucal.jpg?uselang=es> (01, Octubre, 2012)

²⁰ UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA-CHILE. El Presupuesto energético de la atmosfera. Santiago de Chile. 1997. <http://cambioclimaticoglobal.com/presupue.html> (01, Octubre, 2012)

Figura 4. Efecto invernadero



Fuente: I Seminario Internacional de Agroforestería frente al Cambio Climático.

1.5.2.2. Gases de efecto invernadero (GEI). En el marco de la Convención sobre Cambio Climático y en el Protocolo de Kyoto, los gases de efecto invernadero considerados son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), carburos hidrofluorados (HFC) y perfluorados (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF_6)²¹. El contenido de gases de efecto invernadero está sujeto a variaciones y ha experimentado en el pasado variaciones considerables. Estas fluctuaciones del forzamiento radiativo han producido cambios climáticos. Las variaciones en el contenido de gases de efecto invernadero son debidas a procesos naturales y antropogénicos. En la actualidad, los procesos antropogénicos están incrementando el contenido de algunos de estos gases en la atmósfera, con lo cual se está induciendo un reforzamiento del efecto invernadero. Esto a su vez conducirá a un calentamiento global y a un cambio climático.

1.5.2.3. Fuentes de emisión de GEI. Respecto de las fuentes de emisión la clasificación de actividades de la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), para la realización de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, agrega las fuentes en los siguientes grandes grupos:

- Emisiones procedentes de los combustibles: Combustión de fuentes fijas y móviles (incluido transporte), emisiones evaporativas relacionadas con extracción, transporte y distribución de combustibles (las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la quema de biomasa no se contabilizan).
- Procesos industriales: Emisiones durante los procesos, donde los gases de efecto invernadero son subproductos.

²¹ APARICI Vicente. Estrategia española sobre cambio climático para el cumplimiento del protocolo de Kioto. VII Conferencias sobre el Medio Ambiente: El Protocolo de Kyoto y las empresas, en especial las del sector cerámico. Comité Económico y Social de la comunidad Valenciana. Valencia. 2003. 57p. http://www.ces.gva.es/pdf/conferencias/07/14_aparici.pdf (04, Mayo, 2010)

- Utilización de solventes: Aplicación en pinturas; desengrase y tintorerías; productos químicos (fabricación y proceso); y otros usos.
- Agricultura: Fermentación entérica de ganadería, detritus de animales, cultivo de arroz, uso de fertilizantes y quema de residuos agrícolas y otras emisiones.
- Cambio del uso de la tierra y silvicultura: absorciones y emisiones procedentes de los bosques y de las actividades de cambio del uso de la tierra.
- Emisión o absorción de dióxido de carbono en los suelos debido a la gestión y cambio de uso de la tierra.
- Tratamiento de residuos: vertederos, aguas residuales, y otros procesos que liberan gases.²²

1.5.2.4. Cambio climático global. (Figura 5). “Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”²³

El IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), con 2500 científicos, acordó que “un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima”. Según el panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo. Las emisiones de dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas en 1996, un nuevo récord. Por otro lado, 1996 fue uno de los cinco años más calurosos que existe en los registros (desde 1866). Por otro lado se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de US\$ en 1996, otro nuevo récord.²⁴

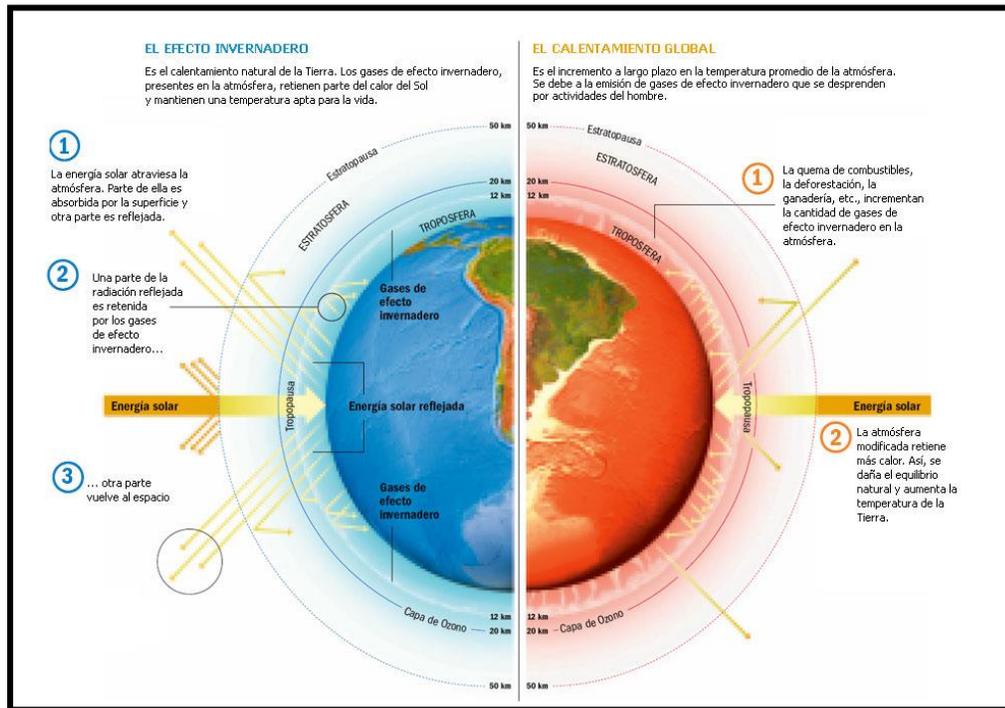
²² Ibid., p. 25.

²³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2000 p133.

Colombia <http://www.humboldt.org.co/download/cambioclima.pdf> (04, Mayo, 2010)

²⁴ UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA-CHILE, Op. Cit. p. 25.

Figura 5. Representación del cambio climático



Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, IDEAM. El medio ambiente en Colombia. Agosto del 2001.

De acuerdo a la IPCC, una duplicación de los gases de invernadero incrementaría la temperatura terrestre entre 1 y 3.5°C. Aunque no parezca mucho, es equivalente a volver a la última glaciación pero en la dirección inversa. Por otro lado, el aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos 100000 años, haciendo muy difícil que los ecosistemas del mundo se adapten.

El principal cambio a la fecha ha sido en la atmósfera, se ha cambiado el balance de gases que forman la atmósfera. Esto es especialmente notorio en gases invernadero claves como el CO₂, Metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Estos gases naturales son menos de una décima de un 1% del total de gases de la atmósfera, pero son vitales pues actúan como una "frazada" alrededor de la Tierra. Sin esta capa la temperatura mundial sería 30°C más baja.

1.5.2.5. Causas del calentamiento global. La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno y contiene pequeñas cantidades de hidrógeno, helio, argón, neón y otros gases. Algunos de estos últimos, tales como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), son los principales gases de efecto invernadero. Un gas de efecto invernadero es aquel que atrapa la radiación infrarroja (calor) en la atmósfera, lo cual deriva en el calentamiento del planeta;

este fenómeno natural es muy beneficioso, ya que sin él la Tierra tendría una temperatura de aproximadamente 60°F menos y sería incapaz de mantener las formas de vida vegetal y animal tales como las conocemos. Durante el siglo pasado, las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han elevado acentuadamente. Esto se debe, en gran medida, al incremento en la producción de los mismos a partir de las actividades humanas o fuentes antropogénicas, tales como la quema de combustibles fósiles.²⁵

1.5.2.6. Emisiones del sector agropecuario. Las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen directamente a la emisión de gases de efecto invernadero a través de una serie de procesos. La ganadería contribuye a la emisión de metano, por la fermentación entérica y las excreciones de los animales. Estas últimas también son fuente de óxido nitroso, de la misma manera que las forrajeras fijadoras de nitrógeno, en particular la alfalfa. Cuando estas pasturas son enterradas, debido a la periódica renovación de los cultivos, también se provocan procesos que llevan a la emisión de óxido nitroso. En las actividades agrícolas, estas emisiones se producen como consecuencia de los cultivos fijadores de nitrógeno, entre los que se destaca la soja, y con el enterramiento de rastrojos. Los fertilizantes comerciales contribuyen también a la emisión de óxido nitroso, mientras que el cultivo del arroz genera emisiones de metano. Finalmente, la quema de rastrojos produce emisiones óxido nitroso, otros óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y metano.

1.5.2.7. Ganadería. La ganadería es una actividad económica muy antigua, dedicada a la crianza de los animales para su aprovechamiento. Dependiendo de la especie ganadera, se obtienen diversos productos derivados, como la carne, la leche, los huevos, los cueros, la lana y la miel, entre otros. Los ganados más importantes en número a nivel mundial son los relacionados con la ganadería bovina, la ovina y la porcina. Sin embargo, en algunas regiones del planeta otros tipos de ganado tienen mayor importancia, como el caprino y el equino, como así también la cunicultura, la avicultura y la apicultura. La ganadería es considerada un sistema de gran importancia para el beneficio económico de la sociedad pero junto con ella vienen importantes efectos sociales y medioambientales en todo el mundo, un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO) sobre la ganadería señala que ésta es la principal fuente antropogénica del uso de la tierra, el avance de esta actividad ganadera ha contribuido la deforestación de grandes extensiones de bosques.

²⁵ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá. IDEAM. 2001. 543p.
<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/caratula.pdf> (04, Mayo, 2010)

Según este estudio, la ganadería es responsable del 18% de las emisiones de GEI medidas en equivalentes de CO₂. Específicamente es responsable del 9% de las emisiones de CO₂ (principalmente por deforestación), el 37% de las emisiones de metano, CH₄, (fundamentalmente por la digestión de los rumiantes) y el 65% del óxido nitroso (por el estiércol)²⁶.

En Colombia las emisiones procedentes de esta actividad no han sido ajenas debido a que el desarrollo de la ganadería bovina sigue manteniendo una gran importancia en el progreso socioeconómico del país, representa el 88% de la superficie agropecuaria nacional y conserva una participación cercana al 5% en el producto interno bruto total nacional²⁷, a pesar que Colombia solo contribuye con el 0,37% de la contaminación de GEI, es altamente vulnerable a los efectos de cambio climático y ya se han evidenciado sus consecuencias, al respecto, en Colombia se espera un aumento de temperatura de 1 a 2 grados centígrados para el año 2050, una reducción de la precipitación del 15% en la zona andina y un aumento de las precipitaciones en las costas pacífica y atlántica ocasionando inundaciones y deslizamientos entre otros daños ambientales²⁸.

Es por eso que se fomenta el buen manejo de la actividad ganadera como la asociada a pastos de mayor calidad nutritiva y al cultivo de árboles, propuestas por el panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC)²⁹.

La cual puede verse reflejada en el comportamiento y la condición corporal del animal, un ganado bien manejado tendrá una digestión adecuada, será manso, saludable, bien desarrollado, vigoroso, activo, con buen apetito y una producción sobresaliente³⁰, pero dado al aumento de la población mundial la necesidad de alimentos se incrementa año tras año, significando que hay más bocas que alimentar con cada temporada. Las actividades mayores de generación de alimentos, como la agricultura y la ganadería no son tenidas casi en cuenta, sin embargo se le deben prestar una especial atención a las emisiones de GEI

²⁶ RIVERA, Marta. Ganadería y Cambio Climático: Veterinarios sin Fronteras y Universidad Autónoma de Barcelona. Madrid. El Ecologista. No 54. 2007. Pág. 2., p.1-2. <https://www.ecologistasenaccion.org/article17918.html> (10, Mayo, 2010)

²⁷ MAHECHA, Liliana, et al. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Febrero 2002. Pág. 13., p.2. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/89/88> (10, Mayo, 2010)

²⁸ ORTEGA, Pablo, et al. Deforestación Evitada: Una Guía REDD + Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Nacional para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecoversa; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural- Fondo para la Biodiversidad y Aéreas Protegidas y fondo para la Acción Ambiental. 2010. 22p.

http://books.google.com.co/books?id=8zio9Z49VMwC&pg=PA9&dq=porcentaje+de+GEI+en+colombia%2Bganado&hl=es&ei=On2bTIC8Gom2ngegq6nmDw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=porcentaje%20de%20GEI%20en%20colombia%2Bganado&f=false. (10, Mayo, 2010)

²⁹ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Reducción de Gases Efecto Invernadero. Bogotá. 2008. <http://www.cambioclimatico.gov.co/reduccion.html>. (10, Mayo, 2010)

³⁰ JAPON. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Manejo y cría de ganado bovino. Bolivia. 2010. 12p. http://www.jica.go.jp/project/bolivia/3065022E0/04/pdf/4-3-1_10.pdf. (10, Mayo, 2010)

producidas por estas actividades como lo son principalmente las emisiones de Metano, de Óxido Nitroso y de dióxido de carbono procedentes de dos fuentes: el manejo del estiércol y la fermentación entérica.

1.5.2.8. Manejo del estiércol. Es una fuente de emisiones de metano y de óxido nitroso. El metano se produce mediante la descomposición anaeróbica del estiércol, mientras que el óxido nitroso se forma como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la desnitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y en la orina del ganado.³¹

Cuando el estiércol se dispone en sistemas que promueven las condiciones anaeróbicas (por ejemplo, en forma líquida en lagunas, tanques o fosas), la descomposición de la materia tiende a producir metano. Cuando el estiércol se maneja en forma sólida (por ejemplo, almacenamiento en pilas) o queda depositado sobre las pasturas y los campos naturales, tiende a descomponerse aeróbicamente y produce muy poco o nada de metano. La composición del estiércol, que depende de la dieta de los animales, también afecta la cantidad de metano producido, cuanto mayor es el contenido energético y la digestibilidad del alimento, mayor es el potencial de emisión de metano. Por ejemplo, los animales alimentados con dietas altamente energéticas, generan estiércol con gran capacidad de producción de metano, mientras que el ganado mantenido con forrajes de baja concentración energética, producen estiércol con la mitad de capacidad de formación de metano. Las emisiones de óxido nitroso resultan del estiércol y la orina del ganado que se maneja en sistemas líquidos o que se recolecta y almacena en forma sólida. Debido a que esta producción es el resultado de procesos digestivos, la cantidad emitida varía con el tipo de animal, con la naturaleza, cantidad y digestibilidad del alimento consumido y con el nivel de producción³².

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el manejo del estiércol se ha convertido en una forma de disminuir las emisiones de GEI, debido a que se considera una fuente potencial de amenaza para los recursos naturales (aire, agua y suelo) y para la salud humana, estos efectos son causados por las emisiones de forma directa o indirecta provenientes de la producción ganadera, debido a que se considera aproximadamente que “una vaca promedio de 500 kg puede producir tanto estiércol como 40 kg en un día”³³, por lo cual se considera que en las fincas

³¹ BERRA, Guillermo y FINSTER Laura. Influencia de la ganadería argentina: Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Argentina. Instituto de Patobiología, INTA Castelar. 2003. 4p. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210253.pdf> (14, Mayo, 2010)

³² *Ibid*

³³ ARGENTINA. SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL. Una tecnología de bajo costo para manejar el estiércol del ganado. Buenos Aires. ARS-EE.UU 2010. 2p. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/44-estiercol.pdf. (14, Mayo, 2010)

ganaderas del Municipio de Cumbal se puede obtener cerca de 5,04 Toneladas de estiércol en una semana, con lo cual queda claro que el no tratar el estiércol implica un gran problema ambiental que pueden verse refleja por:

- Las emisiones de Amoníaco: antes y durante el almacenamiento y durante la aplicación a los campos.
- Las emisiones de NO: éste se forma como un producto secundario del proceso de desnitrificación.
- Emisión de metano: formado durante la descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas.
- Escorrentía del estiércol y de sus componentes hacia el agua superficial: contribuyendo a la polución acuática.
- Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea: contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas.³⁴

A pesar que en Colombia el manejo de estiércol no es usual, debido a que todos los desechos son utilizados como abonos en los pastizales y sabanas³⁵ esta es una buena práctica que debe ir implementándose ya que el buen manejo del estiércol minimizará los efectos negativos y estimulará los efectos positivos sobre el medio ambiente y la salud humana.

1.5.2.9. Fermentación entérica. La producción de metano es parte de los procesos digestivos normales de los animales, durante la digestión los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentan el alimento consumido por el animal. Este proceso conocido como fermentación entérica, produce metano como un subproducto, que puede ser exhalado o eructado por el animal. Entre las especies ganaderas, los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos, búfalos, camélidos) son los principales emisores de metano. En condiciones normales, los rumiantes son alimentados con forrajes y compuestos por celulosa. El proceso de fermentación, que tiene lugar en el rumen, ofrece una oportunidad para que los microorganismos desdoblén la celulosa, transformándola en productos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal.

Las bacterias metanogénicas son las responsables de la producción del metano y, si bien constituyen una fracción muy pequeña de la población microbiana total,

³⁴ HOLANDA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ADMINISTRACION DE LA NATURALEZA Y PESCA. Dutch Notes On For Pig- And Poultry Intensive Livestock Farming. The Hague. Ministerio de Agricultura, Administracion de la Naturaleza y Pesca y Ministerio de Vivienda, Planeacion Espacial y de Ambiente. 1999. 67p.

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/IKCbat.pdf> (14, Mayo, 2010)

³⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES. Inventario preliminar de de Gases Efecto invernadero: 3. Agricultura. Bogotá. 1999. 4p. [http://www.accefyn.org.co/Web_GEI\(actualizada\)/Archivos_gei/I_Cap03_Agricultura.PDF](http://www.accefyn.org.co/Web_GEI(actualizada)/Archivos_gei/I_Cap03_Agricultura.PDF) (14, Mayo, 2010)

cumplen una función muy importante, al proveer un mecanismo para eliminar el hidrógeno producido en el rumen.

El metano producto de la fermentación entérica en su mayoría proveniente del ganado bovino. Al considerar las condiciones naturales para la producción ganadera en nuestro país, resulta muy probable que continúe desarrollándose en condiciones extensivas con sus características actuales. Para contribuir entonces a la disminución de estas emisiones se deberá:

- Incrementar la velocidad de producción a través del mejoramiento de las pasturas.
- Implementar procedimientos adecuados de sanidad animal.
- Mejorar el manejo del rodeo.
- Crear elementos de promoción de las reducciones de metano³⁶.

En lo que respecta a las fuentes de metano (cuadro 1), se puede decir que un tercio proviene de los ecosistemas no modificados, un tercio de la actividad humana no agrícola y un tercio de la agricultura. De este último tercio el ganado, especialmente los rumiantes, produce la mitad; esto representa aproximadamente el 15% de la producción total de metano, como se puede observar en la tabla siguiente.

Cuadro 1. Fuentes de Metano (millones de ton/año)

Naturales		Energía y Desechos		Agricultura	
Pantanos	115	Gas y Petróleo	50	Ganado	80
Termitas	20	Carbón Mineral	40	Arroceras	60
Océanos	15	Rellenos	30	Estiércol	10
Quemas	10	Aguas Residuales	25	Quemas	5
		Carbón de Leña	10		
Total	160	Total	155	Total	155

Fuente: Johnson y Johnson. Methane emissions from cattle.

1.5.2.10. Efectos de las emisiones de GEI. Los impactos y manifestaciones que pueden producir los GEI al potenciar el aumento de la temperatura del aire y de la superficie terrestre son múltiples, entre ellos podríamos mencionar aquellos que se relacionan con el Cambio Climático, cuyas manifestaciones son:

- El aumento del nivel de las aguas oceánicas, con la consiguiente desaparición de numerosas islas y cayos.

³⁶ UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Cambio Climático y Global: Cultivo, desmonte y efecto invernadero. Buenos Aires. 2012. Blog investigación de Universidad de Buenos Aires. <http://ubapiubacc.wordpress.com/page/2/>. (14, Mayo, 2010)

- Incremento de la temperatura mundial.
- Incremento de los períodos de sequía en algunas regiones del planeta.
- Aumento de las inundaciones en algunas regiones con la disminución de las lluvias y aumento de las sequías en otras.
- Deshielo de los casquetes polares y glaciares continentales, con el resultado de severas inundaciones y aumento en el nivel del mar mundial.
- Migraciones de la flora y la fauna de una latitud a otra.
- Aumento de las enfermedades, sobre todo las infectocontagiosas.
- Variaciones en el ciclo e intensidad de los huracanes.

De lo anterior se puede deducir que, los inventarios de GEI, no constituyen un ejercicio académico, sino una necesidad vital para conservar y mantener al ser humano y su entorno. Estos y otros aspectos, relacionados con la evidencia científica de la relación entre las emisiones de GEI y el riesgo de un cambio climático mundial, involucran a todos los países los cuales deben elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar, los inventarios de las emisiones antropógenas ocasionadas por las fuentes.

He de aquí la importancia del inventario de GEI, pues nos enseña dónde estamos en relación con nuestras emisiones, a dónde podemos llegar y qué debemos hacer. Esta interiorización del fenómeno es tarea de todos, de esta forma, con la confección del inventario nos apropiamos de una herramienta que nos ayuda a preservar las especies y elevar la calidad de vida³⁷.

1.5.2.11. Mitigación. Las actividades humanas como la industria y la agricultura emiten dióxido de carbono, metano y otros gases de efecto invernadero que cambian la manera en que la atmósfera absorbe y vuelve a emitir energía.

El cambio climático ha de afectar, de forma positiva y negativa, nuestra capacidad futura para satisfacer las necesidades humanas. Ha de alterar las condiciones agrícolas, las tendencias locales y regionales en materia de sequías, inundaciones y tormentas, las tensiones en los edificios y otras infraestructuras de larga duración, los riesgos en la salud y muchos más aspectos. Esos efectos tendrán consecuencias desproporcionadas en los sectores pobres del mundo. Ya se pueden detectar actualmente muchos cambios ambientales que tienen un nexo con el calentamiento del planeta.

