



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE GEI
PRODUCIDOS POR LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL CANTÓN
RUMIÑAHUI

AUTORA

Paula Castro Vivanco

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE GEI
PRODUCIDOS POR LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL CANTÓN
RUMIÑAHUI

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y
Remediación

Profesor Guía

M.Sc. Eugenia Paola Posligua Chica

Autora

Paula Castro Vivanco

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Elaboración de una Propuesta de Reducción de GEI Producidos por la Actividad Agropecuaria en el Cantón Rumiñahui, a través de reuniones periódicas con el estudiante Paula Castro Vivanco, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Eugenia Paola Posligua Chica

Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental

CI: 091975015-8

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Elaboración de una Propuesta de Reducción de GEI Producidos por la Actividad Agropecuaria en el Cantón Rumiñahui, del Paula Castro Vivanco, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Marco Vinicio Briceño León
Master of Science in Renewable Energy
CI: 171596731-9

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Paula Castro Vivanco

CI: 171557350-5

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre, Boroshilov, por ser mi guía primordial durante la realización de este proyecto y mi principal soporte a lo largo de la carrera.

A Sebastián, mi esposo, por estar siempre para mí a lo largo de la carrera y especialmente, durante este proceso de titulación. A mi madre, Patricia, y mi hermana, Daniela, por su apoyo y ayuda incondicional para la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi héroe, Melito, porque a pesar de no estar físicamente en este mundo, sé que guía mi camino; a los hombres de mi vida, mi padre y mi esposo, en verdad no sé qué haría sin ellos; y a mi madre y mi hermana, por todo el amor y soporte que me dan siempre.

RESUMEN

El aumento de emisiones de Gases de Efecto Invernadero producen un alza en la temperatura global. El Ecuador genera el 0,15% del total de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por todo el mundo; sin embargo, aunque la cifra no es significativa, el país es parte signataria del No Anexo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y debido a esto se ha comprometido en generar Inventarios de GEI, como parte de las políticas para mitigar el cambio climático. En el Ecuador existen, en su mayoría, cantones dedicados al sector agropecuario, los cuales no cuentan con inventarios de GEI; uno de estos es Rumiñahui, que fue elegido para el desarrollo del presente proyecto ya que, en su mayoría es agropecuario (38,89% de su territorio). El objetivo de este proyecto de titulación fue la elaboración de una propuesta de reducción de GEI producidos por la actividad agropecuaria en el cantón Rumiñahui mediante el uso de lineamientos de la FAO. Para cumplir el objetivo del proyecto se llevó a cabo, primero, el inventario de GEI del sector agropecuario del cantón Rumiñahui, el mismo que se realizó siguiendo las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos contra el Cambio Climático para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero - versión revisada en 1996, mismo que divide las emisiones según las fuentes de emisión. Los resultados del inventario fueron 242,9 Toneladas métricas CO₂- eq de GEI, de las cuales el 95% fueron generados por la ganadería (fermentación entérica y manejo del estiércol); por lo que, la propuesta elaborada para el cantón Rumiñahui se enfocó, en su mayoría, en estrategias para mitigar las emisiones de la actividad ganadera; mientras que, para la agricultura, dichas actividades se centraron en adaptar las emisiones de GEI para que no aumenten en el futuro.

Palabras claves: calentamiento global, gases de efecto invernadero, Rumiñahui, Ecuador, sector agropecuario, inventario de GEI, CMNUCC, ganadería, agricultura

ABSTRACT

The increase of Greenhouse Gas emissions produce an increase in the global temperature. Ecuador generates 0.15% of the total Greenhouse Gases (GHG) emitted around the world. Nevertheless, even though the value of emissions of Ecuador is not significant, the country is a signatory to the Non Annex 1 of the United Nations Framework Convention on Climate Change, and because of this the country has committed to generate GHG inventories, as part of the different policies to mitigate the climate change. In Ecuador, there are mostly cantons dedicated to the agricultural sector, which do not have GHG inventories. One of these is Rumiñahui, which was chosen for the development of the present project because it is mostly agricultural and livestock (38.89% of its territory). The objective of this project was the elaboration of a proposal of GHG reduction produced by the agricultural activity in the Rumiñahui canton through the use of FAO guidelines. To satisfy the objective of the project, the GHG inventory of the agricultural sector of Rumiñahui was carried out, following the guidelines of the Intergovernmental Panel of Experts on Climate Change for National Greenhouse Gas Inventories. - Revised version in 1996, which divides the emissions according to the emission sources. The results of the inventory were 242.9 metric tons CO₂-eq of GHG, of which 95% were generated by livestock (enteric fermentation and manure management); Therefore, the proposal prepared for Rumiñahui focused, mostly, on strategies to mitigate the emissions of the livestock activity; while, for agriculture, these activities focused on adapting GHG emissions so that they do not increase in the future.

Keywords: global warming, greenhouse gases, Rumiñahui, Ecuador, agricultural sector, GHG inventory, UNFCCC, livestock, agriculture

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Alcance	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Cambio climático y gases de efecto invernadero (GEI).....	5
2.1.1 Cambio climático y efecto invernadero	6
2.1.2 Gases de efecto invernadero	7
2.2. Indicadores de sostenibilidad	10
2.2.1 Huella ecológica	11
2.2.2 Huella hídrica	11
2.2.3 Huella de carbono	12
2.3. GEI en el sector agropecuario.....	13
2.3.1 Actividad del sector agropecuario	15
2.3.2 Factor de emisión y potencial calentamiento global	17
2.4. Estándares y protocolos de gei	18
2.5. Pautas del IPCC de 1996/2006 para los inventarios nacionales de GEI.....	20
2.5.1 Uso del paquete computacional CMNUCC-NAI para los inventarios de GEI	21
2.5.2 Matriz de alcances y niveles de emisión	22
2.5.2.1. Matriz de alcances	22

2.5.2.2.Niveles de emisión.....	22
2.5.3 Elección del año base	23
2.6.Marco legal.....	23
2.6.1 Convenios Internacionales	24
2.6.1.1.Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC y el Protocolo de Kioto	24
2.6.2 Normativa nacional.....	25
3. SITUACIÓN ACTUAL	27
3.1.Descripción de la zona de estudio: cantón Rumiñahui	27
3.1.1 Ubicación geográfica	27
3.1.2 Hidrografía	29
3.1.3 Características meteorológicas	30
3.1.4 Geología.....	33
3.1.5 Geomorfología.....	34
3.1.6 Topografía.....	35
3.1.7 Cobertura vegetal natural.....	36
3.1.8 Principales actividades económicas.....	37
3.1.8.1.Agricultura.....	39
3.1.8.2.Ganadería.....	40
3.1.9 Uso del suelo.....	44
4. METODOLOGÍA.....	45
4.1.Determinación del área de estudio.....	46
4.2.Determinación del período de análisis	46
4.3.Determinación de las principales categorías y subcategorías de fuentes de emisión de los GEI existentes en el cantón Rumiñahui.....	47
4.4.Levantamiento y procesamiento de la información del sector agropecuario	51

4.5. Estimación de incertidumbres.....	54
4.6. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agropecuario mediante el uso del software del CMNUCC	55
4.6.1 Emisiones procedentes del ganado doméstico	56
4.6.2 Suelos agrícolas.....	60
4.6.2.1. Estimación de las Emisiones Directas de Óxido Nitroso	60
4.6.2.2. Estimación de las Emisiones Indirectas de Óxido Nitroso	63
4.7. Determinación de puntos críticos de emisión de GEI y establecimiento de las medidas para mitigación	65
5. RESULTADOS	65
5.1. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agropecuario, en el cantón Rumiñahui	65
5.1.1 Emisiones procedentes del ganado doméstico	66
5.1.2 Suelos agrícolas.....	72
5.1.2.1. Emisiones directas de N ₂ O a la atmósfera.....	72
5.1.2.2. Emisiones indirectas de N ₂ O a la atmósfera.....	75
6. PROPUESTA	80
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
7.1. Conclusiones	103
7.2. Recomendaciones.....	104
REFERENCIAS.....	106
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa base del cantón Rumiñahui.....	29
Figura 2. Mapa hidrográfico del cantón Rumiñahui.....	30
Figura 3. Mapa de temperatura del cantón Rumiñahui.....	31
Figura 4. Mapa de precipitación del cantón Rumiñahui.....	32
Figura 5. Mapa geológico del cantón Rumiñahui.....	34
Figura 6. Mapa geomorfológico del cantón Rumiñahui.....	35
Figura 7. Mapa topográfico del cantón Rumiñahui.....	36
Figura 8. Mapa de cobertura vegetal del cantón Rumiñahui.....	37
Figura 9. PEA según el género.....	38
Figura 10. Sistemas productivos del cantón Rumiñahui.....	43
Figura 11. Mapa de uso del suelo del cantón Rumiñahui.....	45
Figura 12. Diagrama de flujo con la metodología llevada a cabo en este proyecto.....	46
Figura 13. Emisiones directas procedentes del ganado doméstico, cantón Rumiñahui, año 2016.....	71
Figura 14. Emisiones directas e indirectas procedentes de los suelos agrícolas, cantón Rumiñahui, año 2016.....	77
Figura 15. Emisiones de GEI representadas en directas e indirectas, en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui, durante el año 2016.....	78
Figura 16. Emisiones de GEI, en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui, durante el año 2016.....	79
Figura 17. Portada de la propuesta, producto final del proyecto de titulación.....	80
Figura 18. Equipo de cosecha y picado del pasto.....	87
Figura 19. Equipo de ensilaje.....	89
Figura 20. Proceso de producción de bloques nutricionales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia de Azogues.....	90
Figura 21. Bloques nutricionales ya elaborados.....	91
Figura 22. Res defecando.....	92
Figura 23. Producción de compost con restos agropecuarios.....	94