³⁷ FERNÁNDEZ, Valentín. Gases efecto invernadero: impactos e inventario. La Habana. 2010. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia13/HTML/Articulo13.htm> (14, Mayo, 2010)

La estrategia, conocida como mitigación, se basa en medidas para limitar las emisiones netas de gases de efecto invernadero, definidas como el resultado de las emisiones menos la absorción por los sumideros (tales como los bosques). La limitación de las emisiones ha de frenar, y con el tiempo, invertir el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (pues como los gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante decenios o períodos más largos, los niveles atmosféricos responden sólo gradualmente a la disminución de las emisiones). De esta manera, la mitigación permitiría reducir al mínimo el cambio climático y sus efectos negativos previstos.

Los gobiernos de los 185 miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático han acordado que su objetivo es estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero en niveles seguros. ¿Cuál es la mejor manera de alcanzar esta meta? ¿Cuáles son las políticas y tecnologías más prometedoras? ¿Cuáles son sus costos y beneficios? ¿Cuáles son los obstáculos para adoptarlas? ¿Y de qué manera las medidas que se adopten sobre el cambio climático pueden apoyarse mutuamente con el desarrollo sostenible? Este folleto investigará las respuestas del IPCC a esas preguntas³⁸.

1.5.2.12. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Fue establecido conjuntamente en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y de formular estrategias de respuesta realistas.

Desde aquellas fechas las evaluaciones del IPCC han desempeñado un papel primordial ayudando a los gobiernos a adoptar y aplicar políticas de respuesta al cambio climático, y particularmente en respuesta a las necesidades de asesoramiento fidedigno de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), constituida en 1992, y de su Protocolo de Kyoto de 1997.

Desde su establecimiento, el IPCC ha producido una serie de informes de evaluación como las Directrices sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, reeditado en 2006³⁹.

³⁸ KLAUS Töpfer. ¿Qué sabemos sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero?: Guía simplificada del informe del IPCC "Cambio Climático 2001". Santiago de Chile. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2001. 13p. <http://www.umag.cl/cambioclimatico/en/doc/Que%20sabemos%20sobre%20la%20reduccion%20de%20las%20emisiones%20de%20gases.pdf> (14, Mayo, 2010)

³⁹ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2008. 114p http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (14, Mayo, 2010)

En las Directrices del IPCC se describen dos métodos de carácter general para estimar las emisiones procedentes de los GEI.

- **El método de nivel 1:** método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto extraídos de estudios anteriores. Este método de nivel 1 probablemente sea suficiente para muchos países y puede utilizarse para estimar las emisiones de los siguientes animales: vacas lecheras, otro tipo de ganado vacuno, búfalos, ovejas, cabras, camellos, caballos, mulas, asnos y cerdos. Cuando se aplica el método de nivel 1, se deben utilizar los datos sobre las categorías de ganado y la producción de leche para seleccionar factores de emisión por defecto. Es una buena práctica revisar los factores de emisión de nivel 1 para comprobar que las características básicas del animal, como el peso, la tasa de crecimiento y la producción de leche, utilizadas para el cálculo de dichos factores, sean similares a las condiciones imperantes en el país. En las Directrices del IPCC figura información detallada sobre el ganado vacuno y los búfalos. Estos datos deben ser revisados por especialistas nacionales en ganadería, y si se detectan diferencias significativas en las características básicas, los factores de emisión deberán ajustarse en la medida que corresponda.
- **El método de nivel 2:** método más complejo, para el cual se requieren datos detallados y específicos de cada país sobre las necesidades de nutrientes, la ingestión de alimentos y las tasas de conversión del CH₄ aplicables a determinados tipos de alimentos, que más tarde se utilizan para calcular los factores de emisión correspondientes a las categorías de ganado definidas para cada país. El método de nivel 2 se utiliza cuando la fermentación entérica constituye una categoría principal de fuentes (de acuerdo con la definición que se da de éstas, “Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos”) en el caso de las categorías de animales que representan una parte importante de las emisiones totales del país. Los aspectos fundamentales del método de nivel 2 son la determinación de factores de emisión y la reunión de datos de actividad detallados.⁴⁰

1.5.3. Marco Legal. Esta investigación se rige dentro de las siguientes leyes, normas y decretos establecidos por la normatividad Colombiana en vigencia (cuadro 2).

⁴⁰ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de fases de efecto invernadero: Capítulo 4. Agricultura. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2001. 106p http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/4_Agriculture_ES.pdf (20, Mayo, 2010)

Cuadro 2. Marco legal

Norma	Detalle
Constitución Política	Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales
Protocolo de Kyoto	Reducir las emisiones de GEI causantes del calentamiento global
Ley 99 de 1993	Creación del Ministerio del Medio Ambiente.
Ley 164 de 1994	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático"
Ley 629 de 2000	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático"
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de los Recursos Naturales
Decreto 002 de 1982	Emisiones atmosféricas
Decreto 1697 de 1997	Protección y control de la calidad del aire
Decreto 1546 de 2005	Establece el Protocolo de Kyoto en Colombia. Reducir emisiones de CO ₂
Resolución 909 de 2008	Normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y otras disposiciones
Resolución 910 de 2008	Niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres
Resolución 610 de 2010	Norma de calidad del aire o nivel de inmisión
Documento Conpes 3700	Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

1.5.4. Estado del arte. A continuación se expone una serie de trabajos basados en la estimación y cuantificación de GEI, encontrados a nivel internacional, nacional y regional listados en los cuadros 3, 4 y 5 respectivamente.

Cuadro 3. Nivel internacional

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	RESULTADO OBTENIDO	OPINIÓN POR NIVEL
<p>Tesis de maestría Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica⁴¹</p>	<p>El objetivo de este trabajo fue Conocer la huella de carbono institucional para identificar las posibles rutas a seguir para reducir o mitigar las emisiones. En esta investigación se desarrolló un profundo análisis para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con la finalidad de conocer la huella de carbono institucional y la capacidad de remoción de GEI del capital natural que posee la institución.</p>	<p>El promedio de emisiones de GEI entre 2003 al 2006 fue de 2402 ton de CO₂ eq, las actividades que representaron la mayor intensidad de emisiones fueron las relacionadas con las actividades de la finca, (fermentación entérica del ganado, manejo de residuos sólidos y líquidos del ganado, aplicación de fertilizantes sintéticos en cultivos) y las emisiones por viajes aéreos y consumo de combustible (diesel y gasolina) para abastecer la maquinaria y vehículos de la institución. Las remociones promedio de GEI entre 2003 al 2006 fue de 4392 ton de CO₂ eq, los principales usos de suelo en remover CO₂ fueron las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales (plantaciones lineales, arboles dispersos en cultivos y sistemas silvipastoriles).</p>	<p>La construcción de la senda de carbono neutralidad involucra la comprensión de una visión holística de las acciones y factores involucrados, en la cual, el capital natural juega un rol central para determinar la estrategia más adecuada, las estrategias se inician desde un compromiso de política institucional, que abarca no tan solo el objetivo como tal, sino funcionalidades dentro de un marco sistémico de análisis. El manejo de incertidumbre y los escenarios cambiantes de compromisos dentro del marco de cambio climático generan la necesidad de crear nuevos enfoques teóricos y metodológicos para lidiar con la complejidad interna y externa de la institución</p>

⁴¹ GUERRA Leonardo. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Turrialba: Tesis de Maestría en Socioeconómica Ambiental. 2007. 85p <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A1964e/A1964e.html> (20, Mayo, 2010)

<p>Inventario nacional de emisiones de GEI de Bolivia para la década 1990-2000 y su análisis tendencial. "La Paz, Bolivia"⁴²</p>	<p>Realizar un inventario de GEI provenientes de la población ganadera nacional y su desagregación por regiones.</p>	<p>La estimación de emisiones de metano por fermentación entérica por regiones en Bolivia, muestra que el ganado del trópico es el mayor aportante de las mismas, debido fundamentalmente a que en esta región se concentra la mayor cantidad de población bovina del país.</p>	<p>La realización de proyectos e investigaciones que impulsen a la educación ambiental y a la mitigación de GEI; son planes que deben implementarse para llevar adelante actividades de fortalecimiento para una mejor sostenibilidad de la sociedad.</p>
<p>Emisiones y capturas de carbono en México. "D.F México"⁴³</p>	<p>Se consideran que los objetivos básicos del manejo de estas áreas deben dirigirse a la conservación de la diversidad biológica y cultural del país y al ofrecimiento de bienes y servicios derivados de los recursos naturales.</p>	<p>Se puede apreciar que la conservación (específicamente el manejo de bosques naturales) contienen las opciones con mayor potencial de captura de carbono en el país.</p>	<p>Las actividades como la deforestación y la degradación del ecosistema, han alcanzado valores de gran amenaza para la sociedad; debido a que este impacto evita la captación y reducción de los GEI, originando así el cambio climático que enfrenta hoy el planeta.</p>

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁴² BOLIVIA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN: VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la Década 1990 – 2000 y su Análisis Tendencial. La Paz: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2003. 241p. <http://www.mmaya.gob.bo/webpncc/RED%20DE%20INVESTIGACION/PRESENT.%20INVEST.NACIONAL/5Inventarios%20Bolivia%201990%20-%202000%20.pdf> (20, Mayo, 2010)

⁴³ MÉXICO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. Emisiones y captura de carbono en México. Ciudad de México: 2007. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap3.html> (20, Mayo, 2010)

Cuadro 4. Nivel nacional

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	RESULTADO OBTENIDO	OPINIÓN POR NIVEL
Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de usos de suelos en la amazonia colombiana "Amazonia" ⁴⁴	Describir la correlación entre el desarrollo radicular y la captura de carbono de pasturas del genero brachiaria, asociado con leguminosas herbaces y en monocultivo, así como pasturas degradadas en dos fincas de ganado doble propósito ubicado sobre topografías plana y pendiente en el ecosistema bosque húmedo tropical colombiano.	La biomasa promedio de las raíces finas expresada en toneladas de materia seca por hectárea, independientemente de la topografía, disminuyó con la profundidad del suelo. Estos resultados indican que más del 80% de las raíces finas se encuentran en las capas superficiales, en especial, en los primeros 10 centímetros de profundidad, lo que se conoce como una característica de especies vegetales que crecen sobre suelos pobres en nutrientes.	La captación de GEI es una de las principales estrategias que busca reducir el impacto a la atmósfera, el cual está siendo afectada por factores como la degradación de suelos y sus pasturas, por lo cual es necesario determinar la cantidad de GEI que se fija y se acumula en la superficie de la tierra, realizando una evaluación de los usos agrícolas más importantes (agricultura, ganadería u otros) en el sitio de estudio.
Captura de carbono en sistemas de pasturas y silvopastoril en cuatro ecosistemas de América tropical vulnerable al cambio climático, Bogotá. ⁴⁵	Identificar sistemas de pasturas y silvopastoriles que además de representar económicamente atractivas al productor o en particular captura de carbono y recuperación de áreas degradadas.	Los sistemas mejorados de pasturas y silvopastoriles deben ser considerados como alternativas atractivas bajo el punto de vista socio-económico y también ambiental en especial por su capacidad de recuperar áreas degradadas y su potencial de captura de carbono.	En las últimas décadas, el deterioro de los recursos naturales provocado por las actividades humanas ha llevado a plantear estrategia para la recuperación de áreas degradadas, por medio de sistemas de pasturas y silvopastoriles mejorados y bien manejados, buscando consecuentemente la reducción de las emisiones de GEI.

⁴⁴ RAMIREZ, Berta et al. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Florencia: Universidad de la Amazonia y Universidad del Valle. 2009. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm> (30, Mayo, 2012)

⁴⁵ AMESQUITA, María. Pasturas y silvopastoriles en cuatro ecosistemas de América tropical vulnerables al cambio climático. Bogotá: Facultad de Administración Universidad de los Andes. 2008. 12p. <http://www.faae.org.co/PolicyPdf/policy-27.pdf> (30, Mayo, 2012)

<p>Captura y flujo de carbono en silvopastoreo con bovinos en el trópico colombiano.⁴⁶</p>	<p>Evaluar y desarrollar un protocolo para la medición de la captura de carbono en diferentes compartimientos y el flujo entre animales y el suelo como un servicio ambiental en un SSP en clima cálido de Colombia.</p>	<p>Implementación de proyectos de MDL dentro del protocolo de Kyoto: el modelo se utilizó para predecir la biomasa total del sistema radical en todos los árboles de cada parcela y luego su equivalente e carbono por hectárea, tener en cuenta que el monitoreo de la captura de carbono se debe realizar anualmente con el fin de poder determinar la adición ambiental. En base a la información obtenida se pudo proponer y probar una de las propuestas metodológicas de cuantificación de carbono capturado en los diferentes compartimientos del SSP de Colombia</p>	<p>Ha sido notable el deterioro entre el aspecto social y ambiental donde la zona físico, natural o artificial, en la que interactúan los componentes bióticos y abióticos que son afectados positiva o negativamente por las actividades humanas.</p>
---	--	--	--

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 5. Nivel regional

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	RESULTADO OBTENIDO	OPINIÓN POR NIVEL
<p>Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas productoras de leche en el municipio de Guachucal, Nariño⁴⁷</p>	<p>Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas de leche en el municipio de Guachucal, Nariño.</p>	<p>La base económica de las fincas, es venta de leche y crías de bovinos, considerándose la principal fuente de ingresos para los productores del municipio. Las fincas ganaderas se encuentran manejadas por la mezcla de pastos naturales y mejorados. En las cercas vivas las especies más representativas de las fincas fueron la acacia y el pino, utilizadas principalmente para leña, postes y madera.</p>	<p>Se realizó una caracterización biofísica y socioeconómica de las fincas ganaderas del municipio de Guachucal.</p>

⁴⁶ GIRALDO, Luis, et al. Captura y flujo de carbono en silvopastoreo con bovinos en el trópico colombiano. Medellín: Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia. 2007. 3p. http://www.aidaita.org/jornada38/sistemas/miscelanea/m6_giraldo.pdf. (30, Mayo, 2012)

⁴⁷ CAJAS, Cristian y MARTÍNEZ Jesús. Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas productoras de leche en el municipio de Guachucal, Nariño. Pasto: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. 2010. 106p.

<p>Cuantificación de emisión y fijación de carbono en fincas ganaderas tradicionales del departamento de Nariño⁴⁸.</p>	<p>Cuantificación de emisión y fijación de carbono en fincas ganaderas tradicionales del departamento de Nariño (Pasto, Pupiales, Cumbal y Guachucal).</p>	<p>La fermentación entérica producida por diferentes procesos de digestibilidad del ganado es la principal fuentes de GEI en el sistema de producción animal. La fermentación entérica tiene una relación directa con la calidad de las pasturas. El porcentaje en toneladas de carbono emitido en cada municipio es directamente proporcional a la cantidad de cabezas de ganado de cada</p>	<p>Se realizó una evaluación y una caracterización de las fincas ganaderas, de estos municipios, igualmente se cuantifico las emisiones de GEI por agentes contaminantes como fermentación entérica, metano en desechos y oxido Nitroso del sistema ganadero teniendo en cuenta el número de cabezas de ganado y mediante la utilización de ecuaciones</p>
---	--	---	--

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

1.6. METODOLOGÍA

Este trabajo se enmarca dentro de las ciencias ambientales ya que en él se establecen algunas estrategias teóricas para disminuir la carga anual de emisiones de GEI, a partir de la estimación de las emisiones de GEI que estas actividades producen y que aumentan considerablemente por acción del hombre en busca del desarrollo económico continuo.

Considerando lo anterior el enfoque de esta investigación es cuali-cuantitativo, debido a la descripción de variables socioeconómicas, variables numéricas y cuantificación de las cargas anuales de emisiones.

El tipo de investigación es descriptivo-evaluativo, debido a que plantea y analiza el estado actual de cada unidad productiva, para diseñar un grupo de estrategias que mejoren la calidad del ambiente.

Considerando lo anterior, se plantea la hipótesis: “todas las fincas ganaderas catalogadas como medianas en la tipología en ambos municipios necesitan aplicar mayor número de posibles alternativas de mitigación de GEI para reducir emisiones en las categorías de fermentación entérica, manejo del estiércol, suelos agrícolas y consumo de combustible”

⁴⁸ HOYOS, Carlos et al. Cuantificación de emisión y fijación de carbono en fincas ganaderas tradicionales del departamento de Nariño. Pasto: Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. 2009. 121p.

El cuadro 6 muestra las variables que se utilizan para el desarrollo y ejecución del presente trabajo.

Cuadro 6. Variables del trabajo

OBJETIVO ESPECIFICO	VARIABLES INDEPENDIENTE	VARIABLES DEPENDIENTES
Definir una tipología de fincas ganaderas lecheras en los municipios de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> • Categoría de finca (Grande, Mediana y Pequeña) • Variables para el análisis de conglomerados (TIPO DE ENCUESTADO, ORIENTACIÓN PRODUCTIVA, AÑOS DE PERTENENCIA DE LA FINCA, EXTENSIÓN DE LA FINCA, FERTILIZACIÓN DE PASTOS, TIPO DE FERTILIZACIÓN, PRODUCCIÓN TOTAL DE LECHE DIARIA Y NÚMERO TOTAL DE CABEZAS DE GANADO)* 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de Fincas por conglomerado • Selección de las Fincas para aplicación de Encuesta. • Caracterización básica de las fincas seleccionadas (VEREDA, TIPO DE GANADO, EXTENSIÓN DE LA FINCA, NUMERO DE POTREROS, EXTENSIÓN PASTOS MEJORADOS, EXTENSIÓN PASTOS NATIVOS, NUMERO TOTAL DE CABEZAS DE GANADO, VACAS LECHERAS, VACAS SECAS, TERNEROS, TOROS, NUMERO DE ESPECIES FORRAJERAS, PRODUCCIÓN DE LECHE y CONSUMO DE GASOLINA)**
Identificar y estimar teóricamente las emisiones de GEI procedentes de las unidades productivas ganaderas tipo a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente (metodología IPCC nivel 1).	<ul style="list-style-type: none"> • Categorización del ganado vacuno • Cantidad de Estiércol • Cantidad de Combustible usado • Cantidad de Fertilizante Utilizado y tipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica y del manejo del estiércol • Emisiones de N₂O procedentes del manejo del estiércol • Emisiones directas de N₂O procedentes de los suelos agrícolas • Emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, NO y CO del transporte terrestre.
Proponer alternativas de mitigación establecidos para reducir las emisiones de los GEI.	<ul style="list-style-type: none"> • Municipio • Categoría • Emisiones totales de CH₄ en fermentación entérica. • Emisiones totales de CH₄ y N₂O en manejo de estiércol • Emisiones totales de N₂O en suelos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativas de mitigación de CH₄ por fermentación entérica • Alternativas de mitigación de CH₄ y N₂O por manejo de estiércol. • Alternativas de mitigación de CO₂, N₂O, NO y CO por combustión

*Variables que se fijaron para realizar el análisis por conglomerados

**variables que se recolectaron en la aplicación de la encuesta

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

1.6.1. Población y muestra. Todas las fincas de los municipios de estudio (la población) están registradas en un inventario que realizó el programa de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Nariño, para el municipio de Cumbal 200 y para Guachucal 100.⁴⁹ Con base en el registro de todas las fincas ganaderas lecheras (anexo A) se realizó la técnica denominada muestreo por conglomerados con probabilidades idénticas que permitió agrupar objetos por un conjunto de valores de varias variables. Lo anterior se ejecutó con ayuda del software Infostat v2008. De cada conglomerado o grupo de clasificación se eligieron dos fincas (de manera aleatoria), las muestras intencionales, las cuales son el objeto de estudio para la identificación y estimación de las emisiones de GEI. El cuadro 7 muestra el resumen de la población y muestra de estudio.

Las variables independientes para realizar el conglomerado son: tipo de encuestado (Propietario y administrador, administrador o arrendatario), orientación productiva (ganadería de leche y agricultura, ganadería de leche o agricultura), años de pertenencia de la finca, hectáreas totales de la finca, fertilización de pastos (si o no), tipo de fertilización (orgánica y química, química u orgánica), producción total de leche diaria y número total de cabezas de ganado.

El programa de computador mencionado utiliza las anteriores variables como parámetros de entrada junto con la clasificación de las fincas (grandes, medianas y pequeñas) y arroja la organización de las fincas en los grupos determinados. Después, utilizando las variables cuantitativas (años de pertenencia de la finca, hectáreas totales de la finca, producción total de leche diaria y número total de cabezas de ganado), se obtiene una estadística descriptiva básica (media aritmética y desviación estándar) para seleccionar aleatoriamente las fincas que serán las muestras (dos por cada municipio). La muestra se sesga de esta manera porque se cuenta con escasos recursos. De acuerdo con esta condición la ejecución de este trabajo estima aproximadamente las emisiones de GEI y no se podrá realizar una inferencia estricta.

Cuadro 7. Población y muestra

MUNICIPIO	POBLACIÓN	MUESTRA
Cumbal	200 fincas ganaderas lecheras	Dos fincas de cada conglomerado
Guachucal	100 fincas ganaderas lecheras	Dos fincas de cada conglomerado

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁴⁹ LEÓN, Javier et al. Caracterización y evaluación de prácticas silvopastoriles en el sistema de producción papa-pasto-bovinos-leche en fincas ganaderas de los municipios de Paso, Pupiales, Cumbal y Guachucal. Departamento de Nariño. Hacia la sostenibilidad del suelo y agua. Pasto: Investigación del Programa de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Nariño. 2009. 134p.

1.6.2. Diseño metodológico. El cuadro 8 muestra el detalle de las actividades que se ejecutaron para desarrollar el trabajo a través de los objetivos específicos.

Cuadro 8. Diseño Metodológico

OBJETIVO ESPECIFICO	ESTRATEGIAS DE TRABAJO	ACTIVIDADES
Definir una tipología de fincas ganaderas lecheras en los municipios de estudio	Análisis de la base de datos SACHA ⁵⁰ . Visita a fincas tipo y replica y aplicación de encuesta semiestructurada	1. Recolección de información por medio de visita a fincas en cada municipio
		2. Elaboración de base de datos sobre fincas visitadas
		3. Elaboración de tipología y clúster análisis
		4. Identificación y caracterización de grupos de fincas en cada municipio (selección de fincas tipo)
		5. Recolección de información primaria por medio de visitas a fincas tipo
		6. Elaboración de base de datos detallada sobre fincas tipo visitadas
Identificar y estimar las emisiones de GEI procedentes de las unidades productivas ganaderas tipo a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente (metodología IPCC nivel 1)	Identificación de fórmulas matemáticas por factores de emisión	7. Emisiones de Metano procedentes de la fermentación entérica
		8. Emisiones de Metano procedentes del estiércol
		9. Emisiones de óxido nitroso procedentes del estiércol
		10. Emisiones de óxido nitroso procedentes de los suelos agrícolas
		11. Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura
		12. Cuantificación de combustibles fósiles utilizados en el transporte y actividades productivas
		13. Cuantificación de la energía eléctrica empleada en infraestructura y procesos
Proponer lineamientos de mitigación, teóricos, establecidos para reducir las emisiones de los GEI	Compilación de estrategias de mitigación aplicadas en problemáticas similares	14. Identificación de Estrategias de mitigación en fincas lecheras
		15. Elaboración y presentación de informe final

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁵⁰ Ibid., p. 43.

1.6.3. Alcances de los objetivos y resultados esperados. El análisis de este aspecto se resume en el cuadro 9.

Cuadro 9. Alcances y resultados esperados de los objetivos específicos

OBJETIVO ESPECIFICO	ALCANCE	RESULTADOS ESPERADOS
Definir una tipología de fincas ganaderas lecheras en los municipios de estudio	Identificar grupos de fincas de acuerdo a la orientación productiva, años de tenencia, área total, tipo de fertilización, producción de leche diaria y número de semovientes	Encuestas diligenciadas
		Información organizada e identificación de principales variables para clúster
		Análisis de grupos de fincas ganaderas según variables identificadas
		Caracterización socioeconómica; biofísica y tecnológica de fincas.
Identificar y estimar las emisiones de GEI procedentes de las unidades productivas ganaderas tipo a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente (metodología IPCC nivel 1)	Análisis de las emisiones originadas por las actividades y procesos de las fincas ganaderas lecheras tipo	Determinación de fuentes de emisiones de GEI en fincas tipo según clúster análisis en cada municipio.
		Inventario de semovientes en fincas tipo para cuantificar GEI pro fermentación entérica
		Cuantificación de GEI originados por residuos sólidos
		Cuantificación de GEI producidos por fertilizantes sintéticos
		Cuantificación de GEI generados por combustibles fósiles
Proponer lineamientos de mitigación, teóricos, establecidos para reducir las emisiones de los GEI	Establecer estrategias, con el propósito de lograr la reducción de GEI	Identificación de estrategias de mitigación en fincas lecheras

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2. RESULTADOS

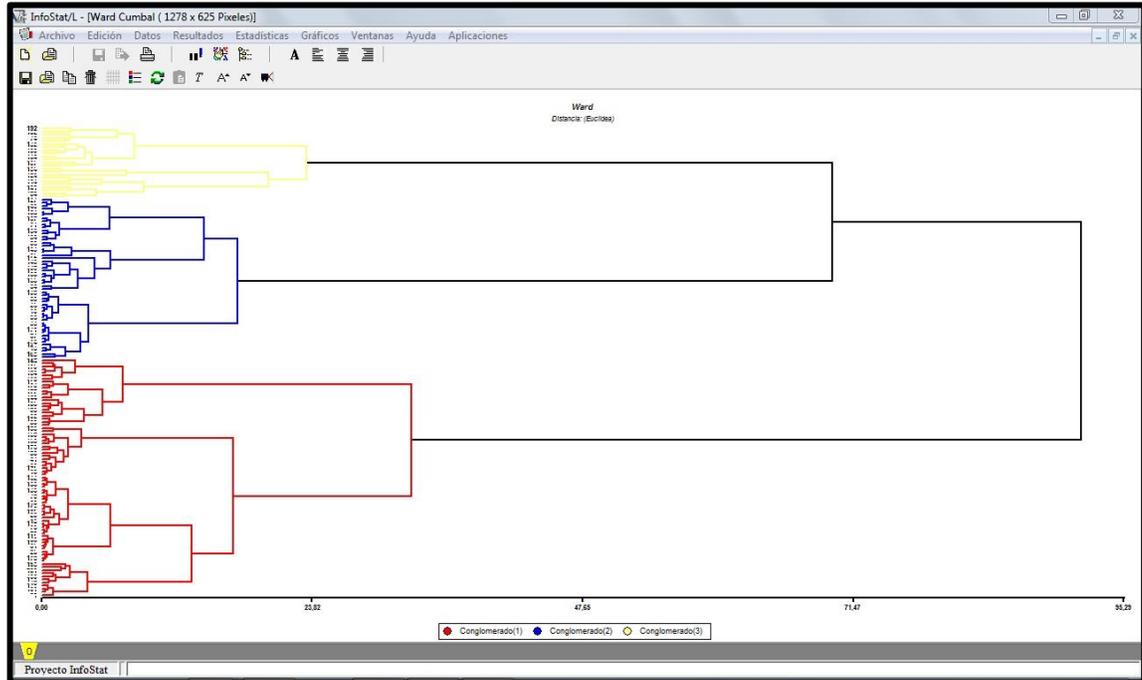
2.1. TIPOLOGÍA DE LOS MUNICIPIOS DE CUMBAL Y GUACHUCAL

Para cumplir con el primer objetivo planteado, inicialmente, todas las fincas de ambos municipios (200 en Cumbal y 100 en Guachucal), se sometieron al proceso de análisis por conglomerados, clasificando a las fincas en grandes, medianas y pequeñas, luego, de cada categoría de finca se extrajo 2 fincas por cada municipio (seis fincas en Cumbal y 6 fincas en Guachucal). Por último se aplicó la encuesta a las doce fincas seleccionadas (la muestra) para su posterior caracterización.

2.1.1. Análisis por conglomerados. Dentro de las técnicas de estadística multivariable existen varios métodos para el análisis de la información, entre ellos se encuentra el análisis por conglomerados o por agrupación (también llamado clúster), el cual fue utilizado para el desarrollo de este objetivo con ayuda del software Infostat v2008. Para el análisis se fijó las categorías de las fincas ganaderas lecheras, de acuerdo al interés del autor, en este caso: grandes, medianas y pequeñas y las variables independientes mencionadas (tipo de encuestado, orientación productiva, años de pertenencia de la finca, hectáreas totales de la finca, fertilización de pastos, tipo de fertilización, producción total de leche diaria y número total de cabezas de ganado).

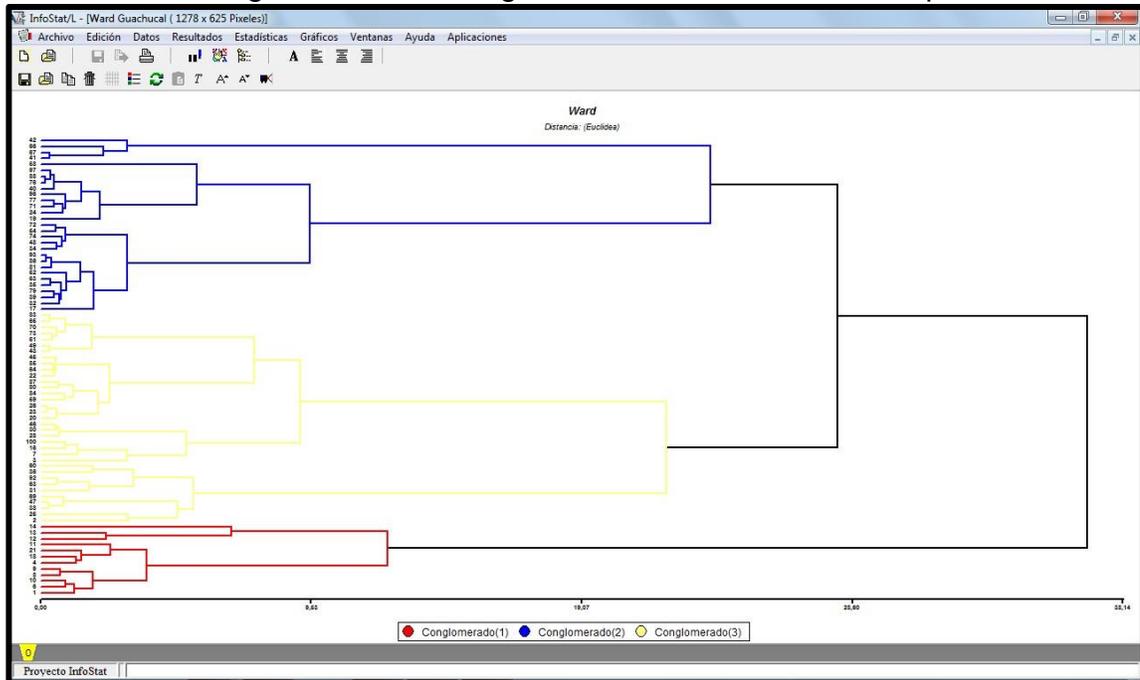
El principal resultado, con el programa de computador mencionado, es la organización de todas las fincas de ambos municipios (200 en Cumbal y 100 en Guachucal) dentro de los grupos o categorías determinadas (grandes, medianas y pequeñas), lo cual puede observarse en los dendogramas para los municipios de Cumbal y Guachucal, gráfica 1 y 2 respectivamente, resumidas en el cuadro 10 (para detallar la clasificación completa de todas las fincas puede acceder al anexo B). Cabe mencionar que el análisis por conglomerados que se utilizó es el denominado de intervalo, ya que se utilizaron como variables principales las variables cuantitativas (años de pertenencia de la finca, hectáreas totales de la finca, producción total de leche diaria y número total de cabezas de ganado).

Gráfica 1. Dendrograma de las categorías de las fincas del municipio de Cumbal



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Gráfica 2. Dendrograma de las categorías de las fincas del municipio de Guachucal



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 10. Clasificación de las fincas en los municipios de Cumbal y Guachucal

MUNICIPIO	NUMERO DE FINCAS POR CATEGORÍA				TOTAL DE FINCAS
	GRANDES	MEDIANAS	PEQUEÑAS	SC*	
Cumbal	23	77	52	48	200
Guachucal	12	35	29	24	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

*SC: Sin clasificar (debido a falta de datos)

Ambos municipios se caracterizan por tener similares porcentajes en la clasificación de las fincas. Se puede apreciar que en los municipios predominan las unidades productivas (fincas ganaderas lecheras) denominadas medianas representadas con un 38,5% para Cumbal y 35% en Guachucal. El 11,5% y el 12% de las fincas en Cumbal y Guachucal respectivamente se pueden considerar como grandes. Las fincas, catalogadas como, pequeñas están representadas por el 26% en Cumbal y el 29% en Guachucal. En cada municipio existe el 24% de las fincas totales que no tienen clasificación (porcentaje asociado a las fincas que carecen de toda la información y por lo tanto el software no las clasificó).

El anterior comportamiento está relacionado con la principal característica del sector rural de los dos municipios; el minifundio⁵¹, representado por el 50% y el 47% de las fincas en Cumbal y Guachucal respectivamente, “cualidad que posee la mayoría de la zona rural de la región andina del departamento de Nariño”.⁵²

2.1.2. Selección de las fincas. Luego de clasificar las fincas de ambos municipios, se selecciona de manera aleatoria doce de ellas, las denominadas fincas tipo, a través de muestreo intencional (seis en Cumbal y seis en Guachucal). Se tuvo en cuenta una estadística descriptiva básica para la elección al azar de las unidades productivas que son las muestras (dos por cada categoría en cada municipio, una de ellas la finca tipo y la otra la finca réplica o testigo). La muestra se sesga de esta manera porque se contó con escasos recursos. Por lo tanto la ejecución de este trabajo se lo considera como estudio piloto o caso de estudio, ya que estima aproximadamente las emisiones de GEI y no se podrá realizar una inferencia estricta. Las fincas que se eligieron se exponen en el cuadro 11.

⁵¹ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE GUACHUCAL. Página oficial del municipio de Guachucal. Guachucal. 2009. <http://www.guachucal-nariño.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m1s2--&m=T> (30, Junio, 2012)

⁵² COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Op. Cit. p.19.

Cuadro 11. Fincas tipo

MUNICIPIO	CATEGORÍA		SÍMBOLO	PRODUCTOR DE LAS FINCAS
Cumbal	Grande	Tipo	(G-T)	María del Carmen Martínez
		Réplica	(G-R)	Álvaro Tipaz
	Mediana	Tipo	(M-T)	Leonel Leyton Burbano
		Réplica	(M-R)	Gerardo Tipaz
	Pequeña	Tipo	(P-T)	Franco Armando Morcillo
		Réplica	(P-R)	Adelmo Puerres Tipaz
Guachucal	Grande	Tipo	(G-T)	Ramón Tatalcha
		Réplica	(G-R)	Luis Alberto Cuastumal
	Mediana	Tipo	(M-T)	Carlos Gil
		Réplica	(M-R)	Libio Charfuelan
	Pequeña	Tipo	(P-T)	Fidencio Caipe
		Réplica	(P-R)	Humberto Cuatin

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cada una de las fincas de los productores indicadas en el cuadro 11 cumplen con los atributos establecidos en el cuadro 12, resultado del análisis descriptivo básico (promedio, \bar{x} , y rango, $\bar{x} \pm s$). Para una mejor comprensión acerca de la elección de las fincas se debe analizar el anexo B.

Cuadro 12. Rangos y promedio de las variables para las fincas tipo

MUNICIPIO	CATEGORÍA	TIEMPO DE PERTENENCIA, años		EXTENSIÓN DE LA FINCA, ha		PRODUCCIÓN DE LECHE, L/día		CABEZAS TOTALES DE GANADO	
		\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$	\bar{x}	$\bar{x} \pm s$
Cumbal	Grande	29,0	46,5 11,5	15,5	27,5 3,6	207,1	334,9 79,4	28,2	43,7 12,7
	Mediana	19,5	30,1 9,0	4,3	7,5 1,0	53,7	84,6 22,9	10,1	16,0 4,3
	Pequeña	16,0	25,3 6,7	4,3	8,1 0,4	44,3	68,3 20,4	7,5	11,6 3,5
Guachucal	Grande	29,2	37,1 21,2	10,2	14,9 5,5	197,5	252,6 142,4	18,2	28,6 7,8
	Mediana	16,9	26,7 7,2	2,9	5,0 0,8	55,9	91,1 20,7	7,1	11,3 2,8
	Pequeña	19,8	32,0 7,6	1,7	2,7 0,6	33,9	53,0 14,8	4,9	7,4 2,5

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.1.3. Caracterización de las fincas tipo. Una vez seleccionadas las fincas tipo, se prosigue a realizar la caracterización socioeconómica y biofísica (la tipología básica) por medio de la herramienta participativa denominada encuesta semiestructurada (anexo C), empleando intercomunicación oral con el productor y observación de campo. Este instrumento está dividido en 18 variables, las cuales se sistematizaron en archivos de formato xls (anexo D). La aplicación de la encuesta permite conocer el estado actual de las fincas ganaderas lecheras de los municipios. Teniendo en cuenta lo anterior, los cuadros 13 y 14 resumen la descripción de las principales características (aspectos técnicos y productivos, capital natural, manejo de las fincas y otras.) de las fincas ganaderas lecheras tipo y replica de los municipios de Cumbal y Guachucal respectivamente.

Cuadro 13. Tipología básica de las fincas ganaderas lecheras del municipio de Cumbal

MUNICIPIO DE CUMBAL							
VARIABLE	UNIDAD	FINCA					
CONTADOR		1C	2C	3C	4C	5C	6C
CATEGORÍA	--	P-T	P-R	M-T	M-R	G-T	G-R
PRODUCTOR	--	Franco Morcillo	Adelmo Puerres	Leonel Burbano	Gerardo Tipaz	Maria Martinez	Alvaro Tipaz
VEREDA	--	El Laurel	Cuaspud Grande	Boyera	Cuaspud Chiquito	Nazate	Cuical S.J.
TIPO DE GANADO	--	Lechero					
EXTENSIÓN DE LA FINCA	ha	7	3	8	15	25	30
NUMERO DE POTREROS	und	8	7	3	10	15	8
EXTENSIÓN PASTOS MEJORADOS	ha	1	1	2	10	15	2
EXTENSIÓN PASTOS NATIVOS	ha	7	1	1	0	5	6
NUMERO TOTAL DE CABEZAS DE GANADO	und	24	10	21	27	28	38
VACAS LECHERAS	und	14	5	12	18	10	25
VACAS SECAS	und	4	2	8	6	14	8
TERNEROS	und	5	3	0	3	4	5
TOROS	und	1	0	1	0	0	0
NUMERO DE ESPECIES FORRAJERAS	und	5	3	4	4	5	4
PRODUCCIÓN DE LECHE	L/día	126	50	204	342	100	375
CONSUMO DE GASOLINA	gal/año	0,0	52,0	106,3	372,2	160,0	104,0

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 14. Tipología básica de las fincas ganaderas lecheras del municipio de Guachucal

MUNICIPIO DE GUACHUCAL							
VARIABLE	UNIDAD	FINCA					
CONTADOR		1G	2G	3G	4G	5G	6G
CATEGORÍA	--	P-T	P-R	M-T	M-R	G-T	G-R
PRODUCTOR	--	Fidencio Caípe	Humberto Cuatín	Carlos Gil	Libio Charfuelan	Ramon Tatalcha	Luis Cuastumal
VEREDA	--	Cristo Bajo	Cristo Bajo	Guachucal	Cualapud Bajo	Guachucal	Mayo
TIPO DE GANADO	--	Lechero					
EXTENSIÓN DE LA FINCA	ha	1	0,032	6	3,5	10	6
NUMERO DE POTREROS	und	2	4	16	5	20	8
EXTENSIÓN PASTOS MEJORADOS	ha	0	0	6	0	1	5
EXTENSIÓN PASTOS NATIVOS	ha	1	0,032	0	3,5	9	1
NUMERO TOTAL DE CABEZAS DE GANADO	und	13	4	12	18	31	29
VACAS LECHERAS	und	6	2	4	8	18	14
VACAS SECAS	und	4	0	4	7	0	7
TERNEROS	und	2	2	0	2	12	8
TOROS	und	1	0	4	1	1	0
NUMERO DE ESPECIES FORRAJERAS	und	2	1	6	2	3	4
PRODUCCIÓN DE LECHE	L/día	90	9	58	140	450	245
CONSUMO DE GASOLINA	gal/año	104,0	0,0	91,9	208,0	91,9	53,1

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

De acuerdo con la tipología básica, ver cuadros 13 y 14, se puede analizar que existe una relación directa entre la extensión de cada finca tipo y la categorización otorgada. En Guachucal las fincas tipo catalogadas como grandes presentan un promedio de 8 ha (el cual se encuentra entre el rango 14,9 y 5,5 ha obtenido por el análisis descriptivo básico, cuadro 18), las medianas 4,75 ha (entre 5,0 y 0,8 ha) y las pequeñas 0,516 ha (entre 2,7 y 0,6). En Cumbal, las fincas tipo grandes tienen un promedio de 27 ha (de acuerdo al rango de variables de las fincas, cuadro 18, entre 27,5 y 3,6 ha) seguidas de las medianas 11.5 ha (entre 7,5 y 1,0 ha) y las pequeñas 5 ha (entre 8,1 y 0,4 ha). Teniendo en cuenta que los datos de las fincas tipo se recolectaron a partir de encuestas, se puede haber cometido errores, debido a que la herramienta mencionada la respondieron los productores y ellos pueden haber contestado de manera equivocada.

La distribución de las fincas en ambos municipios, en las categorías establecidas, tiene gran semejanza. Se puede observar que las fincas pequeñas representan un 26% en Cumbal y 29% en Guachucal, las medianas, un 38,5% para Cumbal y 35% en Guachucal y las grandes un 11,5% y el 12% en Cumbal y Guachucal respectivamente. De acuerdo a lo anterior, las fincas medianas en ambos municipios son la categoría de fincas que más predomina. Cabe mencionar, que en cada municipio existe el 24% de las fincas totales que no tienen clasificación,

esto debido a que algunas unidades productoras no respondieron en algunas de las variables utilizadas en el análisis de conglomerados.

El número de potreros, en las fincas ganaderas lecheras tipo, tiene la tendencia de estar divididos, ya que (según los productores) se debe alimentar al ganado proporcionalmente permitiendo mejor manejo de los animales, para garantizar un adecuado uso de la tierra dedicada al cultivo de pastos para la producción de leche.

Las unidades productivas tipo de leche en Guachucal tienen en común no disponer de extensiones de pastos mejorados y especies forrajeras (raigrás, pasto azul, orchoro y trébol rojo) y contar en su gran mayoría con pastos nativos. En cambio, las fincas tipo de Cumbal disponen de una variedad amplia de especies forrajeras y poseen extensiones considerables de pastos mejorados. Las dos características mencionadas están íntimamente ligadas con el potencial para que el animal desarrolle las funciones de producción (relacionada con los ingresos de los productores), lo que se puede evidenciar en la obtención diaria de leche. Lo anterior se justifica ya que los forrajes suministran complementos alimenticios nutritivos al ganado que permiten mejorar la calidad y volumen del sustrato (alimento) y su vez elevar la producción de leche⁵³.