Figura 24. Biodigestor con restos agropecuarios	96
Figura 25. Ejemplo de una cerca viva	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los GEI más importantes con sus características.....	8
Tabla 2. Emisiones generadas por la actividad agropecuaria	14
Tabla 3. Protocolos y estándares para el cálculo de GEI	19
Tabla 4. Matriz de alcances de la metodología propuesta por el IPCC en el año 1996/2006.....	22
Tabla 5. Factores climáticos del cantón Rumiñahui	32
Tabla 6. Actividades económicas de Rumiñahui	38
Tabla 7. Instalaciones agrícolas de Rumiñahui	40
Tabla 8. Existencia de ganado en Rumiñahui por especies y razas	41
Tabla 9. Ganado porcino de Rumiñahui.....	42
Tabla 10. Aves criadas en el campo y avicultura	42
Tabla 11. Usos del suelo del cantón Rumiñahui	44
Tabla 12. Subcategorías tomadas en cuenta en el desarrollo del inventario de GEI de la Categoría Agricultura	47
Tabla 13. Emisiones de metano que proceden de la fermentación entérica y el manejo del estiércol (Subcategoría 1).....	48
Tabla 14. Emisiones de óxido de nitrógeno que proceden del sistema de manejo de estiércol (SME) (Subcategoría 1).....	49
Tabla 15. Emisiones de metano que proceden del cultivo de arroz (Subcategoría 2).....	49
Tabla 16. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero que proceden de la quema prescrita de sabanas (Subcategoría 3).....	49
Tabla 17. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero que proceden de la quema de los residuos de las cosechas agrícolas (Subcategoría 4)	50
Tabla 18. Emisiones de óxido nitroso que procede de los campos agrícolas (Subcategoría 5)	50

Tabla 19. Resumen de las subcategorías utilizadas (fuentes de emisión) en el cálculo de GEI emitido en Rumiñahui por la actividad agropecuaria	50
Tabla 20. Resumen de las subcategorías utilizadas (fuentes de emisión) en el cálculo de GEI emitido en Rumiñahui por la actividad agropecuaria	52
Tabla 21. Datos utilizados para el cálculo de las emisiones generadas por fermentación entérica.....	56
Tabla 22. Datos utilizados para el cálculo de las emisiones generadas por fermentación entérica.....	58
Tabla 23. Datos utilizados para el cálculo del nitrógeno excretado por cada SME	59
Tabla 24. Factores de emisión para las emisiones directas de N ₂ O procedentes de los campos agrícolas	63
Tabla 25. Resultados de las emisiones generadas por la fermentación entérica y manejo de estiércol del ganado mediante el software de la CMNUCC	66
Tabla 26. Resultados de las emisiones procedentes del SME correspondiente a almacenamiento sólido y parcelas secas	68
Tabla 27. Resultados de las emisiones procedentes del SME correspondiente a praderas y pastizales.....	69
Tabla 28. Resultados de las emisiones generadas (total) por los Sistemas de Manejo de Estiércol	70
Tabla 29. Resultados de las emisiones directas del suelo a la atmósfera de N ₂ O.....	72
Tabla 30. Resultados de nitrógeno del estiércol que es utilizado (previas correcciones para emisiones de NO _x y NH ₃).....	73
Tabla 31. Resultados de aporte de nitrógeno de los residuos agrícolas	74
Tabla 32. Resultados de las emisiones de N ₂ O proveniente del pastoreo de los animales	75
Tabla 33. Resultados de las emisiones indirectas de N ₂ O procedentes de la deposición atmosférica de NH ₃ y NO _x	76

Tabla 34. Resultados de las emisiones indirectas de N ₂ O procedentes de la lixiviación, total de N ₂ O emitidos (suma de las emisiones directas e indirectas).....	76
Tabla 35. Resultados de emisiones de GEI, en el cantón Rumiñahui, año 2016, sector agropecuario.....	81
Tabla 36. Factores que condicionan la producción de compostaje	93

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Una de las razones por las cuales existe el cambio climático es el aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, lo que ocasiona que los rayos del sol (su energía) no puedan salir de la Tierra hacia el espacio, con lo que se produce un alza de la temperatura a nivel mundial (WWF España, 2017).

El problema con el aumento de emisiones de GEI (según la OMM – Organización Meteorológica Mundial (2016), entre los años de 1960 y 2015 se ha experimentado el aumento de estas en un 37%), y consecuentemente de temperatura (Copernicus Climate Change Services (2016) indica que la temperatura media global en el 2016 sobrepasó los 14,8 °C, lo que representa un aumento de 1,3 °C respecto a la temperatura que existía a mediados del siglo XVIII), radica en lo desmedido que resulta el consumo de recursos (los recursos disponibles para el aprovechamiento humano del año 2017 se agotaron el 2 de agosto de este año, según la ONG llamada Global Footprint Network (2017)), así como el excesivo uso de energías que parten de combustibles fósiles (por ejemplo, según el Banco Mundial (2017), entre 1971 y 2014 el consumo de energía per cápita se ha incrementado en un 61,6%), los cuales se han evidenciado desde la aparición de la era Industrial (WWF España, 2017).

Según Gutman (2015), el planeta se habrá calentado dos grados centígrados cuando se supere la concentración de 450 ppm de CO₂ a nivel mundial; de nuevo, lo preocupante radica en la facilidad y la rapidez con la que se ha ido la Tierra acercando a dicha concentración (en febrero de 2015 se superaron los 400 ppm de anhídrido carbónico); por lo que se ha estimado que incluso, si se llegara a los 550 ppm de CO₂, aumentarían seis grados centígrados en el planeta

y se generaría, como su mayor consecuencia, un hecatombe, debido a que el planeta, su atmósfera, no podría equilibrar naturalmente esa concentración para la adecuada vida en esta con el tiempo de vida que tiene cada GEI (el CO₂ permanece de 100 a 150 años en la atmósfera, el N₂O 120 años y el CH₄ 14,5 años (Barros, 2006)).

Es por esto por lo que se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo es el estabilizar las concentraciones de GEI emitidas a la atmósfera para que las actividades antropogénicas no afecten al sistema climático de forma peligrosa y así vivan en armonía los ecosistemas, que exista desarrollo económico y que la seguridad alimentaria se desenvuelva satisfactoriamente (desarrollo sustentable) (CMNUCC, 2015). Para el cumplimiento de este objetivo, se dispuso la entrega, por parte de cada país signatario del no Anexo 1, de un balance o inventario de GEI, para poner en conocimiento sus emisiones y así plantear como mitigarlas o mantenerlas; así, cada país debe procesar e informar sus resultados sobre lo emitido y lo evitado a la Conferencia de las Partes, tomando en cuenta los gases que no son parte del “Protocolo de Montreal” (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, 2013).

El Ecuador es un país signatario del no Anexo 1 del CMNUCC, y a pesar de que no se encuentra obligado (políticamente hablando) a reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, este ha adoptado políticas, medidas y/o tecnologías que lo ayuden a mitigar dicho impacto, de manera voluntaria (ONU, 2015). Existe la Segunda Parte Nacional sobre Cambio Climático del Ecuador, y este documento incluye los inventarios de los años: 1990, 1994, 2000 y 2006 (Cáceres et Cáceres, 2011), los mismos que muestran balances en los sectores: desechos, procesos industriales, energía, agricultura y usos del suelo, cambio de usos del suelo, silvicultura (ONU, 2015).