Es importante resaltar la relación entre las variables: extensión de la finca, vacas lecheras y producción de leche. De acuerdo a la tipología básica de ambos municipios (cuadros 13 y 14 para Cumbal y Guachucal respectivamente) las fincas grandes tipo poseen mayor número de vacas lecheras y así mismo se comporta la producción de leche. En las fincas tipo de Guachucal existe la tendencia de ejercer actividades de ganadería intensiva, ya que el sistema de crianza de ganado se lleva a cabo en pequeñas extensiones de terreno y el alimento es llevado donde se encuentren los animales⁵⁴, para las fincas pequeñas, medianas y grandes existe un promedio de 0,13, 0,79 y 0,5 hectáreas por vaca lechera respectivamente. En las fincas tipo de Cumbal se puede decir que la ganadería desarrollada es extensiva ya que se lleva a cabo en grandes extensiones, 0,5, 0,77 y 1,8 hectáreas disponibles para cada cabeza de ganado lechero en unidades productivas pequeñas, mediana y grandes respectivamente. Para encontrar información adicional acerca de la relación entre variables se debe observar el anexo E.

⁵³ BERNAL, Javier. Manual de Nutrición y fertilización de Pastos. Quito: International Plan Nutrition Institute (IPNI), 2003. 100p. [http://nla.ipni.net/articles/NLA0070-EN/\\$FILE/L%20Pastos.pdf](http://nla.ipni.net/articles/NLA0070-EN/$FILE/L%20Pastos.pdf) (30, Junio, 2012)

⁵⁴ COLOMBIA. FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO (FINAGRO). Página Oficial FINAGRO. Bogotá: Sistemas de información Sectorial. 2011. http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php (30, Junio, 2012)

El consumo de gasolina en las fincas tipo se refiere en gran parte al combustible utilizado por los propietarios para transportar la leche hasta los centros de acopio. En Cumbal las fincas tipo consumen más energía que las de Guachucal, esto se ve representado por un total de consumo promedio de casi 400 gal/año para Cumbal y 275 gal/año para el otro municipio.

De acuerdo a este caso de estudio, se establece que las fincas pequeñas, medianas y grandes en el municipio de Cumbal tienen, en promedio entre la finca tipo y la réplica, las siguientes características cuantitativas respectivamente: 5, 11.5 y 27.5ha de extensión, 88, 273 y 237.5L/día de leche producida, 26, 239.25 y 132gal/año de gasolina consumida y 17, 24, y 33 cabezas de ganado en total. El promedio para Guachucal, de las características cuantitativas de las fincas pequeñas, medianas y grandes respectivamente son: 0.516, 4.75 y 8ha de extensión, 8.5, 15 y 30 cabezas de ganado, 49.5, 99 y 347.5L/día de leche producida y 52, 149.95 y 72gal/año de gasolina consumida.

2.2. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN TEÓRICA DE LAS EMISIONES DE GEI PROCEDENTES DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS GANADERAS TIPO

Para dar cumplimiento y explicar en detalle los resultados de este objetivo a continuación se establecen los métodos para estimar la cantidad de GEI generados en las fincas ganaderas lecheras tipo de los municipios de estudio. Dicha metodología se extrajo en su totalidad de las directrices del IPCC⁵⁵, para lo cual se realiza un inventario ganadero que tuvo en cuenta la caracterización por categoría y subcategoría del ganado vacuno y ovino, ver cuadro 15.

⁵⁵ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC, Op. Cit. p. 35.

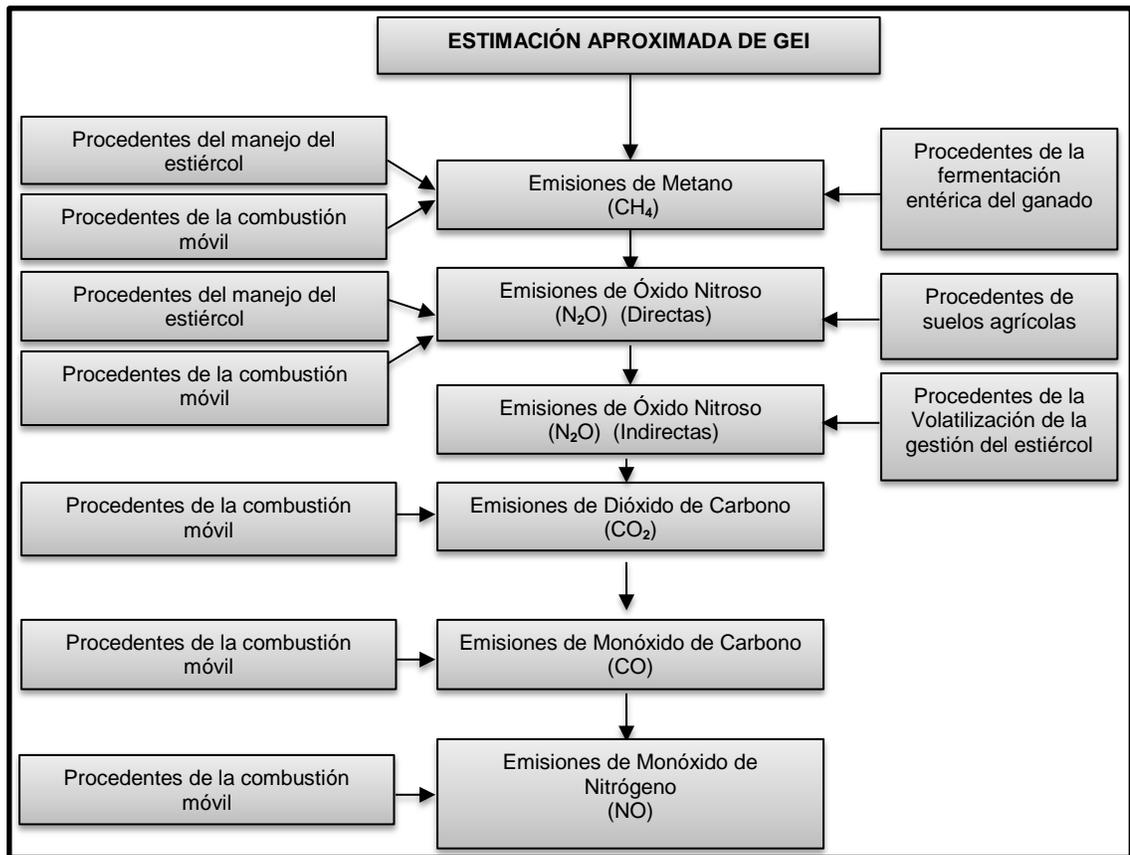
Cuadro 15. Categorías y subcategorías de ganado vacuno y ovino

CATEGORÍAS REPRESENTATIVAS DE GANADO VACUNO Y BÚFALOS	
Categorías principales	Subcategorías
Vacas lecheras adultas o búfalas lecheras adultas	Vacas o búfalas lecheras de alto rendimiento que hayan parido por lo menos una vez y que se utilicen principalmente para producción lechera. Vacas o búfalas lecheras de bajo rendimiento que hayan parido por lo menos una vez y que se utilicen principalmente para producción lechera.
Otros animales vacunos adultos o búfalos adultos no lecheros	Hembras: Vacas destinadas principalmente a la producción de carne. Vacas utilizadas con más de un fin productivo: para producción de leche, carne o animales de tiro Machos: Toros utilizados con fines de reproducción. Bueyes utilizados principalmente como animales de tiro. Novillos destinados a la producción de carne
Vacunos o búfalos jóvenes	Terneros en la etapa anterior al destete. Vacunos o búfalos de crecimiento Vacunos o búfalos alimentados principalmente con granos en corrales de engorde

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Para la estimación teórica y aproximada de las emisiones de GEI se estableció un orden jerárquico, ver figura 6, de las cuales se sistematizaron las ecuaciones propuestas por el IPCC en hojas de cálculo en Excel (anexo F), es importante destacar que los gases de efecto invernadero se incluyen en los procesos mencionados de generación de CO₂, CH₄, N₂O, NO y CO.

Figura 6. Orden jerárquico de la estimación teórica aproximada de GEI



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.2.1. Emisiones de metano (CH₄). En los cuadros 16 y 17 se describen los conceptos y ecuaciones requeridas para cuantificar este tipo de emisiones en cada unidad productiva.

Cuadro 16. Ecuaciones empleadas en la estimación de CH₄

Variable	N	Ecuación
Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica en el ganado doméstico		
Emisiones procedentes de una categoría de ganado	1	$Emisiones = FE \cdot \frac{Poblacion}{(10^6)}$
Emisiones totales procedentes del ganado	2	$Emisiones\ Totales\ de\ CH_4 = \sum_i E_i$
Emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol		
Emisiones de CH ₄ procedentes del manejo del estiércol	3	$Emisiones\ de\ CH_4(mm) = FE \cdot \frac{Poblacion}{(10^6)}$

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 17. Descripción de parámetros para la estimación de CH₄, del cuadro 22.

N Ecuación	Parámetro	Significado	Unidades	Valor
1	Emisiones	Emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica	Gg de CH ₄ /año	----
	FE ⁵⁶	Factor de emisión correspondiente a una población específica	kg/cabeza/año	64 (Hembras) 49 (Jóvenes y Machos)
	Población	Número de animales	Número de cabezas	----
2	Emisiones totales	Emisiones totales de metano procedentes de la fermentación entérica	Gg de CH ₄ /año	-----
	índice i	Suma de todas las categorías y subcategorías de ganado	Adimensional	-----
	Ei	Emisiones correspondientes a la cantidad i de categorías y subcategorías de ganado	Adimensional	-----
3	Emisiones de CH ₄ (mm)	Emisiones de CH ₄ procedentes del manejo del estiércol para una población definida	Gg/año	---
	FE ⁵⁷	Factor de emisión correspondiente a la población de ganado	kg/cabeza/año	1
	Población	Número de cabezas que integra la población de ganado	Número de cabezas	-----

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁵⁶ Ibid., p. 53.

⁵⁷ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Module 4 Agriculture. Santiago de Chile. 1996. 22p. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch4wb1.pdf> (30, Junio, 2012)

2.2.1.1. Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica. La cantidad de metano entérico que se emite depende principalmente del número de animales, el tipo de aparato digestivo, la clase y la cantidad de alimentos que consumen. La producción de metano es parte de los procesos digestivos normales de los animales herbívoros (rumiantes vacunos) durante la digestión, los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentan el alimento consumido por el animal (la celulosa). Esta descomposición (la fermentación entérica) se origina en el rumen, órgano del sistema digestivo que hace parte del estómago, en el cual microorganismos (bacterias) producen la encima celulasa que descompone la celulosa en moléculas más simples (D-glucosa). Los gases producidos en este proceso, como subproductos, (metano y anhídrido carbónico) son expulsados al ser exhalados o eructados por el animal⁵⁸. El cuadro 18 muestra el resumen de las emisiones de metano referidas a la fermentación entérica.

Cuadro 18. Emisiones de metano por fermentación entérica

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg CH ₄ /año	PROMEDIO Gg CH ₄ /año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,0014	0,0010	52	0,0520	24,4
	Adelmo Puerres		0,0006				
	Leonel Burbano	Mediana	0,0013	0,0015	77	0,1155	54,1
	Gerardo Tipaz		0,0017				
	María Martínez	Grande	0,0017	0,0020	23	0,0460	21,5
	Alvaro Tipaz		0,0024				
TOTAL					152	0,2135	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,0008	0,0005	29	0,0147	21,5
	Humberto Cuatin		0,0002				
	Carlos Gil	Mediana	0,0008	0,0009	35	0,0325	47,6
	Libio Charfuelan		0,0011				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,0018	0,0017	12	0,0211	30,9
	Luis Cuastumal		0,0017				
TOTAL					76	0,0684	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

De acuerdo al cuadro 18 las mayores emisiones de CH₄ por fermentación entérica se presentan en las fincas tipo del municipio de Cumbal (0,2135 Gg de CH₄/año), ya que aquí existen, de acuerdo al inventario de fincas, más unidades productivas lecheras que en el municipio de Guachucal. En ambos municipios las fincas ganaderas lecheras tipo presentan un promedio de emisiones proporcional con la categoría propuesta, las denominadas grandes emiten más cantidad de metano que las otras dos categorías y las pequeñas son las unidades que emiten menos. Además, las fincas tipo medianas emiten más metano, debido a que existen en mayor número de fincas presentes para esta categoría, con respecto a las demás (grandes y pequeñas). De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que las emisiones de metano van directamente relacionadas con el número de cabezas de ganado, el número de fincas y el tamaño de la finca.

⁵⁸ BERRA, Op. Cit. p. 30.

2.2.1.2. Emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol. El estiércol del ganado está compuesto principalmente de materia orgánica. Cuando esta se descompone en un medio anaeróbico, las bacterias metanogénicas producen metano (CH₄). Estas condiciones se dan a menudo cuando se manejan grandes cantidades de animales en espacios limitados. Las emisiones de metano procedentes del estiércol dependen de la disposición y del manejo en el sistema de pasturas que puede ser en forma líquida y en forma sólida, si no hay un adecuado manejo se presenta una descomposición de la materia (estiércol) en condiciones anaeróbicas las cuales tienden a producir metano; sin embargo la temperatura y la humedad influyen en el desarrollo de las bacterias responsables de su formación. La composición del estiércol, que depende de la dieta de los animales, también afecta la cantidad de metano producido, cuanto mayor es el contenido energético y la digestibilidad del alimento, mayor es el potencial de emisión de metano⁵⁹. El cuadro 19 muestra el resumen de las emisiones de metano referidas al manejo del estiércol.

Cuadro 19. Emisiones de metano por manejo del estiércol

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg CH ₄ /año	PROMEDIO Gg CH ₄ /año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000024	0,000016	52	0,000832	24,2
	Adelmo Puerres		0,000008				
	Leonel Burbano	Mediana	0,000021	0,000024	77	0,001848	53,7
	Gerardo Tipaz		0,000027				
	María Martínez	Grande	0,000028	0,000033	23	0,000759	22,1
	Alvaro Tipaz		0,000038				
TOTAL					152	0,003439	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,000013	0,000009	29	0,000247	21,8
	Humberto Cuatin		0,000004				
	Carlos Gil	Mediana	0,000012	0,000015	35	0,000525	46,4
	Libio Charfuelan		0,000018				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,000031	0,000030	12	0,000360	31,8
	Luis Cuastumal		0,000029				
TOTAL					76	0,001132	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

En ambos municipios las fincas ganaderas lecheras tipo grandes presentan un promedio de generación de emisiones de CH₄, por manejo de estiércol, más alto que las demás categorías. Los resultados muestran una proporcionalidad entre el tamaño de las fincas y el promedio de emisiones de metano procedentes del manejo de estiércol. En repetida ocasión las fincas tipo denominadas medianas presentan la mayor generación de metano, seguidas de las pequeñas y por último las grandes. Lo anterior se justifica ya que en ambos municipios existen mayor número de fincas medianas.

⁵⁹ Ibid., p. 56.

2.2.2. Emisiones de de óxido nitroso (N₂O). Las ecuaciones utilizadas para la estimación de emisiones de óxido nitroso (N₂O), se indican en los cuadros 20 y 21.

Cuadro 20. Ecuaciones empleadas en la estimación de N₂O⁶⁰

Variable	Nº	Ecuación
Emisiones directas de N₂O procedentes de los suelos agrícolas		
Emisiones directas de N ₂ O procedentes de los suelos agrícolas	4	$N_2O_{DIRECTO-N} = [(F_{SN} + F_{EA} + F_{NB} + F_{RC}) * FE_1] + (F_{SO} * FE_2)$ <p>La conversión de las emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O se realiza mediante la siguiente ecuación: N₂O = N₂O-N • 44/28</p>
Emisiones directas de N₂O procedentes del manejo del estiércol		
Emisiones de N ₂ O procedentes del manejo del estiércol	5	$N_2O_{DIRECTO-N} = \sum_{(S)} \{ [\sum_{(T)} \{ (N_{(T)} * Nex_{(T)} * SM_{(T,S)}) \}] * FE_{3(S)} \}$ <p>la conversión de las emisiones de (N₂O-N)_(mm) en emisiones de N₂O_(mm) se realiza mediante la siguiente ecuación: $N_2O_{(mm)} = (N_2O-N)_{(mm)} * 44/28$</p>
Perdidas de nitrógeno debido a la volatilización de la gestión del estiércol – Indirectas		
Perdidas de nitrógeno debido a la volatilización de la gestión del estiércol	6	$N_{Volatilizacion-MMS} = \sum_s \left[\sum_T \left[(N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,S)}) * \left(\frac{FracGasMS}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 21. Descripción de parámetros para la estimación de N₂O del cuadro 26

Nº Ecuación	Parámetro	Significado	Unidades	Valor
4	$N_2O_{DIRECTO-N}$	Emisión de N ₂ O en unidades de	Nitrógeno	----
	F_{SN}	Cantidad anual de nitrógeno en los fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos.	Adimensional	Cantidad anual de fertilizante
	F_{EA}	Cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal aplicado intencionalmente a los suelos.	Adimensional	$\frac{(Nex * 100)}{\% \text{ estiercol}}$
	F_{NB}	Cantidad de nitrógeno fijado por las variedades fijadoras de N que se cultivan anualmente.	Adimensional	0

⁶⁰ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC, Op. Cit. p. 55.

Cuadro 21. (Continuación)

4	F_{RC}	Cantidad de nitrógeno en residuos de cosechas que se reintegran anualmente a los suelos	Adimensional	0
	F_{SO}	Superficie de suelos orgánicos que se cultiva anualmente	Adimensional	0
	FE_1^{61}	Factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de N.	Kg de N_2O -N/kg aporte de N	0,0125
	FE_2^{62}	Factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes del cultivo de suelos orgánicos.	Kg de N_2O -N/ha-año	5
5	N_2O -N(mm)	Emisiones de N_2O -N procedentes del manejo del estiércol en el país	kg de N_2O -N/año	----
	$N_{(T)}$	Número de cabezas por especie o categoría T de ganado en el país	Adimensional	----
	$N_{ex(T)}^{63}$	Excreción anual media de N por cabeza de cada especie o categoría T en el país	kg de N/animal/año	70
	$SM_{(T,S)}$	Fracción de la excreción total anual por cada especie o categoría T de ganado incluida en el sistema S de manejo del estiércol en el país	Adimensional	$\frac{\text{Fraccion para C/especie}}{\text{fraccion total}}$
	$FE_{3(S)}^{64}$	Factor de emisión de N_2O para el sistema S de manejo del estiércol en el país	(kg de N_2O -N/kg de N en el sistema S de manejo del estiércol)	0,2
	S	Sistema de manejo del estiércol	Adimensional	----
	T	Especie o categoría de ganado	Adimensional	----
6	$N_{\text{volatilización-MMS}}$	Cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x .	kg N año ⁻¹	----
	$Frac_{GasMS}^{65}$	Porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH_3 y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S.	%	0,2

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.2.2.1. Emisiones de óxido nitroso (N_2O) procedentes del manejo del estiércol. En esta sección se estima el óxido nitroso (N_2O) producido durante el almacenamiento y tratamiento del estiércol antes de su depósito en los campos. El término “estiércol” se usa en esta parte del informe de manera colectiva (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. La emisión de N_2O procedente del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento depende del

⁶¹ Ibid., p. 58

⁶² Ibid., p. 58

⁶³ Ibid., p.58.

⁶⁴ Ibid., p.58.

⁶⁵ Ibid., p.58.

contenido de nitrógeno y carbono del estiércol, así como de la duración del almacenamiento y el tipo de tratamiento. La expresión “manejo del estiércol” se utiliza como denominación colectiva de todas las formas de almacenamiento y tratamiento del estiércol.

En el caso de los animales cuyo estiércol no se somete a ningún tipo de manejo (es decir, animales que pastan en praderas o pastizales, que se alimentan con forraje o en potreros, o que se mantienen en corrales cerca de las casas), el estiércol no se almacena ni se trata, sino que se deposita directamente en los campos. Las directrices del IPCC se refieren a este sistema de “manejo del estiércol” como “praderas y pastizales”. Las emisiones de N₂O generadas por el estiércol en el sistema de “praderas y pastizales” proceden directa o indirectamente del suelo, y por lo tanto deben declararse dentro de la categoría de “suelos agrícolas” del IPCC. Sin embargo, como el método de estimación de las emisiones de N₂O de praderas y pastizales es igual al que se aplica a otros sistemas de manejo del estiércol, se decide analizar el sistema de praderas y pastizales en esta sección del informe de orientación sobre las buenas prácticas⁶⁶. El cuadro 22 muestra el resumen de las emisiones de óxido nitroso referidas al manejo del estiércol.

Cuadro 22. Emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg N ₂ O/año	PROMEDIO Gg N ₂ O/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000021	0,000015	52	0,000773	23,5
	Adelmo Puerres		0,000009				
	Leonel Burbano	Mediana	0,000019	0,000024	77	0,001851	56,2
	Gerardo Tipaz		0,000029				
	María Martínez	Grande	0,000018	0,000029	23	0,000668	20,3
	Alvaro Tipaz		0,000040				
TOTAL					152	0,003292	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,000008	0,000006	29	0,000173	19,8
	Humberto Cuatin		0,000004				
	Carlos Gil	Mediana	0,000011	0,000011	35	0,000396	45,3
	Libio Charfuelan		0,000012				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,000030	0,000025	12	0,000305	35,0
	Luis Cuastumal		0,000021				
TOTAL					76	0,000873	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

En las fincas tipo del municipio de Cumbal se puede observar que las emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol están directamente relacionadas con las cabezas de ganado y a que en ninguna de las fincas se hace un adecuado manejo del estiércol. En Guachucal existe una alternativa de manejo de estiércol, que consiste en recogerlo para la elaboración artesanal de abonos.

⁶⁶ BERRA, Op. Cit. p. 30.

2.2.2.2. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) procedentes de pérdidas de nitrógeno debido a la volatilización de la gestión del estiércol – indirectas. El cálculo (Nivel 1 IPCC) de la volatilización del nitrógeno en forma de hidruro de nitrógeno (NH₃) y óxidos de nitrógeno (NO_x) de sistemas de gestión del estiércol se basa en la multiplicación de la cantidad de nitrógeno excretada (de todas las categorías de ganado) y gestionada en cada sistema de manejo del estiércol por una fracción de nitrógeno volatilizado. Entonces, se suman las pérdidas de todos los sistemas de gestión del estiércol⁶⁷. El cuadro 23 muestra el resumen de las emisiones de óxido nitroso referidas a las pérdidas de nitrógeno debido a la volatilización del manejo del estiércol.

Cuadro 23. Emisiones de óxido nitroso por pérdidas de nitrógeno por volatilización del manejo del estiércol

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg N ₂ O/año	PROMEDIO Gg N ₂ O/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000000	0,000005	52	0,000235	8,5
	Adelmo Puerres		0,000009				
	Leonel Burbano	Mediana	0,000019	0,000024	77	0,001848	67,2
	Gerardo Tipaz		0,000029				
	María Martínez	Grande	0,000018	0,000029	23	0,000667	24,3
	Alvaro Tipaz		0,000040				
TOTAL					152	0,002750	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,000011	0,000008	29	0,000218	20,5
	Humberto Cuatín		0,000004				
	Carlos Gil	Mediana	0,000013	0,000014	35	0,000473	44,5
	Libio Charfueñan		0,000014				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,000036	0,000032	12	0,000372	35,0
	Luis Cuastumal		0,000026				
TOTAL					76	0,001062	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

De acuerdo con el cuadro 23 se puede observar que las fincas tipo grandes y medianas, en los dos municipios, son las que más contribuyen a la emisión promedio de óxido nitroso a partir de nitrógeno en la volatilización del manejo del estiércol. La proporcionalidad de emisiones promedio se relaciona con la categorización de las fincas, lo que nos permite deducir que el número de cabezas de ganado y el uso inadecuado del estiércol de cada finca son los factores que más contribuyen a generar dichas emisiones. Además, es obvio mencionar que las fincas que emiten mayor cantidad de óxido nitroso a la atmosfera en ambos municipios son las catalogadas como medianas, esto se atribuye directamente a que esta categoría cuenta con un mayor número de fincas que las otras.

⁶⁷ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC, Op. Cit. p. 55.

2.2.2.3. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) procedentes de suelos agrícolas. El óxido nitroso (N₂O) emitido en los suelos agrícolas se produce en forma natural mediante los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. Ciertas actividades agrícolas aportan nitrógeno a los suelos, aumentando su cantidad disponible en los procesos de nitrificación y desnitrificación y en consecuencia la emisión de óxido nitroso a causa del uso de fertilizantes nitrogenados. El cálculo de estas emisiones se basa en la cuantificación de fertilizante utilizado y el tipo, ya que de este depende el porcentaje de nitrógeno presente. El cuadro 24 resume las emisiones de óxido nitroso referidas a suelos agrícolas.

Cuadro 24. Emisiones de óxido nitroso por suelos agrícolas

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg N ₂ O/año	PROMEDIO Gg N ₂ O/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000000	0,000000	52	0,000000	0,0
	Adelmo Puerres		0,000000				
	Leonel Burbano	Mediana	0,000010	0,000005	77	0,000367	25,5
	Gerardo Tipaz		0,000000				
	Maria Martinez	Grande	0,000093	0,000047	23	0,001070	74,5
	Alvaro Tipaz		0,000000				
TOTAL					152	0,001436	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,000007	0,000004	29	0,000103	19,8
	Humberto Cuatin		0,000000				
	Carlos Gil	Mediana	0,000006	0,000010	35	0,000359	68,8
	Libio Charfuelan		0,000014				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,000006	0,000005	12	0,000060	11,4
	Luis Cuastumal		0,000004				
TOTAL					76	0,000522	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

En Cumbal las únicas fincas tipo donde se generan emisiones de N₂O son las catalogadas como medianas y grandes, esto debido a que la mayoría de las unidades productivas se dedican en gran parte a la actividad ganadera. La finca tipo grande es la de mayor emisión, lo cual indica que esta tiene un alto índice de producción anual de cultivos y por ende un mayor uso de fertilizantes nitrogenados.

Las fincas tipo del municipio de Guachucal realizan cultivos, especialmente de papa (*Solanum tuberosum*), en los cuales aplican fertilizantes nitrogenados. Lo anterior se ve íntimamente ligado a los resultados expuestos en el cuadro 24. Además, las fincas tipo catalogadas como pequeñas son las que mayor cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizan por consiguiente son las que más generan óxido nitroso por suelos agrícolas emitiendo más óxido que las fincas tipo del otro municipio.

2.2.3. Emisiones por consumo de combustible en transporte terrestre. Las fuentes móviles producen emisiones de gases directos de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) procedentes de la

quema de diversos tipos de combustible, así como varios otros contaminantes como el monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO) y los Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM), que causan o contribuyen a la contaminación del aire local o regional. Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión móvil se estiman más fácilmente por la actividad principal de transporte terrestre. Los cuadros 25 y 26 indica las ecuaciones correspondientes para la estimación de los gases mencionados.

Cuadro 25. Ecuaciones empleadas en el consumo de combustible.

Variable	Nº	Ecuación
CO₂ del transporte terrestre		
CO ₂ del transporte terrestre	7 ⁶⁸	$Emisiones = \sum a (Combustible_{(a)} * FE_a)$
CH₄ del transporte terrestre		
CH ₄ del transporte terrestre	8 ⁶⁹	$Emisiones = \sum a (Combustible_{(a)} * FE_a)$
N₂O del transporte terrestre		
N ₂ O del transporte terrestre	9 ⁷⁰	$Emisiones = \sum a (Combustible_{(a)} * FE_a)$
NO del transporte terrestre		
NO del transporte terrestre	10 ⁷¹	$Emisiones = \sum a (Combustible_{(a)} * FE_a)$
CO del transporte terrestre		
CO del transporte terrestre	11 ⁷²	$Emisiones = \sum a (Combustible_{(a)} * FE_a)$

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁶⁸ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de fases de efecto invernadero: Capítulo 2. Energía. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2001. 103p http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/2_Energy_ES.pdf (30, Junio, 2012)

⁶⁹ Ibid., p.63.

⁷⁰ Ibid., p.63.

⁷¹ Ibid., p.63.

⁷² Ibid., p.63.

Cuadro 26. Descripción de parámetros para la estimación del consumo de combustible, del cuadro 25.

Ecuación	Parámetro	Significado	Unidades	Valor
7, 8, 9, 10, 11	Emisiones	Emisión	kg	
	FE _a ⁷³	Factor de emisión	(kg/TJ)	CO ₂ → 69300
				CH ₄ → 20
				N ₂ O → 0,6
				NO → 600
CO → 8000				
Combustible _a	Combustible consumido	(TJ)		
A	Tipo de combustible	(gal)		

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Para la estimación de estos gases procedentes de la combustión móvil generados en las fincas de estudio se tiene en cuenta la cantidad y el tipo de vehículos ya que es de gran importancia saber la tecnología que estos poseen y por ende saber el tipo de combustible y la cantidad que utilizan, para así conocer las emisiones que estos están generando, contando también con las horas con que los utilizan para sus actividades dentro y fuera de las fincas. Los cuadros 27, 28, 29, 30 y 31 resumen los resultados obtenidos referidos a los gases de combustión: óxido carbónico (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de nitrógeno (NO) y óxido carbonoso (CO) respectivamente.

Cuadro 27. Emisiones de óxido carbónico por combustión

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg CO ₂ /año	PROMEDIO Gg CO ₂ /año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg CO ₂ /año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000000	0,000205	52	0,010684	5,9
	Adelmo Puerres		0,000411				
	Leonel Burbano	Mediana	0,000840	0,001891	77	0,145589	80,8
	Gerardo Tipaz		0,002941				
	María Martínez	Grande	0,001261	0,001041	23	0,023947	13,3
	Alvaro Tipaz		0,000822				
TOTAL					152	0,180219	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,000813	0,000406	29	0,011786	19,7
	Humberto Cuatín		0,000000				
	Carlos Gil	Mediana	0,000726	0,001180	35	0,041313	68,9
	Libio Charfuelean		0,001635				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,000726	0,000573	12	0,006877	11,5
	Luis Cuastumal		0,000420				
TOTAL					76	0,060000	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁷³ PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Module 1 Energy. Santiago de Chile. 1996. 22p. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1wb1.pdf> (02, Julio, 2012)

Cuadro 28. Emisiones de metano por combustión

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg CH ₄ /año	PROMEDIO Gg CH ₄ /año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,00000000	0,00000006	52	0,0000031	6,0
	Adelmo Puerres		0,00000012				
	Leonel Burbano	Mediana	0,00000024	0,00000055	77	0,0000420	80,7
	Gerardo Tipaz		0,00000085				
	Maria Martinez	Grande	0,00000036	0,00000030	23	0,0000069	13,3
	Alvaro Tipaz		0,00000024				
TOTAL					152	0,0000520	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,00000024	0,00000012	29	0,0000034	19,8
	Humberto Cuatin		0,00000000				
	Carlos Gil	Mediana	0,00000021	0,00000034	35	0,0000120	68,8
	Libio Charfuelan		0,00000047				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,00000021	0,00000017	12	0,0000020	11,4
	Luis Cuastumal		0,00000012				
TOTAL					76	0,0000174	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 29. Emisiones de óxido nitroso por combustión

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Mg N ₂ O/año	PROMEDIO Mg N ₂ O/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Mg N ₂ O/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,00000000	0,0000018	52	0,0000094	6,0
	Adelmo Puerres		0,00000036				
	Leonel Burbano	Mediana	0,00000073	0,0000164	77	0,001263	80,8
	Gerardo Tipaz		0,0000255				
	Maria Martinez	Grande	0,0000109	0,0000090	23	0,000207	13,2
	Alvaro Tipaz		0,0000071				
TOTAL					152	0,001563	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,00000000	0,0000036	29	0,000103	25,5
	Humberto Cuatin		0,00000071				
	Carlos Gil	Mediana	0,00000036	0,0000050	35	0,000173	42,9
	Libio Charfuelan		0,00000063				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,0000142	0,0000107	12	0,000128	31,6
	Luis Cuastumal		0,0000071				
TOTAL					76	0,000404	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 30. Emisiones de monóxido de nitrógeno por combustión

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg NO/año	PROMEDIO Gg NO/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg NO/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,000000	0,001780	52	0,09256	5,9
	Adelmo Puerres		0,003560				
	Leonel Burbano	Mediana	0,007280	0,016370	77	1,26049	80,8
	Gerardo Tipaz		0,025460				
	Maria Martinez	Grande	0,010910	0,009015	23	0,20735	13,3
	Alvaro Tipaz		0,007120				
TOTAL					152	1,56040	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,007116	0,003558	29	0,10318	19,8
	Humberto Cuatin		0,000000				
	Carlos Gil	Mediana	0,006286	0,010259	35	0,35905	68,8
	Libio Charfuelan		0,014231				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,006286	0,004962	12	0,05954	11,4
	Luis Cuastumal		0,003638				
TOTAL					76	0,52177	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Cuadro 31. Emisiones de óxido carbonoso por combustión

MUNICIPIO	PROPIETARIO DE LA FINCA	CATEGORÍA	EMISIONES Gg CO/año	PROMEDIO Gg CO/año	NUMERO DE FINCAS	EMISIONES TOTALES Gg CO/año	%
Cumbal	Franco Morcillo	Pequeña	0,00000	0,02372	52	1,2334	5,9
	Adelmo Puerres		0,04744				
	Leonel Burbano	Mediana	0,09701	0,21827	77	16,8068	80,8
	Gerardo Tipaz		0,33953				
	Maria Martinez	Grande	0,14551	0,12019	23	2,7644	13,3
	Alvaro Tipaz		0,09487				
TOTAL					152	20,8046	100
Guachucal	Fidencio Caipe	Pequeña	0,09487	0,047435	29	1,37562	19,8
	Humberto Cuatin		0,00000				
	Carlos Gil	Mediana	0,08382	0,136785	35	4,78748	68,8
	Libio Charfuelan		0,18975				
	Ramón Tutalcha	Grande	0,08382	0,066160	12	0,79392	11,4
	Luis Cuastumal		0,04850				
TOTAL					76	6,95701	100

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

En los municipios las fincas tipo de mayor generación de emisiones por el uso de combustibles en el transporte terrestre, son las medianas con el 80,7% (Cumbal) y 68,9% (Guachucal) de las emisiones totales de los diferentes gases procedentes de la combustión móvil, seguido de las fincas grandes con el 13,3% (Cumbal) y 11,5% (Guachucal) y el 5,9% (Cumbal) y 19,8% (Guachucal) para las pequeñas. Esto se debe en especial a que las fincas medianas consumen mayor combustible porque los centros de acopio quedan alejados de las fincas, al contrario de las fincas grandes que su producción de leche es recolectada en las mismas fincas.

De acuerdo a la encuesta aplicada en las fincas de ambos municipios se puede considerar que las emisiones de los mencionados gases de combustión se relacionan de manera directa con las variables: tipo de vehículo, modelo del mismo, frecuencia con que se utiliza, distancia del recorrido y prioridad con que este es utilizado.

En ambos municipios, la categorización de las fincas en pequeñas, medianas y grandes establece una relación de proporcionalidad con la cuantificación teórica de emisiones de Gases Efecto Invernadero, indicando que una finca pequeña, es aquella unidad productiva que emite la menor cantidad de GEI (En Cumbal: 0,001 Gg CH₄/año; 0,0000218 Gg N₂O/año; 0,000205 Gg CO₂/año; 0,00178 Gg NO/año y 0,02372 Gg CO/año y en Guachucal: 0,00050 Gg CH₄/año; 0,0000216 Gg N₂O/año; 0,000406 Gg CO₂/año; 0,003558 Gg NO/año y 0,047435 Gg CO/año) y la finca grande es la que mayores emisiones produce (en Cumbal: 0,002 Gg CH₄/año; 0,000114 Gg N₂O/año; 0,001041 Gg CO₂/año; 0,009015 Gg NO/año y 0,12019 Gg CO/año y en Guachucal: 0,0017 Gg CH₄/año; 0,0000727 Gg N₂O/año; 0,00573 Gg CO₂/año; 0,004962 Gg NO/año y 0,06616 Gg CO/año).

Los resultados de la estimación teórica total de emisiones de GEI proyecta que todas las fincas medianas generan mayores emisiones de estos gases, debido a que este tipo de finca predomina en cantidad, 77 de 152 fincas en Cumbal y 35 de 100 fincas en Guachucal, por lo tanto se establecería que las fincas medianas son aquellas que necesitan más alternativas de mitigación asociadas a los procesos de fermentación entérica, manejo del estiércol, suelos agrícolas y combustibles del transporte terrestre.

2.3.ALTERNATIVAS TEÓRICAS DE MITIGACIÓN PARA LAS EMISIONES DE LOS GEI

Para dar cumplimiento al tercer objetivo se tiene en cuenta los resultados obtenidos en la estimación teórica de las emisiones de GEI procedentes de las unidades productivas ganaderas analizadas bajo la metodología IPCC. Para establecer una clara ejecución del último objetivo se toma como base las emisiones totales de los diferentes procesos por cada categoría de fincas en los municipios de estudio (cuadro 32).

Cuadro 32. Resumen de las emisiones totales por categoría de fincas

MUNICIPIO	CATEGORÍA	FERMENTACIÓN ENTÉRICA	MANEJO DEL ESTIÉRCOL		VOLATILIZA	SUELOS AGRÍCOLAS
		EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O/año
Cumbal	Pequeñas	0,052000	0,000832	0,000773	0,000235	0,000000
	Medianas	0,115500	0,001848	0,001851	0,001848	0,000367
	Grandes	0,046000	0,000759	0,000668	0,000667	0,001070
	Total	0,213500	0,003439	0,003292	0,002750	0,001436
Guachucal	Pequeñas	0,014700	0,000247	0,000173	0,000218	0,000103
	Medianas	0,032500	0,000525	0,000396	0,000473	0,000359
	Grandes	0,021100	0,000360	0,000305	0,000372	0,000060
	Total	0,068400	0,001132	0,000873	0,001062	0,000522
MUNICIPIO	CATEGORÍA	COMBUSTION				
		EMISIONES TOTALES Gg CO ₂ /año	EMISIONES TOTALES Gg CH ₄ /año	EMISIONES TOTALES Gg N ₂ O /año	EMISIONES TOTALES Gg NO/año	EMISIONES TOTALES Gg CO/año
Cumbal	Pequeñas	0,010684	0,000003	0,000000	0,092560	1,233400
	Medianas	0,145589	0,000042	0,000001	1,260490	16,806800
	Grandes	0,023947	0,000007	0,000000	0,207350	2,764400
	Total	0,180219	0,000052	0,000002	1,560400	20,804600
Guachucal	Pequeñas	0,011786	0,000003	0,000000	0,103180	1,375620
	Medianas	0,041313	0,000012	0,000000	0,359050	4,787480
	Grandes	0,006877	0,000002	0,000000	0,059540	0,793920
	Total	0,060000	0,000017	0,000000	0,521770	6,957010

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

De acuerdo con el cuadro 32, el orden descendiente de clasificación por emisiones de GEI son las unidades productivas medianas, grandes y pequeñas, esto debido a que son las fincas que se presentan en mayor número dentro de la tipología desarrollada. A través de este análisis se puede afirmar que las fincas que más emisiones generan necesitan involucrar en sus actividades agropecuarias mayor número de estrategias de mitigación, basadas en la disminución de gases en los procesos asociados a fermentación entérica, manejo del estiércol y combustión.

Además para la selección de cada una de las alternativas en las diferentes categorías de fincas se tuvo en cuenta la caracterización de ellas en lo que se involucra principalmente aspectos técnicos y económicos, relacionándolos con las actividades productivas, capital natural y manejo en general, esto con el fin de que

las alternativas que se seleccionen sean implementadas a corto plazo, maximizando la producción de sus actividades y disminuyendo las emisiones de GEI. Cabe mencionar que las alternativas pueden servir para cualquier categoría.

2.3.1. Alternativas de mitigación de CH₄ por fermentación entérica. Se debe destacar que las intervenciones en la alimentación ofrecida a los animales, orientadas hacia mejorar el proceso de fermentación, repercuten en una mejora de los parámetros productivos, reproductivos y en la disminución de emisiones de los GEI.

El mejoramiento de las características nutricionales de los bovinos que poseen un sistema digestivo el cual tiene la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales, en alimentos de alta calidad nutritiva, puede incrementar para mejorar la digestión de los animales y así minimizar el metano exhalado⁷⁴. Por ello se plantean las siguientes alternativas para categoría de fincas indicando las alternativas que son más viables para cada unidad productiva (cuadro 33).

Cuadro 33. Alternativas para reducir CH₄ por fermentación entérica

ALTERNATIVAS	FINCAS GRANDES	FINCAS MEDIANAS	FINCAS PEQUEÑAS
Procesamiento mecánico: Picado de alimento	X		
Conservación de forrajes: Ensilaje		X	
Suplementos estratégicos	X	X	X

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.3.1.1. Procesamiento mecánico. Una mejora en la nutrición reduce las emisiones de metano por unidad de producto mediante un aumento del rendimiento, incluyendo ganancia de peso y producción de leche. También pueden reducirse las emisiones de metano por unidad de energía digestible consumida por el animal. Esta opción es aplicable a rumiantes con recursos alimenticios limitados. “Asumiendo que la digestibilidad del alimento aumenta un 5% las emisiones de metano por unidad de producto podrían disminuir en el orden del 10 al 25%, dependiendo de las prácticas de manejo”⁷⁵.

⁷⁴ CARMONA, Juan, et al. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 18:1,2005. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/6/6> (02, Julio, 2012)

⁷⁵ ARGENTINA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE. SECRETARIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y POLÍTICA AMBIENTAL. Reducción y opciones de mitigación de emisiones de metano: Ganado Bovino. Buenos Aires. 2000. 142p. <http://ministerios.sanluis.gov.ar/res/7029/media/Publicaciones/7366.pdf> (02, Julio, 2012)

- **Picado de alimentos de baja digestibilidad.** El picado de alimentos puede aumentar el consumo y, como consecuencia, en algunos casos, el desempeño animal. Esta práctica queda limitada a algunas áreas, debido a la falta de equipamiento para el picado, para el cual se requiere una inversión, siendo así viable su implementación. Por lo tanto, esta alternativa o lineamiento es el más recomendable para fincas grandes, debido a que estas poseen mayores ingresos económicos. Además podría utilizarse un centro de picado en las fincas grandes que presten el servicio (a bajo costo) a las demás fincas y así estas recibir los beneficios.