Debido a lo mencionado anteriormente, y tomando en cuenta que Rumiñahui es un cantón en su mayoría agropecuario (38,89% de su territorio es utilizado para

fines de este tipo, seguido, en porcentaje por el uso antrópico, el que posee 28,96%) (Municipio de Rumiñahui, 2015) y que no cuenta con un inventario de GEI, se ha tomado la decisión de realizar uno orientado al sector agropecuario para, posteriormente, realizar una propuesta de mitigación de dichas emisiones que se adapten a la realidad del cantón, haciendo partícipes a las autoridades, sector privado y público; adicionalmente esto permitirá la identificación y evaluación de la problemática a nivel de Ecuador, ya que, como muchos otros cantones del país, Rumiñahui se dedica a la ganadería y agricultura (Torres et Alcívar, 2014).

1.2 Alcance

Este proyecto tuvo como principal meta la elaboración de una propuesta de mitigación de GEI del sector agropecuario para el año 2016, en el cantón Rumiñahui. Para el efecto, se realizaron los cálculos recomendados por la CMNUCC para la creación de inventarios de GEI para dicho año, para lo cual se recolectó la información necesaria de fuentes oficiales tales como el MAGAP - Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Rumiñahui, AGROCALIDAD - Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, MAE - Ministerio del Ambiente, INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos y el IPCC – Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, la que luego fue procesada con el software de la CMNUCC.

Hay que tomar en cuenta que también se realizaron recorridos de campo por la zona agropecuaria del cantón, donde se pudo conocer de primera mano las prácticas locales relacionadas con la agricultura y la ganadería. Cabe señalar que toda la información levantada ha servido de base para el planteamiento de las medidas de mitigación de los GEI ajustadas a la realidad del cantón.

Finalmente, se debe mencionar que se han elaborado mapas temáticos a fin de visualizar de manera más objetiva la situación del cantón Rumiñahui en cuanto a componentes como uso del suelo, clima, hidrología, etc. Para esto se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

1.3 Justificación

A pesar de que la mayoría de emisiones de GEI las generan los países con alto nivel de industrialización, son los países en vías de desarrollarse (Latinoamérica y el Caribe) quienes sufren las consecuencias del cambio climático (Banco Mundial, 2014). Por ejemplo, el Ecuador emite a la atmósfera el 0,15% del total de GEI emitidos al año globalmente, valor que es bajo (Torres et Alcívar, 2014), sin embargo, se han observado consecuencias del cambio climático, tales como la reducción del acervo de las fuentes de agua de abastecimiento humano, en un 50%, para la capital del país, el DMQ entre los años 1978 y 2008, y la reducción de la cubierta de los glaciares en un 28%, entre los años de 1996 y 2008 (VillaRomero, 2013).

El cantón Rumiñahui cuenta con un área de 135,76 kilómetros cuadrados, de los cuales el 38,89% (52,79 kilómetros cuadrados) se destinan a actividades agropecuarias, por lo que son estas las que generan la mayoría de GEI que este GAD municipal emite a la atmósfera (Municipio de Rumiñahui, 2015); considerando que como actividades se tienen el proceso de fermentación entérica del ganado, la quema de los residuos agrícolas (casi nulo), la aplicación o manejo del excremento de los animales, y los cultivos existentes (para autoconsumo, en su gran mayoría).

Tomando en cuenta los datos anteriores, y dado que no existe un inventario de este tipo en el cantón, se propuso realizarlo y complementarlo con la creación de la propuesta de mitigación de GEI, adaptados a la realidad de Rumiñahui, ya que

es de suma importancia que las autoridades tomen en cuenta la generación y mitigación de los mismos, al interior de su jurisdicción.

Por lo señalado, el presente proyecto entregará al GAD Municipal de Rumiñahui una propuesta constituida por una serie de acciones que buscarán, a corto y mediano plazo, una disminución de los GEI emitidos por la actividad agropecuaria, a la atmósfera, lo que traerá consigo beneficios ambientales y productivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de reducción de GEI producidos por la actividad agropecuaria en el cantón Rumiñahui mediante el uso de lineamientos de la FAO

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Levantar la línea base sobre la actividad agropecuaria para el cálculo de GEI de dicho sector productivo en el cantón Rumiñahui a través del uso de información primaria levantada en campo e información oficial.
2. Calcular la cantidad de GEI directos e indirectos generados por la actividad agropecuaria, mediante el software del CMNUCC
3. Evaluar la incidencia de la actividad agropecuaria en la producción de GEI en el cantón Rumiñahui mediante el resultante de los cálculos obtenidos

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cambio climático y gases de efecto invernadero (GEI)

2.1.1 Cambio climático y efecto invernadero

Para la comprensión del cambio climático se debe tomar en cuenta cuál es la definición de clima, este, según Argote (2013), es la sucesión habitual y periódica de los diferentes tipos de tiempo atmosférico (características presentes en la atmósfera en un momento y lugar determinado) a lo largo de los años.

Ahora bien, el calentamiento global es un fenómeno de la atmósfera terrestre, el mismo que es provocado por el acrecentamiento de la concentración de GEI - gases de efecto invernadero, cuyas consecuencias son el crecimiento del nivel de agua de los océanos, el derretimiento de los hielos polares y el aumento de la temperatura global (Argote, 2013), la expansión de los desiertos, estrés biológico, catástrofes climatológicas y probablemente más efectos que todavía no se conocen con sus debidos efecto sobre la economía global y el bienestar de los seres humanos (Echeverri, 2006).

La existencia de dichos GEI es esencial para la vida en el planeta, debido a que genera el Efecto Invernadero, el mismo que es un fenómeno mediante el cual gases que componen la atmósfera de la Tierra (los GEI), retienen energía emitida por el suelo, después de haber sido calentados por la radiación solar. El problema con este fenómeno es que se ha acentuado últimamente debido a la emisión de gases como el metano, el dióxido de carbono, etc.; los cuales los generan las actividades antropogénicas, tales como la deforestación y la quema de combustibles fósiles (IPCC, 2007). El efecto invernadero no permite que la energía que recibe el planeta por el sol vuelva de inmediato al espacio, provocando el mismo efecto que se genera dentro de un invernadero (CIIFEN, 2016) y, que, por lo tanto, el clima en el planeta se caliente (IPCC, 2007). Sin embargo, dichos GEI no sólo han aumentado su concentración (lo que no permite que la atmósfera sea resiliente) sino que lo han hecho de manera acelerada a partir de la revolución industrial (Gobierno de Buenos Aires, 2017).

2.1.2 Gases de efecto invernadero

Los mencionados GEI son los gases que se encuentran en la atmósfera que generan el efecto invernadero; a pesar de que su concentración en la atmósfera es baja, su importancia radica en que se incrementa la temperatura del aire que está próximo al suelo hasta que esta se encuentra en un nivel óptimo para asegurar la vida en la Tierra (CONICET, 2011).

Sin embargo; y como se menciona anteriormente, una de las probables causas del aumento de la temperatura en el planeta (0.6 °C en el período de 1910-1950 (Uriarte, 2003)) sea el aumento de la concentración de dichos gases, porque este ha potencializado el efecto invernadero (CONICET, 2011), esto debido a que, todos estos tienen moléculas que, a pesar de tener dos o más átomos unidos, tienen el espacio suficiente, entre sí, para poder vibrar cuando absorben calor; eventualmente la molécula que vibra libera radiación y ésta será posiblemente absorbida por otra molécula de GEI (Bonilla et Lemus, 2011).

Dichos GEI pueden ser directos o indirectos.

- *GEI directos*: son aquellos gases que, tal y como son emitidos a la atmósfera, contribuyen al efecto invernadero (IDEAM, 2014).
- *GEI indirectos*: Son aquellos gases que, al exponerse a la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero; son además contaminantes del aire de carácter local y precursores del ozono troposférico (IDEAM, 2014).

En la Tabla 1, a continuación, se indica un resumen sobre cada GEI, el mismo que cuenta con datos de interés de cada uno.

Tabla 1.