La elaboración o el proceso de picado de alimentos se debe realizar mediante un procedimiento mecánico (picadoras), reduciendo el tamaño a tal manera que se pueda proveer al animal de fibra efectiva, asegurándole una normal masticación y una adecuada rumia cuando el animal ingiere ese forraje. El picado del forraje se lo denomina doble picado de precisión con un tamaño teórico de corte de 1 cm que depende de la regulación del equipo de picado⁷⁶. Aquí se muestran algunas de las especificaciones técnicas que debe tener la máquina para garantizar un buen corte. Ver figura 7.

Se debe tener en cuenta que la máquina picadora utiliza combustible, por lo tanto se debe adquirir o construir una que tenga la característica de funcionar únicamente con energía mecánica (sin uso de combustible) o adaptarla para que opere con energía de las bestias similar a un trapiche convencional.

⁷⁶ GALLARDO Miriam. Forrajes: la importancia del tamaño del picado. Rafaela: Área de Investigación Animal EEA Rafaela INTA Rafaela. 2010. 1p. http://www.agrositio.com/vertext/vertext_print.asp?id=70322&se=36 (02, julio, 2012)

Figura 7. Picadora de pastos



Fuente: La importancia del tamaño del picado. 2010

2.3.1.2. Conservación de forrajes. El ensilaje es un método de conservación de forrajes ya sea de pastos o de árboles de leguminosas en la época de abundancia para que sea usado en la época de escasez. El ensilaje es un proceso fermentativo, que con la presencia de ácidos orgánicos afectan la acidez hasta niveles en los cuales la actividad de los microorganismos se detiene. Es una estructura a prueba de aire y agua que permite la conservación del forraje, manteniendo su condición jugosa y su color verde sin disminuir el valor nutritivo. Algunas de las ventajas más representativas se resumen en el cuadro 34. La época adecuada para elaborar ensilaje es cuando los pastos están en su mejor momento de contenido en proteína y bajo en fibra. Los materiales que se pueden ensilar son: pastos de corte como ray-grass, trébol, kikuyo, azul ochoro, saboya y follaje o partes de leguminosas forrajeras como cratylia, leucaena⁷⁷. Estas especies, según la encuesta, son las que se utilizan en las diferentes fincas de estudio de los municipios, permitiendo una ventaja para la implementación de esta alternativa.

⁷⁷ ESPAÑA. EMBAJADA DE ESPAÑA EN HONDURAS. Alternativas nutricionales para época seca. Tgucigalpa: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras. 2005. 15p. <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/anes%20de.pdf> (02, Julio, 2012)

Cuadro 34. Ventajas del Ensilaje

VENTAJAS
Aprovechamiento del alimento que sobra en la época de invierno, para la época de verano.
Ofrecer a los animales un alimento de buena calidad en la época de seca.
Fácil elaboración y bajos costos.
Permite dar un mejor manejo y uso a los forrajes
Se puede elaborar en cualquier finca, sin grandes inversiones.
Intensifica la oferta alimentaría disminuyendo la presión sobre los bosques. ⁷⁸

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

El proceso de ensilaje se puede desarrollar en dos fases. La primera, llamada aeróbica (presencia de oxígeno), es cuando se corta el material y se coloca en el silo. El objetivo de esta fase es reducir el tamaño de las partes cortando finamente las plantas para luego llenar rápidamente el silo y compactar el forraje. Finalmente se sella el silo lo mejor posible. Y la segunda es la fase llamada anaeróbica (ausencia de oxígeno), aquí se producen y acumulan ácidos orgánicos, hasta que la cantidad de estos detiene la actividad de los microorganismos. Este proceso dura entre dos a tres días en condiciones adecuadas.⁷⁹

La importancia de esta alternativa se debe a que la mayoría de ganaderos olvidan que vendrán épocas difíciles de ausencia de lluvia con poco pasto verde para sus vacas, y por lo tanto pérdidas por baja producción de leche. Si se realiza un silo se pueden aprovechar los excedentes de pasto verde en la época lluviosa, de igual forma, evitará las pérdidas y aumentará la disponibilidad de alimento, sosteniendo una producción normal durante todo el año.

2.3.1.3. Suplementos estratégicos. Una mejora en la función del rumen reducirá las emisiones de metano por unidad de alimento consumido. Además proporcionando proteína microbiana adicional al animal, las emisiones por unidad de producto se reducirán, debido a una mejora en el rendimiento animal. “Una mejor función ruminal reducirá las emisiones en alrededor de 5 a 10%. Además las emisiones por unidad de producto podrían reducirse en 25 a 75%”.⁸⁰

- **Bloques nutricionales.** Los alimentos que aportan proteína pueden combinarse con suplementos nutricionales que permiten suministrar nutrientes como proteínas, carbohidratos y minerales de forma lenta y segura. Una de las mayores ventajas de los bloques nutricionales es que mejoran el ambiente ruminal al incrementar el número de microorganismos. “Por sus características

⁷⁸ Ibid , p.70.

⁷⁹ Ibid, p. 70.

⁸⁰ BERRA, Op. Cit. p. 30.

nutricionales los bloques permiten disminuir las pérdidas de peso durante las épocas secas de baja disponibilidad de forrajes y mejoran la relación proteína-energía en el animal. Desafortunadamente, debido a la obtención de biocombustibles, las materias primas empleadas en la fabricación de los bloques han aumentado considerablemente su costo y adquirir estos suplementos en tiendas agropecuarias es una gran limitante para su utilización”⁸¹. Ver figura 8.

Figura 8. Bloques Nutricionales



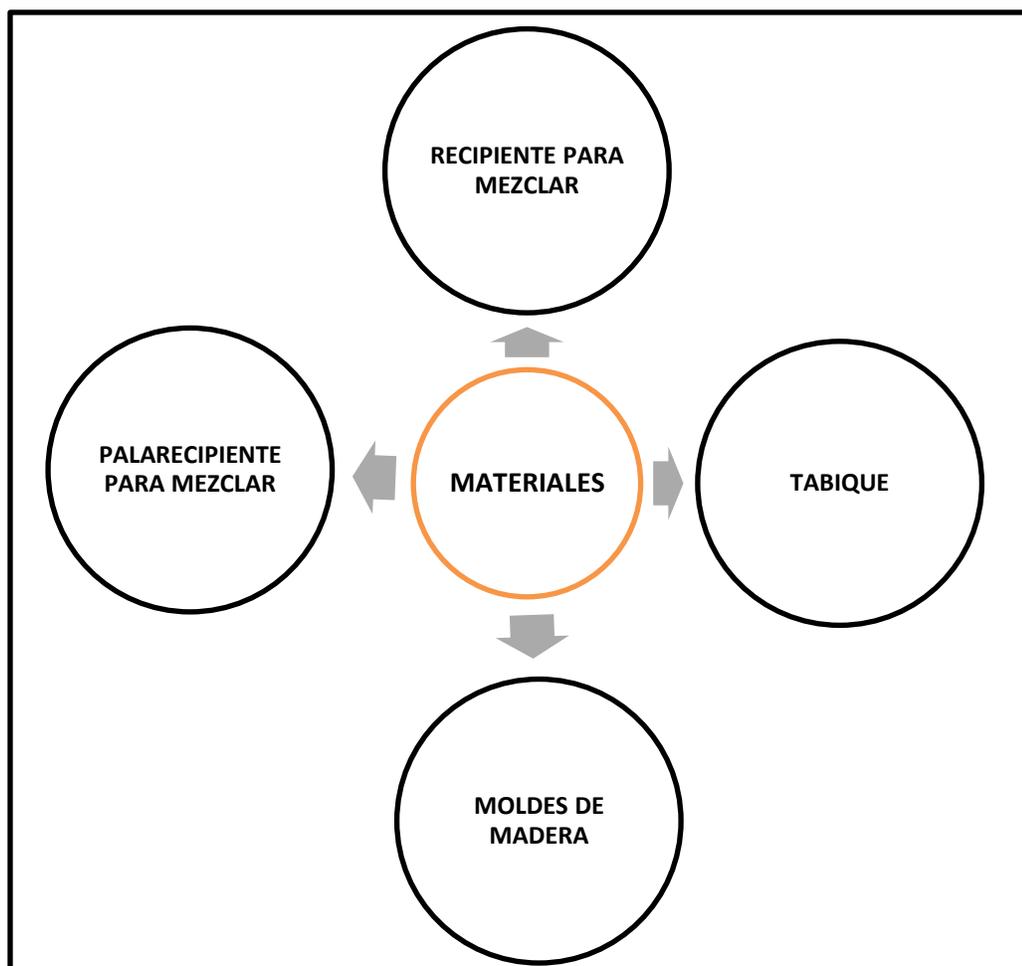
Fuente: Productos y servicios ganaderos (PROSEGAN)

Estos suplementos se pueden fabricar en la finca disminuyendo su costo mediante la utilización de materias primas baratas que estén al alcance (figura 9). Los ingredientes utilizados pueden ser muchos y diversos pero todos en general deben contener los siguientes componentes básicos: proteínas (urea), minerales (sal mineralizada), fibra (tusa del maíz, cascarillas o bagazo), energía (melaza o miel de purga) y aglomerante (evitar que sea cemento o cal). Adicional a estos componentes básicos es muy recomendable usar como relleno del bloque forraje de leguminosas como Mataratón (*Gliricidia sepium*), Guandul (*Cajanus cajan*) o Leucaena (*Leucaena leucocephala*) entre otras que aporten proteína de calidad.⁸²

⁸¹ Ibid., p.71.

⁸² COLOMBIA. PRODUCTOS Y SERVICIOS GANADEROS (PROSEGAN). Bloques Nutricionales. Bogotá. 2011. <http://jairo serrano.com/2009/01/bloques-multinutricionales/>. (02, Julio, 2012)

Figura 9. Materiales para elaborar bloques nutricionales



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Para la preparación de los bloques nutricionales se debe tener en cuenta la composición porcentual másica indicada en el cuadro 35, posteriormente se mezclan los ingredientes tratando de homogenizar lo mejor posible la mezcla. Una vez mezclados y homogenizados se llevan a un recipiente (molde) cubierto por plástico o untado con melaza y se dejan secar durante 12 a 24 horas. Cuando el bloque esté bien compacto se saca y se envuelve en plástico o papel periódico para ser usado. Estos bloques, como es obvio, deben ser puestos bajo techo para evitar que se derritan por efecto de las lluvias o las altas temperaturas⁸³. El proceso de fabricación de bloques nutricionales se describe en la figura 10.

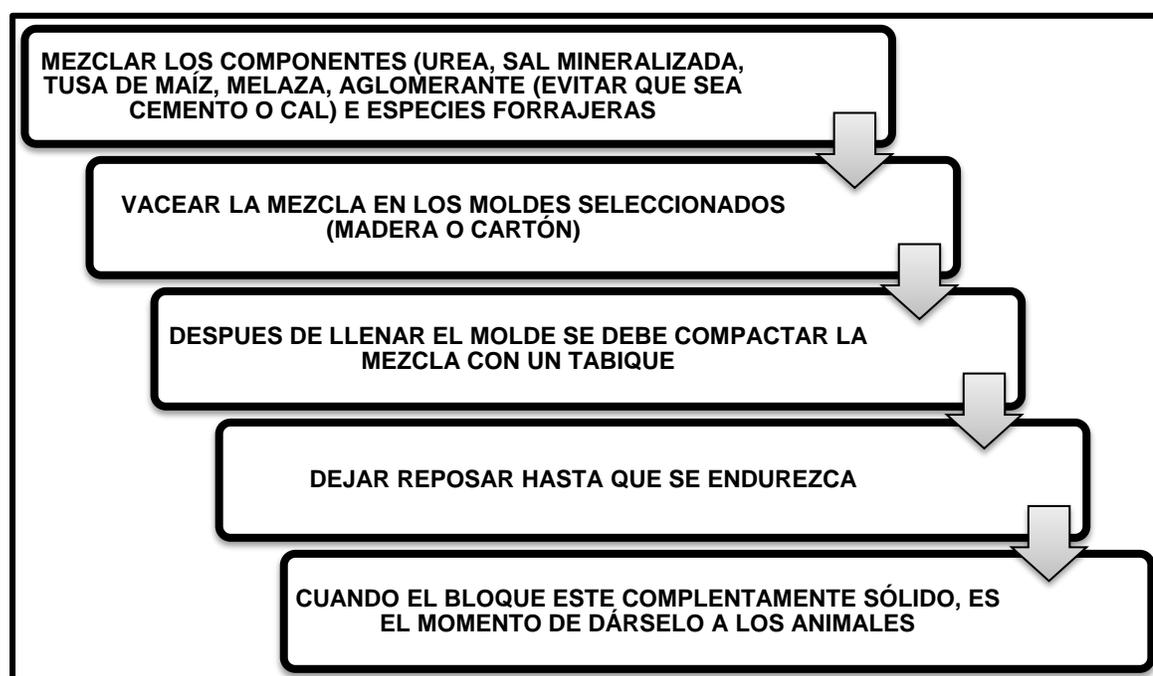
⁸³ Ibid., p. 72

Cuadro 35. Porcentajes para la preparación de bloques nutricionales

INGREDIENTES	PORCENTAJE MÁSSICO (%)
Urea	10
Aglomerante	10
Fibra	5
Minerales	15
Energía	30
Forraje de leguminosas	30

Fuente. Productos y servicios ganaderos (PROSEGAN).

Figura 10. Diagrama proceso general de elaboración de bloques nutricionales



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.3.2. Alternativas de mitigación de CH₄ y N₂O por manejo del estiércol. El manejo de grandes cantidades de ganado en espacios limitados, donde el estiércol es almacenado, origina la descomposición anaerobia de la materia orgánica generando emisiones de metano (CH₄). A su vez, durante el almacenamiento y tratamiento del estiércol antes de su disposición en campo, se producen emisiones de óxido nitroso (N₂O). Teniendo en cuenta lo anterior se plantean las siguientes alternativas (cuadro 36), para aprovechar la producción de estiércol que genera el ganado de acuerdo con el nivel económico de las fincas representado en el número de cabezas de ganado.

Cuadro 36. Alternativas para reducir CH₄ Y N₂O por manejo del estiércol

ALTERNATIVAS	FINCA GRANDE	FINCA MEDIANA	FINCA PEQUEÑA
Compostaje	X	X	X
Biodigestores			X

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

2.3.2.1. Compostaje. Es un proceso biológico, cuya materia prima es una mezcla de restos vegetales y animales, que se desarrolla en medio aerobio, mediante el cual los microorganismos aceleran la descomposición de los desechos orgánicos (restos de cosecha y excrementos de animales), permitiendo obtener “compost” (abono). Los factores que condicionan el proceso de compostaje son: temperatura (55°C), humedad relativa (55%), pH (7 y 8), oxígeno, relación Carbono/Nitrógeno (para la fermentación inicial 2:1), aireación y población microbiana (bacterias, hongos y actinomicetos). Esta producción orgánica tratará de aprovechar al máximo el estiércol producido en las fincas con el fin de reemplazar los abonos sintéticos nitrogenados^{84 85}. El cuadro 37 resume algunas ventajas y condiciones de manejo que debe contener el proceso de compostaje.

⁸⁴ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO. Es la Certificación algo para mí?: Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos para la exportación. San Jose de Costa Rica: Series de Publicación RUTA, 2003. 21p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad818s/ad818s00.pdf> (02, Julio, 2012)

⁸⁵ TURRUELLA, Eizabeth, et. al. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. La Habana: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), 2002. 65p. http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf (02, Julio, 2012)

Cuadro 37. Ventajas y condiciones de manejo del proceso de compostaje

VENTAJAS	CONDICIONES DE MANEJO⁸⁶
Aprovecha el estiércol del ganado	Los materiales a usar dentro del proceso deben ser los producidos en la finca
No contiene semillas de malezas	Para acelerar el proceso de descomposición se deben triturar y mezclar las materias primas
Mejora las propiedades físicas del suelo y hace más fácil el manejo de éste para el trabajo	Las materias primas se deben amontonar sueltas. No deben apisonarse.
Aumenta el poder de retención de la humedad del suelo	Al inicio coloque una capa de estiércol, esta capa puede ser de 10 o 20 cm de alto
Aporta organismos (bacterias) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en alimento para las plantas	Coloque una capa de 10 cm de material vegetal o residuos de pastos y forrajes de animales.
Aumenta el rendimiento de los cultivos, cuando el compost ha sido utilizado con una madurez adecuada y en dosis normales	Para mantener la humedad y acelerar la descomposición de la materia orgánica se debe regar con agua más melaza por metro cuadrado, cada vez que se observe resequedad en la mezcla (por cada 100kg de estiércol 4kg de melaza)
	Se puede agregar cal agrícola o ceniza para enriquecer el compost en dosis de 200 gramos por metro cuadrado, dos veces por mes
	A los 30 días de realizado el proceso se remueve el material de una compostera a la otra. La capa superior de la mezcla de la primera se coloca al fondo de la segunda y la capa inferior de la primera se coloca en la parte superior de la segunda. Al cabo de treinta días se hace el mismo procedimiento
	La primera cosecha de compost se obtiene a los 90 días, fecha en la cual el material puede ser utilizado en lombricultura o fertilizar los cultivos directamente

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Teniendo en cuenta lo importante de esta alternativa para el manejo del estiércol de las fincas ganaderas se establecen los parámetros para realizar compostaje con estiércol de animales vacunos para cada categoría de finca.

⁸⁶ NICARAGUA. MUSEO ENTOMOLÓGICO DE LEÓN. Composteras. Portal sobre la Biodiversidad de Nicaragua. 2011. 3p.. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Composteras.pdf> (05, Julio, 2012)

• **Diseño de compostaje con pilas.** El procedimiento empieza con el cálculo teórico de la cantidad de estiércol producido en las fincas tipo de ambos municipios, luego se calcula la cantidad de carbono que se necesitaría para garantizar la relación establecida (Carbono/Nitrógeno 2:1) y por último, se dimensionan las composteras (unidades donde se lleva a cabo el proceso de compostaje). El cuadro 38 muestra la cantidad de estiércol que produciría únicamente las vacas lecheras (este tipo de ganado genera más estiércol y su recolección es fácil debido al confinamiento) en cada una de las categorías de fincas tipo de los municipios de Cumbal y Guachucal. La implementación de alternativas es con el fin de reducir en gran parte las emisiones de metano producido por el mal manejo del estiércol, garantizando un mejor desempeño y producción de sus actividades agropecuarias.

Para el cálculo de la producción estiércol se tiene en cuenta que la recolección de la cantidad de estiércol tiene demasiadas complicaciones ya que en las fincas de estudio los animales están dispersos en los potreros, por lo tanto se decide realizar una aproximación teórica utilizando la ecuación 12⁸⁷.

$$EP = \frac{PA}{100} \times F \quad (\text{ec } 12)$$

Donde:

EP: Estiércol producido, kg

PA: Peso del animal, kg

F: Factor para ganado lechero, 8 kg/(100 kg de peso vivo)

100: Constante de conversión

Cuadro 38. Producción de estiércol

MUNICIPIO	CATEGORÍA DE FINCA TIPO	PROMEDIO DE CABEZAS DE GANADO	PESO PROMEDIO DE UNA VACA LECHERA (kg)	ESTIÉRCOL PRODUCIDO (kg/MES)
Cumbal	Pequeña	13	457,0	14258,4
	Mediana	14	466,0	15657,6
	Grande	15	482,5	17370,0
Guachucal	Pequeña	4	487,5	5100,0
	Mediana	6	588,0	8649,6
	Grande	16	650,8	25244,4

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

⁸⁷ MOLINA, Carlos. Evaluación del potencial de producción de biogás a partir de residuos animales en la granja experimental Obonuco Municipio de Pasto. Pasto: Trabajo de grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Mariana. 2010. p. 125.

Una vez realizada la aproximación de la producción mensual de estiércol (considerada como la cantidad de nitrógeno disponible) se procede a establecer la cantidad de carbono que se necesitaría establecida por la relación Carbono/Nitrógeno 2:1. El cuadro 39 resume las cantidades de carbono y nitrógeno que se utilizarían en el proceso de compostaje.

Cuadro 39. Cantidades de Carbono Nitrógeno (relación 2:1)

MUNICIPIO	FINCAS	CANTIDAD DE CARBONO, KG	CANTIDAD DE NITRÓGENO, KG
Cumbal	Pequeñas	28516,8	14258,4
	Medianas	31315,2	15657,6
	Grandes	34740,0	17370,0
Guachucal	Pequeñas	10200,0	5100,0
	Medianas	17299,2	8649,6
	Grandes	50488,8	25244,4

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

El último paso es obtener las dimensiones de una unidad de compostaje (compostera, pila o fosa en forma de sección piramidal) a partir del volumen de estiércol mensual producido para almacenamiento (cuadro 40) utilizando una densidad de 1100kg/m³⁸⁸.

Cuadro 40. Volumen para almacenar el estiércol

FINCAS	VOLUMEN m ³	
	CUMBAL	GUACHUCAL
Pequeñas	12.96	4,6
Medianas	14.23	7,9
Grandes	15.79	22,9

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Se debe construir tres pilas, la primera debe tener la capacidad para recibir el material producido en 30 días, el segundo tendrá una disminución del 25% del área y el tercero tendrá únicamente el 50% del área del primero, esto en razón a que una vez se inicia la descomposición de los materiales, el volumen del mismo disminuye. La altura de la pila debe ser de 1,3 a 1,5 m, el ancho de 2,5 a 3 m, el largo es opcional y depende de la cantidad de materiales disponibles. La ecuación 13 se toma como base para el dimensionamiento de las pilas para compostaje, además la forma geométrica que obedece el diseño se muestra en la figura 11.

⁸⁸ TORRES, María y FOLLARI, Jorge. Un biodigestor de boñigas de cabra calefaccionado con colectores planos. San Luis: Laboratorio de energía Solar, 2003. 4p. <http://www.capraispana.com/curiosidades/biogas/biogas.pdf> (05, Julio, 2012)

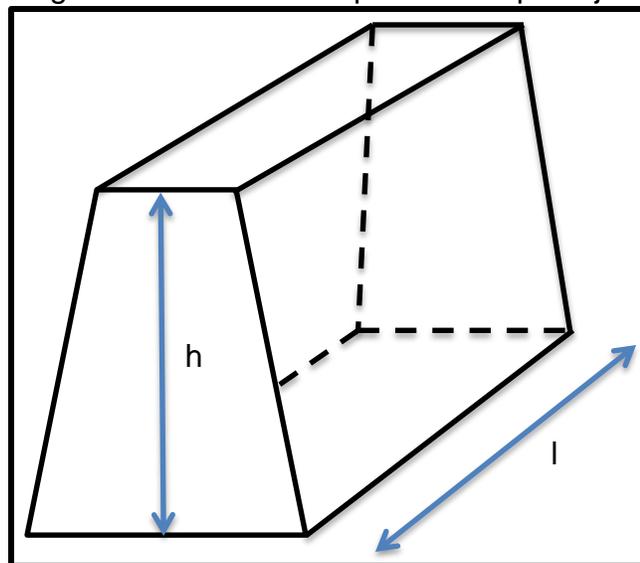
Hay que tener en cuenta que el volumen total que se establece en la ecuación mencionada involucra el estiércol y la cantidad de carbono (residuos orgánicos).

$$V = h \times 3 \times [(Sa + Sb) + (Sa \times Sb)]^{89} \quad (\text{ec 13})$$

Donde:

- h*: altura de la pila
- Sa*: área de la base de la pila
- Sb*: área superior de la pila
- V*: volumen de la pila
- l*: longitud de la pila

Figura 11. Forma de la pila de compostaje



Fuente: el presente trabajo – Año 2012

El compost adquirido al final del proceso contiene elementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio esenciales para el crecimiento de las plantas. Este también contiene elementos como el azufre, magnesio, calcio, boro, hierro y cobre necesarios en menor cantidad pero no por eso menos importantes para el buen desarrollo de los vegetales.

⁸⁹ GEOKA. Pirámide truncada. Portal GEOKA. 2011. http://www.geoka.net/poliedros/piramide_truncada.html (10, Julio, 2012)

- **Lombricompost.** Consiste en agregar una pequeña cantidad de lombrices (lombriz roja; *lumbricus rubellus*) que a veces se puede encontrar en el estiércol de vacas y caballos, también llamada “lombriz californiana” (*Eisrnia fetida*), al principio se les da pequeñas cantidades de la materia orgánica, que tenga accesible, mezcladas con tierra. Las lombrices pueden procesar (figura 12), una vez acostumbradas al alimento, cualquier materia orgánica, hay compostas, que procesan puro estiércol o desperdicios de cocina. Las lombrices comienzan a procesar la materia orgánica, cuando está suave y ya medio descompuesto, por esto a veces se recomienda precompostear en una pila durante una o dos semanas, antes de darlas a las lombrices, especialmente cuando hay grandes cantidades de material fresco. Esta alternativa es de fácil realización debido a que por cada 100 kg de estiércol y algunos residuos vegetales se le agregar 1 kg de lombrices.⁹⁰

Figura 12. Lombricompost



Fuente: GONZALES, Fernando. Abonos: Lombricompost

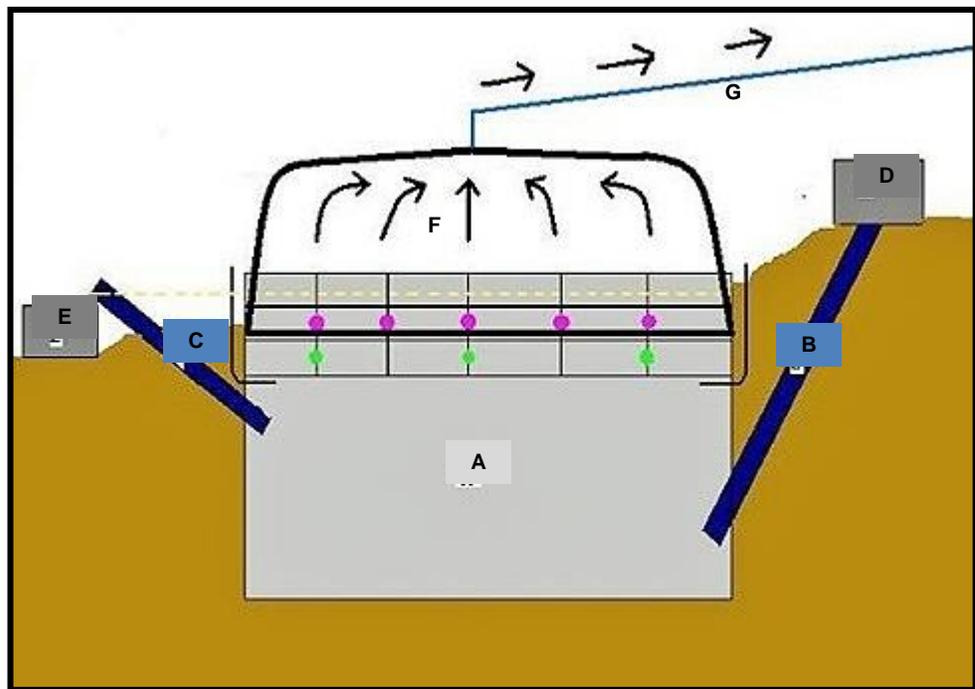
2.3.2.2. Biodigestores. Son sistemas construidos herméticamente que aprovechan la digestión anaerobia del estiércol por medio de bacterias, para transformarlo en biogás y biol (fertilizante). El biogás es un gas con alto porcentaje de metano que puede ser empleado como combustible en las cocinas sustituyendo la leña o el GLP (Gas Licuado de Petróleo distribuido en cilindros) o para la iluminación de algunas zonas de las fincas. El biol es un fertilizante

⁹⁰ GONZALES, Fernando. Abonos: Lombricompost. Ciudad de Guatemala: Organic S.A. 2009 p1. <http://organicsa.net/abonos-lombricompost.html>. (30, Julio, 2011)

ecológico que puede emplearse directamente en el riego de los potreros o decantarlo para obtener fertilizante foliar, de esta forma no se pierde la capacidad fertilizante del estiércol que es de uso común en el ámbito rural mejorando fuertemente el rendimiento de las cosechas.⁹¹

Un biodigestor está formado por un tanque hermético (figura 13) donde ocurre la fermentación y un depósito que sirve para el almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante. En el caso del biodigestor de polietileno, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se recolecta el gas. La descripción de las características del biodigestor de la figura 13 se especifica en el cuadro 41.

Figura 13. Modelo de un biodigestor



Fuente: CEDECAP- Año 2011

⁹¹ PERÚ. CENTRO DE DEMOSTRACIÓN Y CAPACITACIÓN EN TECNOLOGÍAS APROPIADAS (CEDECAP). Biodigestores de polietileno: construcción y diseño. Cajamarca, Perú; CEDECAP. 2007 15p. http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/8bib_arch.pdf (04, Septiembre, 2011)

Cuadro 41. Partes generales de un biodigestor

CARACTERÍSTICAS	NOMENCLATURA
Tubería de entrada del biodigestor.	C
Tubería de salida del biodigestor	B
Tanque donde se va a digerir la mezcla de agua y estiércol	A
Cámara de colección de gas.	F
Tubería de salida del gas.	G
Recipiente de entrada para la carga	E
Recipiente de recolección de Biol.	D

Fuente: CEDECAP- Año 2007

Este biodigestor, posee una tubería de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (estiércol animal) en forma conjunta con agua, y una tubería de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás. En la biodigestión anaerobia las bacterias son el ingrediente esencial del proceso, es necesario mantenerlas en condiciones que permitan asegurar y optimizar su ciclo biológico. Los principales parámetros que influyen en la producción de biogás son temperatura, tiempo de retención, relación C/N, porcentaje de sólidos, pH y agitación⁹². La implementación de un biodigestor casero trae algunas ventajas en el proceso de aprovechamiento del estiércol (cuadro 42).

Cuadro 42. Ventajas del uso de biodigestores

MEDIO AMBIENTE	BIENESTAR FAMILIAR
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la producción de metano • Evita los malos olores entre 90-100%. • Evita la contaminación de suelos y agua • Se evita la tala de árboles para ser utilizados como combustible. • Producción de fertilizante orgánico • Permite un manejo adecuado de los desechos • No hay proliferación de insectos 	<ul style="list-style-type: none"> • La búsqueda de leña se reduce • Mejora la economía familiar • Las reparaciones del biodigestor son sencillas • Es una inversión de bajo costo para la familia • Es una inversión para muchos años • El mantenimiento es de bajo costo

Fuente: CEDECAP- Abril – Año 2007

⁹² Ibid., p. 81.

- **Materiales de construcción.** Los materiales requeridos (cuadro 43) para la construcción de biodigestores de 300 L no son costosos y son de fácil acceso, primordialmente porque esta estrategia va dirigida a las fincas donde los recursos son limitados.

Cuadro 43. Descripción de los materiales para construcción de un biodigestor

SECCIÓN	DETALLE
Reactor y entrada de materiales	Tanque de 300 L de capacidad
	Tapón de limpieza sanitario (4"): adaptador con tapón con rosca
	Segmento corto de tubo (4"): Pasa a través de la abertura y conecta el "adaptador con tapón" en el exterior con la reducción en la parte interna del tanque. Debe ser suficientemente corto para permitir que tanto la reducción como el "adaptador con tapón" aprisionen la pared de la tapa del tanque y así permitir una mejor sujeción y sellamiento.
	Reducción PVC de 4" a 3"
	Tubo PVC sanitario (3"): Desde la reducción hasta 5cm antes del fondo del tanque.
Salida del biodigestor	Adaptador de tanque (2")
	Tubo PVC (2") para la tubería de salida del efluente
	3 Codos PVC (2")
	Adaptador de tanque (1") para conectar la válvula
	Válvula de esfera PVC (1") Para la salida inferior del efluente más pesado.
Salida del biogás	Conector de tanque (1/2")
	Válvula de esfera con roscas (1/2")
	Adaptador para manguera
	Manguera
Unión de partes y sellar	Soldadura (pegamento) para PVC
	Silicona selladora transparente: Para sellar alrededor de las uniones al tanque e impedir filtración.

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

Al tanque se le realizan dos agujeros laterales y dos en la tapa. Uno en la parte lateral-inferior para la válvula de 1 pulgada; otro en la parte media para la salida de efluente. En la tapa uno será para la entrada del material y el otro para la salida del biogás, siempre del diámetro de la pieza que lo atraviesa.

- **Carga.** El afluente se constituirá por la mezcla de un 20 a 25 % de material orgánico y de un 80 a 75% de agua. Parte del agua puede reemplazarse por el líquido (efluente) tratado que sale del biodigestor también conocida como biol y de esa forma producir más biogás a expensas de obtener menos fertilizante. El

porcentaje de materia orgánica a utilizar se tendrá en cuenta según la producción de estiércol generado en las fincas. Se reafirma que esta estrategia puede ser aplicada para cualquier categoría de finca, pero se maneja para las medianas por su mayor producción de estiércol.

- **Tiempo de retención y carga diaria.** El tiempo de retención del biodigestor depende de la temperatura ambiente (cuadro 44) y la carga diaria de mezcla que se debe adicionar y se calcula a partir de la ecuación 14.

Cuadro 44. Tiempo de retención según temperatura

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA (DÍAS)
10	60
20	25
30	10

Fuente: CEDECAP – Año 2007

$$CD = \frac{VT}{TR} \quad (\text{ec 14})$$

Donde:

CD: carga diaria de mezcla que se debe añadir, L/día

VT: volumen de trabajo (considerado como el 75% del volumen total del biodigestor, L

TR: tiempo de retención hidráulico, días

- **Parámetros para el diseño.** El triturado, el desmenuzado o el machacado permite una rápida degradación de todos los materiales que se utilizará, en fragmentos no mayores a 10 mm para los más blandos y menores 5 mm los más consistentes. Entre más pequeños más eficientes para la digestibilidad del ganado.

Se utiliza un depósito de campana flotante, muy fácil de construir con dos bidones; uno grande donde va el agua y otro ligeramente más angosto que se sitúa boca abajo dentro del anterior. La manguera que viene del digestor se introduce al tanque mayor y burbujea de tal forma que el gas sube y queda atrapado en el tanque menor el cual tiene una válvula para la salida del gas con una manguera y una trampa de agua. Se dejará un espacio de “aire” en el biodigestor de un 25% (1/4) en tanque-biodigestor, por lo que solo se utilizará el 75% de la capacidad de este, al cual llamaremos volumen de trabajo (VT). El tubo de salida se dispondrá a modo de rebosadero, de tal forma que siempre quede 1/4 de la capacidad para la fase gaseosa.

- **Funcionamiento.** El biodigestor inicialmente deberá llenarse (las $\frac{3}{4}$ partes) con la mezcla de materia orgánica y agua en pocos días para evitar que se liberen olores de forma excesiva. Luego del llenado no se adicionará más mezcla hasta que haya comenzado bien la producción de metano y luego mantenido por varios días.

2.3.3. Alternativas de mitigación de CO₂, N₂O, CO, y NO por combustión. De acuerdo con el nivel tecnológico y económico descrito en las encuestas aplicadas a las fincas tipo de las diferentes categorías de los municipios de estudio, se presentan en el cuadro 45 algunas alternativas que permitieran reducir las emisiones de los gases en mención.

Cuadro 45. Alternativas para reducir CO₂, N₂O, CO, y NO por combustión

ALTERNATIVAS	FINCAS GRANDES	FINCAS MEDIANAS	FINCAS PEQUEÑAS
Sumideros de Carbono	X	X	X

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

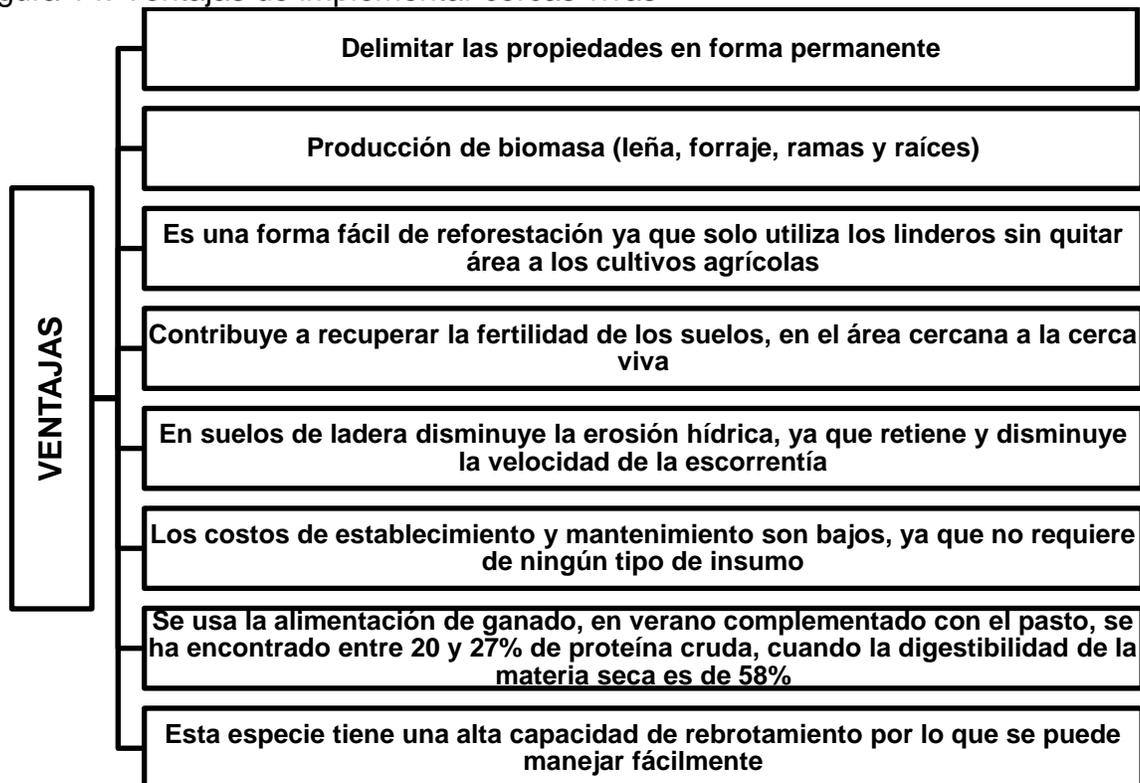
2.3.3.1. Sumideros de carbono. Son depósitos naturales o artificiales que absorben carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Los bosques y las plantas, y en general las formaciones vegetales, actúan como sumideros a través de su función vital principal: la fotosíntesis. Mediante este proceso los vegetales captan CO₂ de la atmósfera o el que se encuentra disuelto en el agua y, con la ayuda de la luz solar, lo utilizan en la elaboración de moléculas sencillas de azúcares que acumulan en la biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Las plantas, al mismo tiempo que absorben CO₂ a través de la fotosíntesis, también lo emiten mediante su respiración, pero en menor cantidad, por lo que el saldo neto de emisión es negativo, contribuyendo así a la reducción de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera a través de los denominados reservorios de carbono⁹³. Existen algunos sumideros de carbono que se exponen a continuación.

- **Cercas vivas.** Son barreras formadas por hileras de árboles o arbustos, en forma densa, que están vivos, en lugar de postes muertos o de postes de cemento. Su uso es variado pero generalmente sirven a los agricultores que necesitan delimitar sus terrenos, se usan para proteger los cultivos de los animales, sirven de cortinas rompe vientos y dan soporte a enredaderas de uso comercial. Las hojas de algunos árboles que se utilizan como cercas vivas pueden ser usadas como alimento para animales, éstas pueden mezclarse con el alimento

⁹³ GONZALES, José. Aplicación del Protocolo de Kyoto para Castilla y León. Valladolid: Consejo Económico y social de Castilla y León. 2006. 444p. <http://www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf> (07, julio, 2012)

regular, o algunas veces, a ellos les gusta comer directamente las ramas de la cerca”, detalló el especialista. Si las zonas donde están ubicadas las fincas es un área seca donde la madera es escasa, las cercas vivas también le pueden proporcionar como leña⁹⁴. Las ventajas que presenta esta estrategia se listan en la figura 14.

Figura 14. Ventajas de implementar cercas vivas⁹⁵



Fuente: La Prensa S.A. 2011

A continuación se muestran en la figura 15 las especies nativas de los municipios y sus respectivos nombres científicos, las cuales se pueden utilizar como cercas vivas y sus respectivas distancias de siembras para las diferentes categorías de fincas. La selección de las especies vegetales se realiza de acuerdo a la información suministrada por el productor (encuesta).

⁹⁴ NICARAGUA. PERIÓDICO LA PRENSA. Cercas vivas, alternativa forestal con poco uso. Managua: Campo y Agro. 2005. <http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2004/septiembre/20/campoyagro/campoyagro-20040920-01.html>. (07, Julio, 2012)

⁹⁵ REYES, Juan y MARTINEZ, Cesar. Establecimiento y Manejo de Cercas Vivas. Culiacán, México; Fundación Produce Sinaloa A.C. 2006. 14p. <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/Publicaciones-Sinaloa/Resultados-de-Proyectos-2010-2011/RP%20Manejo%20agroforestal%202011.pdf> (07, julio, 2012)

Figura 15. Especies vegetales disponibles para cercas vivas

CUMBAL	GUACHUCAL
	
<input type="checkbox"/> PUMAMAQUE Distancia de siembra 9 m	<input type="checkbox"/> ALISO Distancia de siembra 2,5 m
<input type="checkbox"/> ACACIA Distancia de siembra 5 m	<input type="checkbox"/> ACACIA Distancia de siembra 4 m
<input type="checkbox"/> CHILCA Distancia de siembra 1.5 m	<input type="checkbox"/> SAUCE Distancia de siembra 2 cm

Fuente: el presente trabajo – Año 2012

La implementación de las especies arbóreas que se establecen en la figura 15 se debe realizar alrededor de la finca de acuerdo al área de la categoría, ya que es una variable que se utilizó para efectuar la tipología básica. En el municipio de Cumbal los productores de las fincas catalogadas como pequeñas y medianas (cuya área promedio es de 4,3 ha) podrían considerar utilizar a la chilca o acacia como opciones para sembrar sobre el perímetro de la finca con una distancia promedio de 1,5 m y 5 m respectivamente. Las grandes (cuya área promedio es de 15,5 ha) pueden utilizar pumamaque (distancia de siembra de 9 m), cabe mencionar que los tres tipos de especies podrían utilizarse en las finca grandes ya que ellas son las que disponen de más extensión y por lo tanto un perímetro más alto. En Guachucal los productores de las fincas catalogadas como pequeñas (área promedio de 1,7 ha) podrían utilizar sauce con una distancia promedio de siembra de 2 m, las medianas (área promedio de 2,9 ha) acacia a 4 m de distancia en la siembra y las fincas grandes (área promedio 10,2 ha) aliso.

3. CONCLUSIONES

Las variables independientes para la categorización de las fincas se seleccionaron considerando la forma más simple de clasificación y de acuerdo al interés del autor; fincas pequeñas, medianas y grandes, estableciendo que dicha clasificación es la que más ponderación tuvo en la ejecución del trabajo ya que a partir de ella se realizó la estimación teórica de emisiones de Gases Efecto Invernadero y la posterior postulación de alternativas de mitigación teóricas. Cabe mencionar que dicha clasificación se aplica a las unidades productivas de los municipios de Cumbal y Guachucal y podría ser aplicada a contextos de estudio con dinámicas similares (departamentos de Boyacá, Cauca, Cundinamarca, entre otros) a los de la zona sur del departamento de Nariño.