Resumen de los GEI más importantes con sus características

Tipo de GEI	Nombre del GEI	Fuentes	Aumento desde 1960 – 2013 (Banco Mundial, 2017)	Vida en la atmósfera (años) (Argote, 2013)	CO ₂ equivalente (1 kg de CO ₂ equivale a x kg de cada gas) (Argote, 2013)
Directo	Anhídrido carbónico (CO ₂)	<p>Naturales: plantas en descomposición, erupciones volcánicas, incendios forestales, y materia animal (Oceana, 2017)</p> <p>Antropógenas (la mayoría de CO₂): la deforestación y la quema de combustibles fósiles, como son el carbón, el petróleo y el gas (17 y 40 % del CO₂ total) (Oceana, 2017).</p>	281,94%	Variable	1x
	Tetrahidruro de carbono (CH ₄)	<p>Naturales: como los océanos, quema de bosques, termitas, humedales (Juliarena, 2013).</p>	51,04%	9-12	25x

		Antropógenas: manejo de residuos, quema de biomasa, sistemas de gas natural, rellenos sanitarios, cultivo de arroz, quema de combustibles fósiles y fermentación entérica (Juliarena, 2013).			
	Anhídrido hiponitroso (N ₂ O)	Naturales: emisión de las bacterias que existen en el suelo; es por esto que la agricultura junto con el uso de fertilizantes a base de nitrógeno y el tratamiento de residuos del ganado aumenta la producción de dicho gas. Antropógenas: la quema de combustible en los motores de combustión interna, así como la industria del nailon (Oceana, 2017).	1.295,9%	120	298x
Indirecto	Anhídrido carbonoso (CO)	Naturales: oxidación natural del CH ₄ , los	No existen datos por	0,08 – 0,17 (1 – 2 meses)	-

		<p>volcanes e incendios, y el océano (Crana, 2014).</p> <p>Antropógenas: la combustión incompleta de carbono o de compuestos que lo contengan, la disociación del CO₂ a elevadas temperaturas, y la reacción del CO₂ y de materiales que tienen carbono a temperaturas altas (Crana, 2014).</p>	ser indirecto		
	Óxidos de nitrógeno (NO _x)	<p>Naturales: incendios de los bosques, la actividad volcánica, la descomposición de nitratos orgánicos por parte de bacterias y la quema de rastrojos (PPTR, 2007).</p> <p>Antropógenas: las emisiones de los escapes de los vehículos y la quema de los combustibles fósiles (PPTR, 2007).</p>	No existen datos por ser indirecto	No existen datos debido a que es un conjunto de contaminantes	-

2.2 Indicadores de sostenibilidad

Los indicadores de sostenibilidad ambiental son indicadores que permiten evaluar las incidencias de los procesos de producción sobre el ambiente, es decir, estos generan la posibilidad de cuantificar el nivel de sostenibilidad ambiental y el nivel de responsabilidad, no solo de una persona, sino también de una organización o una comunidad. Los indicadores de sostenibilidad ambiental más conocidos son la huella ecológica, la huella de carbono y la huella hídrica (EADIC, 2015).

2.2.1 Huella ecológica

La Huella Ecológica hace referencia a la demanda, de una persona u organización, de naturaleza (EADIC, 2015), este mide la porción de tierra que necesita un ser humano para vivir en relación con lo que este consume; es decir, la capacidad del planeta (medida en hectáreas) para absorber los residuos que genera una persona según la porción de la Tierra que le corresponda. Este indicador se mide a partir de hectáreas globales (hag), las mismas que señalan la capacidad promedio global de producir recursos y absorber los desechos (UTP, 2013).

La biocapacidad del planeta es de 13.600 millones de hag (2,1 hag por persona), pero, para el 2005, la huella ecológica por persona fue de 2,7 hag (superando en 0,6 hag la capacidad global) (UTP, 2013).

La huella ecológica de un país se calcula sumando todas las tierras agrícolas, de pastoreo, de bosques, también las zonas requeridas para producir alimentos, maderas o fibras que la comunidad consume (UTP, 2013).

2.2.2 Huella hídrica

La Huella Hídrica indica el volumen total de agua dulce que ha sido utilizado para producir los bienes y servicio que son consumidos de manera habitual (Aquafides, 2017), este abarca no solo el uso directo del agua, sino también el uso indirecto que un individuo, organización o comunidad le da al agua (EADIC, 2015).

Para el cálculo de este indicador se suma el volumen de agua que se ha consumido, así como el agua evaporada o contaminada, por unidad de masa o de tiempo (EADIC, 2015).

Es importante el cálculo de la huella hídrica debido a que define el impacto de las actividades antropogénicas frente a los sistemas hídricos que el planeta presenta (EADIC, 2015) y esto genera que existe toma de conciencia sobre el consumo de agua que el ser humano necesita en sus actividades; además este indicador sirve para tener una referencia del costo del agua y así, establecer un punto de partida el cual establezca un manejo eficiente de este recurso (EADIC, 2015).

2.2.3 Huella de carbono

La Huella de Carbono es un indicador que permite medir el impacto sobre el calentamiento global (MADR, 2014), este pretende cuantificar la cantidad de emisiones de GEI emitidos en determinadas actividades o en la fabricación y la comercialización de productos (EADIC, 2015), las mismas que son medidas en emisiones de CO₂ equivalente (Huella de carbono, 2009), debido a que este indicador va más allá de la medición única del CO₂ que se emite, esto debido a que se toman en cuenta otros GEI, los mismos que son transformados a un equivalente de carbono para mejor entendimiento (MADR, 2014).

La huella de carbono se calcula mediante la suma absoluta de todas las emisiones de GEI causadas por un individuo, de forma directa o indirecta (MADR, 2014).

De una manera simple, la huella de carbono es la marca que se deja sobre el ambiente con cada actividad que emita GEI (MADR, 2014).

2.3 GEI en el sector agropecuario

Las actividades agropecuarias es una fuente de GEI, según estimaciones produce el 10 – 12% de las emisiones de gases a la atmósfera globales (sin incluir transporte de los productos y la energía). En los países en desarrollo, tanto la agricultura como la silvicultura constituyen el segundo sector que necesita mayor tecnología en las técnicas de mitigación de GEI (Wilkes *et al.*, 2013).

Estos GEI, según la FAO (2015), se han duplicado durante las últimas cinco décadas y aumentarán aún más si no se toman medidas para mitigar los impactos generados por sus emisiones a la atmósfera. La segunda región en producir más GEI en cuanto al sector agropecuario son Latinoamérica y al Caribe, con un 17% del total de las emisiones globales (sólo superado por Asia con un 44% de aporte de GEI en este sector).

Cabe recalcar que, las emisiones agrícolas en nuestra región han crecido de 388 a más de 900 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, en el período de tiempo correspondiente a 1961 -2010 (FAO, 2015).

En la siguiente Tabla, para mejor entendimiento de los GEI que las actividades tanto agrícolas como pecuarias emiten a la atmósfera, se indica un aproximado,

en millones de toneladas de CO₂ equivalente de emisiones al año de cada sub-actividad realizada, a nivel global.

Tabla 2.

Emisiones generadas por la actividad agropecuaria

Actividad	Emisiones/año (millones de toneladas de CO₂ eq)	GEI emitido
Fertilización de suelos (abonos químicos y estiércol)	2.100	N ₂ O
Gases procedentes de la digestión del ganado	1.800	CH ₄
Quema de biomasa	700	CH ₄ , N ₂ O
Arrozales (inundados)	600	CH ₄
Estiércol animal	400	CH ₄ , N ₂ O
Otros (suministro de agua de riego, mecanización, calefacción, etc.)	900	CO ₂ , N ₂ O
Deforestación para agricultura o ganadería	5.900	CO ₂

Adaptado de (Worldwatch Institute, 2010)

Ahora bien, uno de los primeros pasos para implementar medidas que permitan reducir o mitigar los GEI, es conocer la cantidad de gases generados, lo cual en la actualidad es posible bajo dos esquemas: (i) su medición directa; y, (ii) su estimación mediante modelos matemáticos.

En el primer caso, se utilizan analizadores de espectroscopía óptica láser conocida como “Cavity Ringdown Spectroscopy”, que permiten obtener mediciones más precisas y confiables de CO₂ y metano (He *et al.*, 2014).

En el segundo caso, la estimación está dada mediante el uso del software desarrollado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC-NAI (CMNUCC, 2015).

Para la validación y verificación de los GEI se debe seguir lo especificado en la Norma ISO 14064-3. Esta norma incluye la descripción de los requisitos de diseño y elaboración de los inventarios de dichos gases y la forma de cuantificarlos y de informar su reducción (ISO, 2006).

2.3.1 Actividad del sector agropecuario

Según la FAO, 2017, es el ganado, el que contribuye significativamente al total de GEI por parte del ser humano; de hecho, se estima que, a nivel mundial, se emitieron 8,1 giga toneladas de CO₂ en 2010.