La tipología básica describe las características socioeconómicas y biofísicas de cada una de las categorías de las fincas seleccionadas como la muestra, (las tipo y las réplica), teniendo en cuenta que las respuestas consignadas en las encuestas concuerdan con las variables utilizadas en el análisis de conglomerados, corroborado la existencia de una relación directa entre las variables analizadas y la categoría de la finca otorgada, entre ellas están; el tiempo de pertenencia de la finca, la extensión, la producción de leche diaria y el número de cabezas de ganado lechero.

La elección de las doce fincas, la muestra intencional, se realizó teniendo en cuenta que los valores contestados de las variables: años de pertenencia de la finca, extensión, producción de leche diaria y número de cabezas de ganado capturados en la encuesta, pertenecen a un rango estadístico aproximado construido, establecido por los límites inferior y superior, como la resta y suma respectivamente del promedio aritmético y la desviación estándar, ambos estadígrafos calculados para todas las fincas de la población que se clasificaron.

De acuerdo a la encuesta aplicada, la actividad de producción ganadera lechera con fines de comercialización es la actividad que representa la mayor tendencia dentro de las unidades productivas en los municipios de Cumbal y Guachucal.

La revisión, búsqueda, interpretación, manipulación y análisis de los factores de emisión y las ecuaciones que permitieron la cuantificación teórica de las emisiones de Gases Efecto Invernadero es un proceso de cuidado y dedicación, lo que lo convierte en un estudio minucioso para lograr el objetivo planteado.

La estimación teórica de Gases Efecto Invernadero por la metodología IPCC nivel 1 es la menos compleja en cuanto a predicción, pero permite establecer una primera aproximación de cuantificación de emisiones del sector productor lechero del departamento de Nariño, considerando a la cuantificación teórica como una línea base para futuras investigaciones y aplicaciones.

Se logró comprobar que el sector productivo de leche de la región sur del departamento de Nariño, emite diferentes Gases Efecto Invernadero hacia la atmósfera asociados a procesos propios del sector agropecuario del contexto mencionado, como la fermentación entérica, manejo de estiércol, suelos agrícolas y combustión de gasolina en transporte terrestre.

El cálculo teórico de las emisiones de Gases Efecto Invernadero permite establecer que las actividades involucradas en la producción de leche dentro de las fincas del municipio de Guachucal producen menores emisiones de dichos gases con respecto a las unidades productoras de Cumbal. Lo anterior se atribuye a que las cantidades de las variables que se sistematizaron asociadas a la extensión de la finca, producción de leche diaria y número de cabezas de ganado en el municipio de Cumbal exceden a las de Guachucal y el número de pastos mejorados y especies forrajeras en Cumbal son menores que en Guachucal.

Las estimaciones de emisiones de Gases Efecto Invernadero mantienen estrecha relación entre los procesos de fermentación entérica y manejo del estiércol con las variables extensión de la finca, producción de leche diaria y número de cabezas de ganado, así, una finca de poca extensión, producción de leche precaria y pocas cabezas de ganado emite menos Gases Efecto Invernadero que aquellas que poseen grandes superficies, alta producción de leche y elevado número de cabezas de ganado.

Las fincas medianas en los dos municipios causan mayores emisiones que las otras unidades productivas, por lo tanto estas son las más necesitadas de la implementación de alternativas de mitigación integradas, teniendo en cuenta el enfoque agroecológico en las actividades de ganadería, lo anterior permite aceptar la hipótesis enunciada.

El diseño y posible implementación de cada una de las alternativas de mitigación de Gases Efecto Invernadero se eligieron de acuerdo a una revisión bibliográfica y a los conocimientos del autor sobre el área de estudio.

Las diferentes alternativas de mitigación propuestas están acordes a los distintos sistemas de producción ganadero, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona, el nivel socioeconómico y el grado de tecnificación de la finca, la conciencia ambiental y el conocimiento de la problemática sobre calentamiento global de los productores.

4. RECOMENDACIONES

El establecimiento de un diseño experimental correcto, con el estricto planteamiento estadístico, adquirido en cursos de Maestría o Doctorado, permitirá establecer una muestra más representativa y una inferencia más acertada.

El modelo de elección de la muestra correspondiente a las doce fincas en ambos municipios es un procedimiento aproximado que necesitaría ser validado estadísticamente para poder ser aplicado en futuras investigaciones.

Con base en el archivo correspondiente a la sistematización de las encuestas diligenciadas, se podría realizar un análisis más complejo, ya que el instrumento mencionado contiene un número de variables considerable y de mucho interés. Además se podría determinar una categorización más simple de las unidades productivas (fincas pequeñas y grandes) o una más compleja (que incluya subcategorías).

Antes de aplicar un instrumento participativo como la encuesta semiestructurada diseñada, se debe realizar una validación de la misma, con el fin de que los ítems sean de fácil entendimiento para el productor encuestado y el encuestador.

Para futuras investigaciones se debería utilizar herramientas de procesamiento y análisis de información por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para que los procesos de caracterización de las fincas sean más eficientes.

La cuantificación teórica de emisiones de GEI se debería realizar por el nivel dos de la metodología del IPCC o por otras establecidas y validadas internacionalmente para, primero, acercarse más a la realidad y segundo, establecer el error que se comete en la metodología de nivel uno.

Es necesario complementar y ampliar este ejercicio investigativo, con modelos de predicción climática y datos históricos sobre el comportamiento climatológico de la zona que permitirían generar escenarios futuros y buscar la correlación existente entre los mismos, que permitan constituir herramientas tecnológicas para tomar decisiones en programas de mitigación y adaptación a las Emisiones de Gases Efecto invernadero, especialmente para generar alertas tempranas para las fincas ganaderas que dependen exclusivamente de la producción de leche.

Se debería realizar estudios semejantes en contextos similares a los de la región altoandina nariñense, con el propósito de contar con instrumentos de comparación dentro del sector agropecuario colombiano y mundial.

Proporcionar un plan de mejoramiento dentro de las fincas ganaderas mediante la tecnificación a través de programas y metodologías que eleven la eficiencia de producción agropecuaria teniendo en cuenta la afectación al medio ambiente, en lo cual se deben empeñar los esfuerzos conjuntos del gobierno y los empresarios.

Motivar a los propietarios de las fincas para formar comités encargados del mejoramiento de los cultivos, ampliación de cercas vivas, implementando alternativas sostenibles para así obtener rentabilidad variada y no depender solo de la producción de leche.

Es importante ejecutar en campo las alternativas teóricas planteadas en el presente trabajo, para posterior a este evento cuantificar nuevamente las emisiones de Gases Efecto Invernadero con el propósito de verificar la efectividad de las alternativas propuestas. Esta última recomendación da pie a continuar profundizando en el tema a través de estudios de posgrado (maestría).

BIBLIOGRAFÍA

- AMESQUITA, María. Pasturas y silvopastoriles en cuatro ecosistemas de América tropical vulnerables al cambio climático. Bogotá: Facultad de Administración Universidad de los Andes. 2008. 12p. <http://www.faae.org.co/PolicyPdf/policy-27.pdf> (30, Mayo, 2012)
- APARICI Vicente. Estrategia española sobre cambio climático para el cumplimiento del protocolo de Kioto. VII Conferencias sobre el Medio Ambiente: El Protocolo de Kyoto y las empresas, en especial las del sector cerámico. Comité Económico y Social de la comunidad Valenciana. Valencia. 2003. 57p. http://www.ces.gva.es/pdf/conferencias/07/14_aparici.pdf (04, Mayo, 2010)
- ARGENTINA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE. SECRETARIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y POLÍTICA AMBIENTAL. Reducción y opciones de mitigación de emisiones de metano: Ganado Bovino. Buenos Aires. 2000. 142p. <http://ministerios.sanluis.gov.ar/res/7029/media/Publicaciones/7366.pdf> (02, Julio, 2012)
- ARGENTINA. SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL. Una tecnología de bajo costo para manejar el estiércol del ganado. Buenos Aires. ARS-EE.UU 2010. 2p. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/4-4-estiercol.pdf. (14, Mayo, 2010)
- BERNAL, Javier. Manual de Nutrición y fertilización de Pastos. Quito: International Plan Nutrition Institute (IPNI), 2003. 100p. [http://nla.ipni.net/articles/NLA0070-EN/\\$FILE/L%20Pastos.pdf](http://nla.ipni.net/articles/NLA0070-EN/$FILE/L%20Pastos.pdf) (30, Junio, 2012)
- BERRA, Guillermo y FINSTER Laura. Influencia de la ganadería argentina: Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Argentina. Instituto de Patobiología, INTA Castelar. 2003. 4p. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210253.pdf> (14, Mayo, 2010)

- BOLIVIA. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN: VICEMINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la Década 1990 – 2000 y su Análisis Tendencial. La Paz: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2003. 241p. <http://www.mmaya.gob.bo/webpncc/RED%20DE%20INVESTIGACION/PRESENT.%20INVEST.NACIONAL/5Inventarios%20Bolivia%201990%20-%202000%20.pdf> (20, Mayo, 2010)
- CAJAS, Cristian y MARTÍNEZ Jesús. Caracterización biofísica y socioeconómica de fincas ganaderas productoras de leche en el municipio de Guachucal, Nariño. Pasto: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. 2010. 106p.
- CARMONA, Juan, et al. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 18:1,2005. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/6/6> (02, Julio, 2012)
- COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE CUMBAL. Página oficial municipio de Cumbal. Cumbal. 2010. <http://www.cumbal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtm> (30, Abril, 2010)
- COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE GUACHUCAL. Página oficial municipio de Guachucal. Guachucal. 2009. <http://www.guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtm> (21, Abril, 2010)
- COLOMBIA. FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO (FINAGRO). Página Oficial FINAGRO. Bogotá: Sistemas de información Sectorial. 2011. http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php (30, Junio, 2012)
- COLOMBIA. GOBERNACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. Página oficial del departamento de Nariño. Pasto. 2009. http://www.gobernar.gov.co/gobernar/index.php?option=com_content&task=view&id=843&Itemid=204 (30, Abril, 2010)
- COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá. IDEAM. 2001. 543p. <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/caratula.pdf> (04, Mayo, 2010)

- COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros Gases de Efecto Invernadero 2000-2004. Bogotá: IDEAM. 2009. 66p. <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021471/InventarioGEI/IDEAM1.pdf>. (10, Abril, 2010)
- COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Reducción de Gases Efecto Invernadero. Bogotá. 2008. <http://www.cambioclimatico.gov.co/reduccion.html>. (10, Mayo, 2010)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Evaluación y desarrollo de alternativas de mitigación del cambio climático de diferentes agroecosistemas, municipios de Guachucal, Cumbal, Pupiales y Pasto. Resumen ejecutivo. Bogotá. 2008. 22p. [http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/1754/1/\(Microsoft%20Word%20-%20articulo_cambio%20climaticoU%20NARI.pdf](http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/1754/1/(Microsoft%20Word%20-%20articulo_cambio%20climaticoU%20NARI.pdf) (21, Abril, 2010)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Seminario-Taller Internacional sobre Cambio Climático y los Sistemas Ganaderos en Colombia. Bogotá. 2009. 6p. http://sanpedrodecartago-narino.gov.co/apc-aa-files/37323233643039636464373837316566/Boletin_taller_ganaderos_.pdf (22, Abril, 2010)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Tratados y Convenios Internacionales. Bogotá. 2009.
- <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=1292&catID=556> (10, Abril, 2010)
- COLOMBIA. PRODUCTOS Y SERVICIOS GANADEROS (PROSEGAN). Bloques Nutricionales. Bogotá. 2011. <http://jairoserano.com/2009/01/bloques-multinutricionales/>. (02, Julio, 2012)
- ESPAÑA. EMBAJADA DE ESPAÑA EN HONDURAS. Alternativas nutricionales para época seca. Tgucigalpa: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras. 2005. 15p. <http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/anes%20de.pdf> (02, Julio, 2012)

- FERNÁNDEZ, Valentín. Gases efecto invernadero: impactos e inventario. La Habana. 2010. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia13/HTML/Articulo13.htm> (14, Mayo, 2010)
- GALLARDO Miriam. Forrajes: la importancia del tamaño del picado. Rafaela: Área de Investigación Animal EEA Rafaela INTA Rafaela. 2010. 1p. http://www.agrositio.com/vertext/vertext_print.asp?id=70322&se=36 (02, julio, 2012)
- GANADERÍA COLOMBIANA. Producción de Leche en el departamento de Nariño. Blogspot. 2009. <http://ganaderiaencolombiana.blogspot.com/> (17, Abril, 2010)
- GEOKA. Pirámide truncada. Portal GEOKA. 2011. http://www.geoka.net/poliedros/piramide_truncada.html (10, Julio, 2012)
- GIRALDO, Luis, et al. Captura y flujo de carbono en silvopastoreo con bovinos en el trópico colombiano. Medellín: Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia. 2007. 3p. http://www.aida-itea.org/jornada38/sistemas/miscelanea/m6_giraldo.pdf. (30, Mayo, 2012)
- GONZALES, Fernando. Abonos: Lombricompost. Ciudad de Guatemala: Organic S.A. 2009 p1. <http://organicsa.net/abonos-lombricompost.html>. (30, Julio, 2011)
- GONZALES, José. Aplicación del Protocolo de Kyoto para Castilla y León. Valladolid: Consejo Económico y social de Castilla y León. 2006. 444p. <http://www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf> (07, julio, 2012)
- GUERRA Leonardo. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)".Costa Rica. Turrialba: Tesis de Maestría en Socioeconómica Ambiental. 2007. 85p <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1964e/A1964e.html> (20, Mayo, 2010)
- GUTIÉRREZ, Raymundo. Papas nativas desafiando al cambio climático. Lima. Soluciones Prácticas-ITDG: Intermediate Technology Development Group, 2008. 80p. http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4df8d3b03840d_Papas_nativas_desafiando_al_cambio_climatico.pdf (10', Abril, 2010)

- HOLLANDA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ADMINISTRACION DE LA NATURALEZA Y PESCA. Dutch Notes On For Pig- And Poultry Intensive Lifestock Farming. The Hague. Ministerio de Agricultura, Administracion de la Naturaleza y Pesca y Ministerio de Vivienda, Planeacion Espacial y de Ambiente. 1999. 67p.
<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/IKCbat.pdf> (14, Mayo, 2010)
- HOUGHTON, John Theodore et al. Climate Change 2001. The Scientific Basis Cambridge- Nueva York. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2001. 881p.
- HOYOS, Carlos et al. Cuantificación de emisión y fijación de carbono en fincas ganaderas tradicionales del departamento de Nariño. Pasto: Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. 2009. 121p.
- JAPON. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Manejo y cría de ganado bovino. Bolivia. 2010. 12p.
http://www.jica.go.jp/project/bolivia/3065022E0/04/pdf/4-3-1_10.pdf. (10, Mayo, 2010)
- KLAUS Töpfer. ¿Qué sabemos sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero?: Guia simplificada del informe del IPCC “Cambio Climático 2001”. Santiago de Chile. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2001. 13p.
<http://www.umag.cl/cambioclimatico/en/doc/Que%20sabemos%20sobre%20la%20reduccion%20de%20las%20emisiones%20de%20gases.pdf> (14, Mayo, 2010)
- LEÓN, Javier et al. Caracterización y evaluación de prácticas silvopastoriles en el sistema de producción papa-pasto-bovinos-leche en fincas ganaderas de los municipios de Paso, Pupiales, Cumbal y Guachucal. Departamento de Nariño. Hacia la sostenibilidad del suelo y agua. Pasto: Investigación del Programa de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Nariño. 2009. 134p.
- MAHECHA, Liliana, et al. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Febrero 2002. Pág. 13., p.2.
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/89/88> (10, Mayo, 2010)

- MÉXICO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. Emisiones y captura de carbono en México. Ciudad de México: 2007. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/296/cap3.html> (20, Mayo, 2010)
- MOLINA, Carlos. Evaluación del potencial de producción de biogás a partir de residuos animales en la granja experimental Obonuco Municipio de Pasto. Pasto: Trabajo de grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Mariana. 2010. p. 125.
- NICARAGUA. MUSEO ENTOMOLÓGICO DE LEÓN. Composteras. Portal sobre la Biodiversidad de Nicaragua. 2011. 3p.. <http://www.bionica.info/biblioteca/Composteras.pdf> (05, Julio, 2012)
- NICARAGUA. PERIÓDICO LA PRENSA. Cercas vivas, alternativa forestal con poco uso. Managua: Campo y Agro. 2005. <http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2004/septiembre/20/campoyagro/campoyagro-20040920-01.html>. (07, Julio, 2012)
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2000 p133. Colombia <http://www.humboldt.org.co/download/cambioclima.pdf> (04, Mayo, 2010)
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO. Es la Certificación algo para mí?: Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos para la exportación. San Jose de Costa Rica: Series de Publicación RUTA, 2003. 21p. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad818s/ad818s00.pdf> (02, Julio, 2012)
- ORTEGA, Pablo, et al. Deforestación Evitada: Una Guía REDD + Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Nacional para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecoversa; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural- Fondo para la Biodiversidad y Aéreas Protegidas y fondo para la Acción Ambiental. 2010. 22p. http://books.google.com.co/books?id=8zio9Z49VMwC&pg=PA9&dq=porcentaje+de+GEI+en+colombia%2Bganado&hl=es&ei=On2bTIC8Gom2ngeggq6nmDw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=porcentaje%20de%20GEI%20en%20colombia%2Bganado&f=false. (10, Mayo, 2010)

- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2008. 114p http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (14, Mayo, 2010)
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de fases de efecto invernadero: Capítulo 2. Energía. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2001. 103p http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/2_Energy_ES.pdf (30, Junio, 2012)
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de fases de efecto invernadero: Capítulo 4. Agricultura. Santiago de Chile: Organización Meteorológica Mundial (OMM) el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2001. 106p http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/4_Agriculture_ES.pdf (20, Mayo, 2010)
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Module 1 Energy. Santiago de Chile. 1996. 22p. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1wb1.pdf> (02, Julio, 2012)
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Module 4 Agriculture. Santiago de Chile. 1996. 22p. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch4wb1.pdf> (30, Junio, 2012)
- PERÚ. CENTRO DE DEMOSTRACIÓN Y CAPACITACIÓN EN TECNOLOGÍAS APROPIADAS (CEDECAP). Biodigestores de polietileno: construcción y diseño. Cajamarca, Perú; CEDECAP. 2007 15p. http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/8bib_arch.pdf (04, Septiembre, 2011)
- RAMIREZ, Berta et al. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Florencia: Universidad de la Amazonia y Universidad del Valle. 2009. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm> (30, Mayo, 2012)

- REYES, Juan y MARTINEZ, Cesar. Establecimiento y Manejo de Cercas Vivas. Culiacán, México; Fundación Produce Sinaloa A.C. 2006. 14p. <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/Publicaciones-Sinaloa/Resultados-de-Proyectos-2010-2011/RP%20Manejo%20agroforestal%202011.pdf> (07, julio, 2012)
- RIVERA, Marta. Ganadería y Cambio Climático: Veterinarios sin Fronteras y Universidad Autónoma de Barcelona. Madrid. El Ecologista. No 54. 2007. Pág. 2., p.1-2. <https://www.ecologistasenaccion.org/article17918.html> (10, Mayo, 2010)
- THOMAS, David. et al. Adaptation to Climate Change and Variability: Farmer Responses to Intra-seasonal Precipitation Trends in South Africa. Vol. 83, N° 3, Agosto de 2007. pp. 301-322. <http://www.springerlink.com/content/d2870112532622p1/>. (30, Abril, 2010)
- TORRES, María y FOLLARI, Jorge. Un biodigestor de boñigas de cabra calefaccionado con colectores planos. San Luis: Laboratorio de energía Solar, 2003. 4p. <http://www.capraispana.com/curiosidades/biogas/biogas.pdf> (05, Julio, 2012)
- TURRUELLA, Eizabeth, et. al. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. La Habana: Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), 2002. 65p. http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf (02, Julio, 2012)
- TYSON, Peter. et al. Changing Gradients of Climate Change in Southern Africa during the Past Millennium: Implications for Population Movements. Vol. 52, N° 1-2, Enero 2002. pp. 129-135. <ftp://ftp.itc.nl/pub/naivasha/Tyson2002.pdf>. (30, Abril, 2010)
- UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. Cambio Climático y Global: Cultivo, desmonte y efecto invernadero. Buenos Aires. 2012. Blog investigación de Universidad de Buenos Aires. <http://ubapiubacc.wordpress.com/page/2/>. (14, Mayo, 2010)
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA-CHILE. El Presupuesto energético de la atmosfera. Santiago de Chile. 1997. <http://cambioclimaticoglobal.com/presupue.html> (01, Octubre, 2012)

- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y NATURALES. Inventario preliminar de de Gases Efecto invernadero: 3. Agricultura. Bogotá. 1999. 4p. [http://www.accefyn.org.co/Web_GEI\(actualizada\)/Archivos_gei/I_Cap03_Agricultura.PDF](http://www.accefyn.org.co/Web_GEI(actualizada)/Archivos_gei/I_Cap03_Agricultura.PDF) (14, Mayo, 2010)
- WIKIMEDIA COMMONS. Panorámica del municipio de Guachucal. Guachucal. 2012. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PanoramicaGuachucal.jpg?uselang=es> (01, Octubre, 2012)

ANEXOS