Por su parte, el IPCC (2007) estima que la agricultura contribuye con aproximadamente el 14% de los GEI, debido principalmente al uso de fertilizantes nitrogenados.

Para el caso específico del cantón Rumiñahui, la generación de GEI, dentro del sector agropecuario, está relacionada con las actividades agrícola y pecuaria que ocupan 52,79 Km² (38,89% de la superficie total del cantón), de los cuales 50,48 Km² (37,19%) corresponde a la ganadería y 2,31 Km² (1,70%) a la agricultura (Municipio de Rumiñahui, 2015).

En la actividad ganadera, las prácticas más relevantes están asociadas con la crianza de ganado vacuno (lechero y no lechero), ganado equino (caballos, mulas y asnos), ganado porcino y aves de corral (Municipio de Rumiñahui, 2015).

El CH₄ que procede de la fermentación entérica surge como consecuencia de los procesos digestivos que se llevan en los animales herbívoros, donde los carbohidratos son descompuestos en moléculas simples, para ser absorbidas por el torrente sanguíneo, por acción de microorganismos. A pesar de que tanto los animales rumiantes como los no rumiantes generan metano luego de su digestión, son los rumiantes la fuente principal de dicho gas cuando se habla de fermentación entérica (IPCC, 2007).

El metano que proviene, en cambio, del manejo de estiércol procede de su descomposición, mismo que se da en condiciones anaeróbicas; situación que se puede ver evidenciada en lugares donde se crían muchos animales en un área confinada (IPCC, 2007). Además, se produce óxido nitroso como producto de la descomposición del amoníaco que existe en el estiércol; los niveles de emisión de ambos gases tienen que ver con los sistemas de gestión de este; por ejemplo, el nivel de óxido nitroso aumenta si se trata el estiércol en tratamientos sólidos; mientras que el CH₄ aumenta en los sistemas líquidos y almacenaje (FAO, 2017).

Por su parte, la actividad agrícola a nivel cantonal está relacionada con sembrío de pastizales, maíz, fréjol, cebada y papas, donde se generan residuos agrícolas, gran parte de los cuales son utilizados y en otros casos quemados (Municipio de Rumiñahui, 2015). Dentro de esta actividad vale la pena resaltar que los suelos utilizados para la misma producen emisiones directas e indirectas de N₂O, dentro de las que se incluyen aquellas producidas por el suelo destinado a la ganadería y las que proceden del nitrógeno que se agrega al suelo con el fin de obtener un mejor producto agrícola (IPCC, 2007).

Dentro de lo señalado, es importante recalcar que la fuente de emisiones de mayor importancia es la de los fertilizantes nitrogenados, los cuales proporcionan más del 40% del nitrógeno que es asimilado por las plantas, a pesar de que estas no lo asimilen en su mayoría (sólo el 17%) (Bermejo, 2010).

2.3.2 Factor de emisión y potencial calentamiento global

Se conoce como factor de emisión al factor que se utiliza para calcular las emisiones contaminantes a la atmósfera. Viene expresado en gramos o kilogramos de contaminante emitido a la atmósfera por kilovatio hora de electricidad consumida, por gigajoule de energía generada o por kilogramo de combustible consumido (FAO, 2014).

En el caso de aplicar el método de nivel 1, se deben tomar los factores específicos de cada país, siempre y cuando los mismos estén plenamente documentados. Ante su inexistencia, se deben asumir los factores que por defecto están señalados en los cuadros 4-3 y 4-4 de las Directrices del IPCC, las mismas que se podrán observar en el Anexo 2 (IPCC, 1996).

Cuando se utiliza el nivel 2, se recomienda determinar factores de emisión específicos para las especies o categorías de animales existentes en el país bajo análisis. Para el efecto, se deben determinar las subcategorías de fuentes importantes, ya que es probable que algunas especies representen la mayor parte de las emisiones generadas por el proceso de fermentación entérica. En este sentido, se recomienda establecer factores de emisión para las diferentes subcategorías más relevantes en términos de las emisiones generadas (FAO, 2014).

En el caso específico de los animales, la estimación debe efectuarse utilizando información detallada obtenida de la caracterización del ganado (FAO, 2014).

Con relación a la energía producida o combustible consumido, el cálculo es experimental. No obstante, existen valores estándar para los principales combustibles como la gasolina, GLP, etc. (Casasola, 2015).

En el caso de otros combustibles como la biomasa, se debe recurrir a tablas publicadas por diferentes entidades u organismos especializados (IPCC, 1996).

Finalmente, el potencial de calentamiento global se define como el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy la liberación instantánea de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ (Casasola, 2015).

2.4 Estándares y protocolos de GEI

Existen varios estándares para el cálculo de GEI en el mundo, sin embargo, todos se ven liderados por los gases que trata de combatir el Protocolo de Kioto, el mismo que es la “herramienta” que pone en práctica lo que la Convención de las Naciones Unidas del Cambio Climático – CMNUCC necesita para cumplir sus objetivos.

En la Tabla 3, se muestran los diferentes protocolos o estándares a seguir en caso del cálculo de GEI con sus características.

Tabla 3.

Protocolos y estándares para el cálculo de GEI

Programa/ plataforma	Autor	Audiencia	Consistencia con las principales categorías de fuentes de emisión del IPCC	Gases	Guía detallada sobre metodologías de cálculo
Protocolo Global para Inventarios de Emisión de GEI a escala comunitaria (GPC)	C40 ICLEI WRI (2014)	Comunidades en todo el mundo	Sí	7 gases	No
Pautas del IPCC de 1996/2006 para los Inventarios Nacionales de GEI	IPCC	Gobiernos nacionales	NA	6 gases	Sí
Protocolo internacional de análisis de emisiones de GEI de los gobiernos locales (versión 1.0)	ICLEI (2009)	Gobiernos y comunidades locales	Sí	6 gases	Sí
Estándar Internacional para Determinar Emisiones de Gases del Efecto Invernadero de Ciudades (versión 2.1)	UNEP UN- HABITAT Banco Mundial (2010)	Comunidades	Sí	6 gases	No
Metodología del Inventario de Emisiones de Referencia/Inventario	Pacto de la iniciativa de los	Ciudades de la UE	Sí/No	CO ₂ ; otros gases opcionales	No

de Monitoreo de Emisiones (BEI/ MEI)	alcaldes (2010)				
Protocolo comunitario de EE. UU. para la contabilidad y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (Versión 1.0)	ICLEI EE. UU. (2012)	Ciudades y comunidades en los EE. UU.	No	6 gases	Sí
PAS 2070: 2013	BSI (2013)	Ciudades	Sí	6 gases	Sí
Bilan Carbone	ADEME (desde 2001)	Empresas, autoridades locales, y regiones, en Francia	No	6 gases	
Manual de planificación contra el calentamiento global para los gobiernos locales	Ministerio de Medio Ambiente, Japón (2009)	Gobiernos subnacionales	Sí	6 gases	Sí

Adaptado de (World Resources Institute, 2014)

Nota. Para mayor información acerca de los Protocolos de GEI existentes mundialmente, revisar el Anexo 1.

De los estándares y protocolos descritos en la tabla, la CMNUCC y el Protocolo de Kioto requiere a las partes que reporten los Inventarios de GEI usando las guías y directrices del IPCC (FAO, 2014), por lo tanto, se concluye que, para la realidad de la región y del país, las Pautas del IPCC de 1996/2006 para los Inventarios Nacionales de GEI, son las adecuadas para llevar a cabo en el cálculo de GEI del cantón Rumiñahui.

2.5 Pautas del IPCC de 1996/2006 para los inventarios nacionales de GEI

Las directrices a seguir para los Inventarios Nacionales de GEI por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, fueron aceptadas en 1994 y publicadas en 1995; luego, en 1997, en la COP3 celebrada en Kioto, estas fueron aprobadas internacionalmente, debido a que para su desarrollo se ha seguido un proceso internacional que ha incluido la amplia difusión de varios proyectos de esta índole, así como la recopilación de expertos de cada país sobre éste; pruebas de varios métodos a lo largo de la creación de inventarios preliminares; la convocatoria de grupo informales de expertos que generen, por toma de decisiones, mejoras en la metodología; estudios a nivel país para evaluar la variedad de contextos nacionales a los que la metodología debe adaptarse; y talleres técnicos a nivel regional (África, Asia, Europa, Latinoamérica) (IPCC, 2007).

Según la decisión 17/CP.8 tomada en el año 2002, en la Conferencia de la Partes celebrada en Nueva Delhi, se dio la recomendación a los países signatarios del no Anexo 1 el seguir las directrices propuestas en el año 1996 por el IPCC a fin de generar sus Inventarios Nacionales (CMNUCC, 2007).

2.5.1 Uso del paquete computacional CMNUCC-NAI para los inventarios de GEI

El software a utilizarse ha sido dispuesto por la “Unidad de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero del IPCC” y sus colaboradores han sido la Agencia Internacional de la Energía - AIE y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE (IPCC, 2007), esta herramienta dispuesta por las Pautas del IPCC de 1996/2006 para los Inventarios Nacionales de GEI, permite calcular sistemáticamente la emisiones de GEI en cada uno de los subsectores que tiene un inventario de esta índole, este ha sido desarrollado en Excel, y permite ingresar las información base, así como los factores de emisión, para el cálculo automático de las emisiones (CMNUCC, 2007).

2.5.2 Matriz de alcances y niveles de emisión

2.5.2.1 Matriz de alcances

Tabla 4.

Matriz de alcances de la metodología propuesta por el IPCC en el año 1996/2006

Ítem	Descripción
Nacional	Todas las emisiones y remociones del territorio
Anual	Emisiones netas ocurridas en el año calendario
Sectores cubiertos	Energía, procesos industriales, residuos, solventes, USCUS, agricultura
Gases cubiertos por la CMNUCC	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Otros propósitos	Se puede usar para otros propósitos, pero se deben considerar los límites, el tier a ser utilizado, las fugas, etc.

Adaptado de (FAO, 2014)

2.5.2.2 Niveles de emisión

A continuación, se detallan los niveles con los que cuenta esta metodología, en cuanto a las estimaciones que se realizan, según se escoja uno de estos, se deben escoger los factores de emisión para el cálculo (IPCC, 1996).

- **Método de nivel 1:** este nivel es el más sencillo; debido a que las ecuaciones y los valores paramétricos por defecto (factores de emisión) son suministrados por las directrices del IPCC. Cabe recalcar que los datos de actividad específicos del país son necesarios, pero para el Nivel 1 las estimaciones de las fuentes de los datos de actividad a menudo están disponibles globalmente, aunque estos sean datos de baja resolución espacial (FAO, 2015).

- **Método de nivel 2:** este puede usar la misma orientación que el Nivel 1, pero se aplican los factores de emisión que están basados en datos específicos de país o región, dichos factores de emisión son más apropiados porque generan una mayor resolución espacial y temporal (FAO, 2015).
- **Método de nivel 3:** en este se utilizan métodos de orden superior, incluyendo modelos y sistemas de medición de inventarios adaptados a las circunstancias nacionales, repetidos en el tiempo, y dirigidos por datos de actividad de alta resolución, desagregados a nivel sub-nacional (FAO, 2015).

Una vez descritos los niveles de emisión que la metodología trae consigo, cabe destacar que, en el caso de Rumiñahui, se utilizó, en lo que respecta al ganado (por ocupar más territorio que el uso agrícola; según el Municipio de Rumiñahui, en el 2015, el 38,54% del suelo del cantón, corresponde al uso ganadero frente al 0,35% del suelo que lo ocupa la agricultura) el método de nivel 2 en los factores que se encontraban conforme a la región y clima; sin embargo, en la gran mayoría de datos, se utilizó el método de nivel 1 pues sólo se contó con datos que diferenciaban a los países industrializados y los que se encuentran en busca de desarrollo.

2.5.3 Elección del año base

Conforme lo señalado en los alcances de esta metodología (las emisiones netas ocurridas en el año calendario se realizan de manera anual) y a que el cantón Rumiñahui sólo cuenta con datos agropecuarios del 2016 (dado que el año 2017 no culminó mientras se realizó el proyecto), se eligió, como año base el año 2016.

2.6 Marco legal

2.6.1 Convenios Internacionales

2.6.1.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC y el Protocolo de Kioto

- *CMNUCC*

La CMNUCC es un acuerdo de las Naciones Unidas que se adoptó en 1992, entró en vigor en el año de 1994 y ha sido ratificada por 195 países signatarios, en esta se reconoce el problema que tiene el planeta con el cambio climático y establece, como su principal objetivo, el estabilizar las emisiones de GEI que se generan, esto para impedir el que existan interferencias del ser humano peligrosas para el sistema del clima mundial (Gobierno de España, 2004).

- *Protocolo de Kioto*

Este es la “herramienta” que pone en práctica lo que la Convención de las Naciones Unidas del Cambio Climático quiere, pues, aunque se basa en sus principios, el Protocolo de Kioto (PK) compromete a los países industrializados a que estabilicen sus emisiones de GEI, mientras que la Convención los alienta a hacerlo (CMNUCC, 2007).

El PK reconoce que los principales responsables del Efecto Invernadero son los países desarrollados y por esto establece metas de reducción de emisiones a 37 de estos países, así como a la Unión Europea, por lo que ha logrado que gobiernos establezcan políticas y leyes para que logren cumplir las metas expuestas, así como propiciar la creación de los mercados de carbono (CMNUCC, 2007).

2.6.2 Normativa nacional

La República del Ecuador, en su Constitución, artículo 414 (2008), manifiesta lo siguiente:

“El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.”

- *Decreto ejecutivo 495*

Dentro de la legislación ecuatoriana, este decreto es el que abarca específicamente el tema de los Inventarios de Efecto Invernadero y otras medidas de mitigación relacionadas con el CMNUCC.

El artículo 2 del Decreto Ejecutivo 495 (2010) declara que:

“Las entidades, organismos y empresas del sector público, promoverán la incorporación progresiva de criterios y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, así como de desagregación tecnológica. Los proyectos de inversión pública que tengan el potencial de reducir emisiones de gases de efecto invernadero potenciarán el aprovechamiento de las oportunidades que ofrecen los mercados internacionales de carbono y otros mecanismos nacionales e internacionales que faciliten la reducción de emisiones. El estado, a través del Ministerio del Ambiente, registrará las acciones nacionales de mitigación e impulsará medidas de compensación que permitan apalancar recursos financieros adicionales y promuevan la desagregación tecnológica y el desarrollo de capacidades locales. Los proyectos de inversión mixta podrán contemplar que la contraparte distinta del Estado Ecuatoriano financie los estudios de reducción de emisiones cuyo

beneficio se incorpora al proyecto en ejecución y al desarrollo de capacidades locales”.

Mientras que el artículo 3, literal b de este declara que:

“El Comité Interinstitucional de Cambio Climático, tendrá como atribución inicial: promover y solicitar la preparación de investigaciones, estudios e insumos técnicos y legales para el desarrollo y ajuste de la política y la aplicación de los mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático.”

- *Política de Estado. La Estrategia Nacional para el Cambio Climático*

Dicha política de estado, establecida para el período de tiempo compuesta entre los años 2012 y 2025, tiene como prioridad el que se establezca, en el territorio nacional, la Estrategia Nacional para el Cambio Climático; esto, a través de Ministerios Coordinadores, Ministerios Sectoriales y Secretarías Nacionales, las cuales deben difundir lo que esta estrategia contiene dentro de sí; de hecho, en el artículo 2 de esta política de Estado (2013) se menciona que estos Ministerios y Secretarías tendrán a su cargo:

“a) La implementación y ejecución de las actividades que en el ámbito de su competencia permitan el cumplimiento de los objetivos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático; y, b) Los Planes Nacionales de Mitigación, Adaptación; Creación y Fomento de Condiciones serán instrumentos vinculantes para la gestión en el sector público.”

Asimismo, en el artículo número 4 de la Estrategia Nacional para el Cambio Climático (2013) se menciona que:

“Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) deberán presentar para aprobación del Ministerio del Ambiente sus propuestas de "planes, programas y estrategias de cambio climático", previo a su oficialización como Plan de Cambio Climático. El Ministerio del Ambiente revisará la propuesta en un plazo máximo de 30 días, verificando su aporte y vinculación con la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el mecanismo de reporte. Una vez cumplido esta etapa de verificación el Ministerio del Ambiente emitirá una carta de aprobación de dicha propuesta.”

Dentro de la ENCC (2013), en el apartado 4.2.1. Agricultura (que se encuentra dentro del apartado 4.2. Sectores prioritarios para la reducción de emisiones de GEI en Ecuador), se menciona que esta actividad, al ser de vital importancia para obtener la soberanía alimentaria y al ser un elemento fundamental en la economía del Ecuador, esta representa una de las principales fuentes de emisiones de GEI en el país y debe ser tomada en cuenta para los planes que cada GAD entregue al ente controlador (MAE).

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Descripción de la zona de estudio: cantón Rumiñahui

3.1.1 Ubicación geográfica

El cantón Rumiñahui es uno de los cantones más pequeños del Ecuador, se encuentra situado en la provincia de Pichincha a 0 grados 20 minutos y 18,66 segundos de latitud sur y 78 grados 27 minutos y 6,06 segundos de longitud occidental; a una altitud de 2535 m.s.n.m. (promedio). La mayor parte del conocido Valle de los Chillos se encuentra dentro de este cantón, y la capital

cantonal es Sangolquí. Rumiñahui, hasta mayo de 1938 formó parte del cantón Quito como una parroquia rural llamada Sangolquí (Guía del Valle, 2016).

En la actualidad, Rumiñahui tiene una extensión de 135,76 kilómetros cuadrados. Cuenta con tres parroquias, las mismas que son: Sangolquí, Rumipamba y Cotogchoa (Municipio de Rumiñahui, 2015).

En cuanto a los límites del cantón, estos son: al norte el Distrito Metropolitano de Quito, de hecho, es el río San Pedro el que es el límite natural entre ambos cantones, los mismos que se encuentran unidas por la Autopista General Rumiñahui; al sur Rumiñahui limita con el Monte Pasochoa y el Cantón Mejía; al este limita con el Distrito Metropolitano de Quito exactamente con las Parroquias Alangasí y Pintag, en este caso, el límite natural es el Río Pita. Finalmente, al oeste limita con el Distrito Metropolitano de Quito, con las parroquias de Amaguaña y Conocoto, y al igual que con los límites al norte, el límite natural es el río San Pedro (Guía del Valle, 2016).

La Figura 1 representa los datos de ubicación geográfica y extensión del Cantón Rumiñahui.

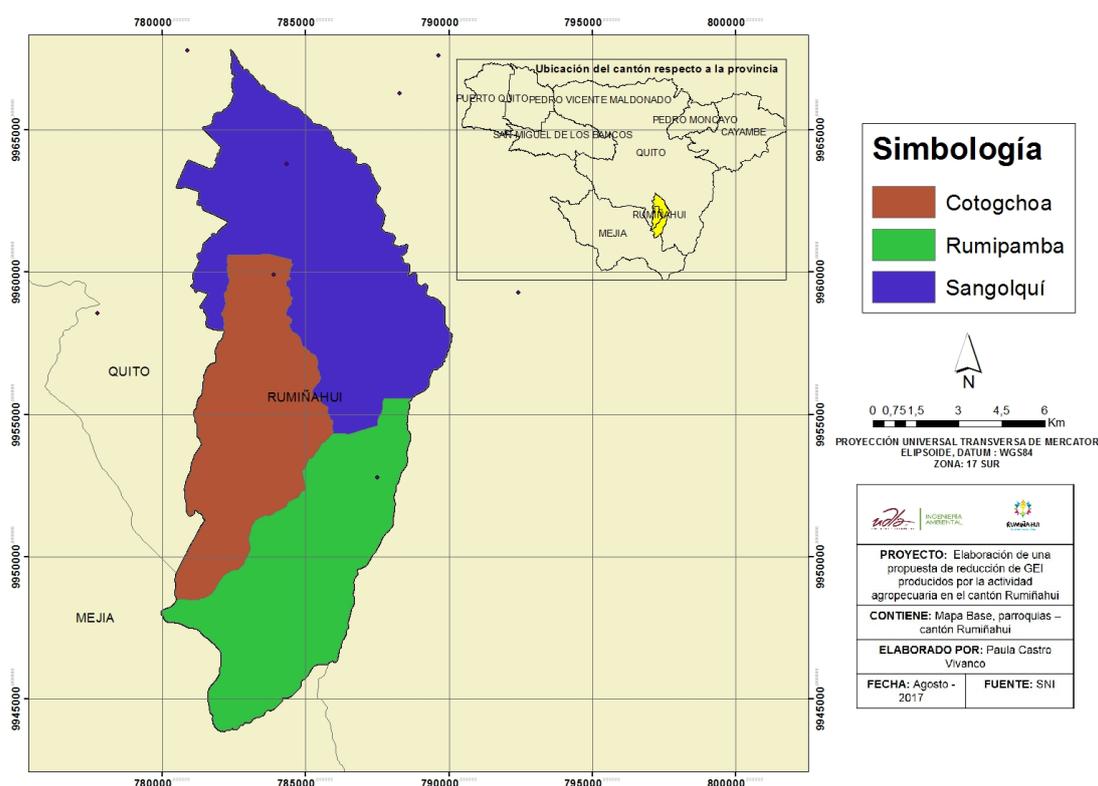


Figura 1. Mapa base del cantón Rumiñahui

3.1.2 Hidrografía

Rumiñahui está ubicado en la microcuenca del río San Pedro, hidrográficamente hablando, el cauce principal de dicha microcuenca es el río Pita, el mismo que es alimentado por los deshielos y las vertientes de los volcanes Cotopaxi, Rumiñahui y Pasochoa; de hecho, la parroquia de Sangolquí se encuentra bañada por ríos como los siguientes (PNUD, 2015):

- Río San Pedro: es torrencioso, lo que ha generado que se convierta en un gran mirador, tomando en cuenta además las características topográficas y físicas de la zona.
- Río Pita: nace en los páramos de las estribaciones del Cotopaxi, Pasochoa y Rumiñahui y, provee agua para Quito (proyecto Pita Tambo) desde hace 30 años.

- Río Santa Clara: es afluente del Río San Pedro al igual que de los ríos San Miguel y Cachaco; debido a la presencia de los ríos San Pedro, Pita y Santa Clara la zona es muy fértil y el paisaje se conserva siempre verde.
- Otros ríos menos importantes que se encuentran en el cantón son: Río Cachaco, Río Capelo, Río Salto, Río Sambache, Río San Nicolás.
- Y los ríos intermitentes son: Calicanto, Lanzas, Rayo, Sacramento Topón, San Miguel, San José, San Agustín, San Ricardo, Suruhuaycu.

La localización de Rumiñahui bajo la micro cuenca del Río San Pedro, se evidencia en la Figura 2 donde se representan los datos de hidrografía del cantón.

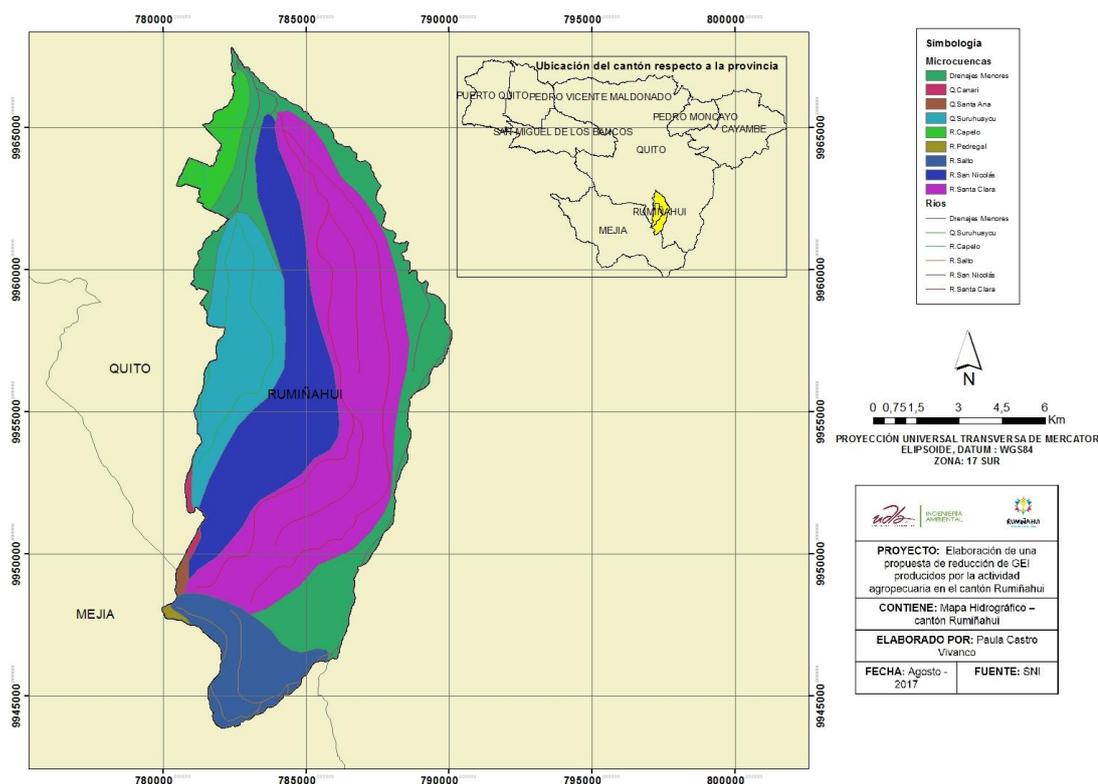


Figura 2. Mapa hidrográfico del cantón Rumiñahui

3.1.3 Características meteorológicas

El clima en este cantón es muy agradable, corresponde, en cuanto a zonas climáticas, a la zona subtropical de tierras altas; la misma que oscila, en lo que respecta a temperatura, durante el día de 16 a 23 °C, y hasta 8 °C en la noche. Los meses de mayor calor en la zona son Julio y Agosto (Municipio de Rumiñahui, 2015).

La Figura 3 simboliza el rango de temperatura que posee Rumiñahui.

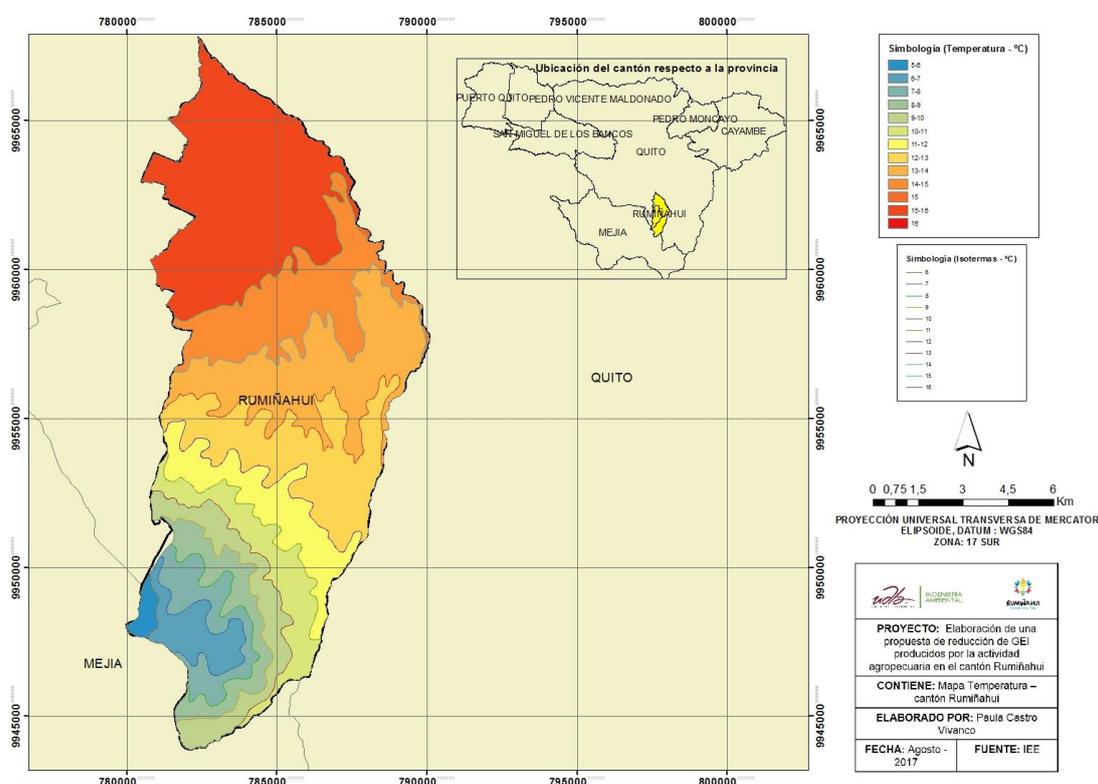


Figura 3. Mapa de temperatura del cantón Rumiñahui

En cuanto al tema de precipitación, la precipitación media anual es de 1000 mm, y los meses que presentan una mayor precipitación son Abril y Octubre; todo esto genera que Rumiñahui sea un cantón muy fértil y que el paisaje se mantenga verde en todo el año (Municipio de Rumiñahui, 2015).

La Figura 4 representa los niveles de precipitación del Cantón Rumiñahui.

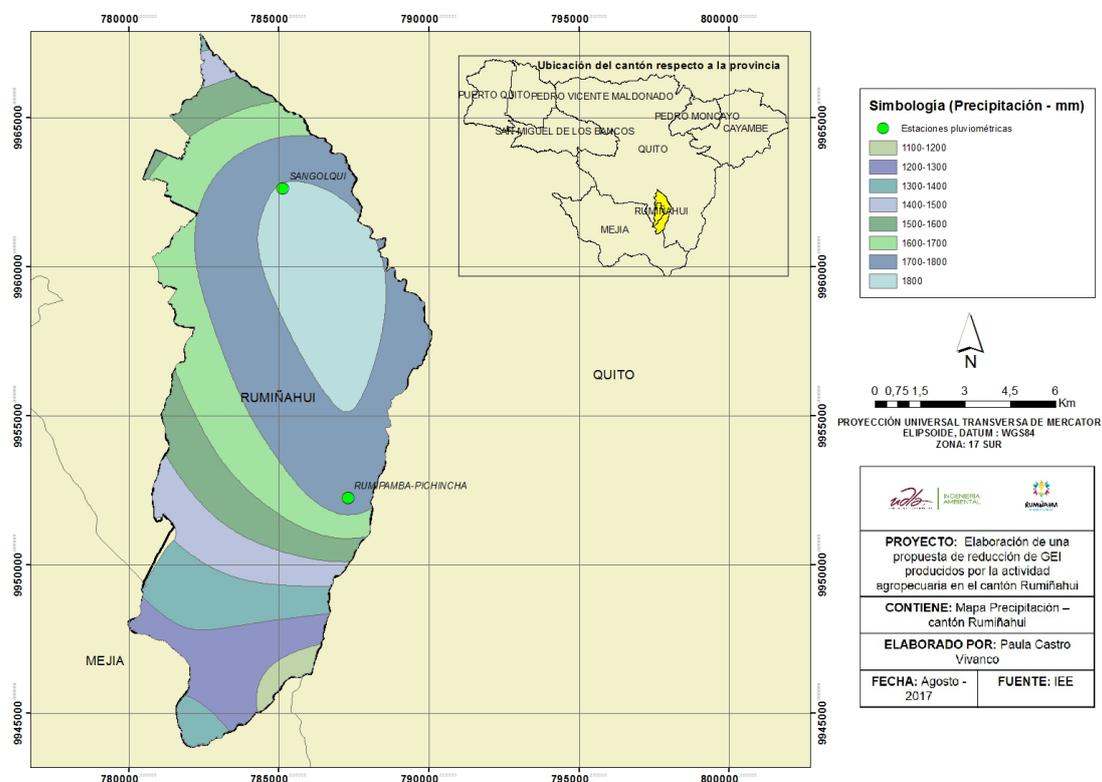


Figura 4. Mapa de precipitación del cantón Rumiñahui

En la Tabla 5, se presentan los factores climáticos del área urbana (Sangolquí) y del área rural (Rumipamba y Cotogchoa) del cantón.

Tabla 5.

Factores climáticos del cantón Rumiñahui

Área	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Humedad (%)	Vientos (dirección)	Nubosidad (cielo cubierto)	Heliofanía (horas de sol)
Urbana	15,45	1000	73,5	SE	5,4	171,6
Rural	11,6	1421	81	SE	6	-

Adaptado de (Municipio de Rumiñahui, 2015)

3.1.4 Geología

El cantón se encuentra dentro del Valle Interandino, y está formado por (PNUD, 2015):

- *Este*: rocas metamórficas paleozoicas del núcleo de la Cordillera Real
- *Oeste*: productos del arco primario, post creación del arco de islas y rocas cretácica alóctonas de la Cordillera Occidental.

Rumiñahui se encuentra atravesado por una falla geológica, la misma que tiene inicio en la parroquia de Cotogchoa (sector El Manzano) y se dirige al norte hasta llegar a su fin en el cauce del Río Pita, parroquia de Sangolquí (sector La Colina) (PNUD, 2015).

La geología del cantón es representada en la Figura 5, donde se manifiestan los diferentes tipos de suelos.

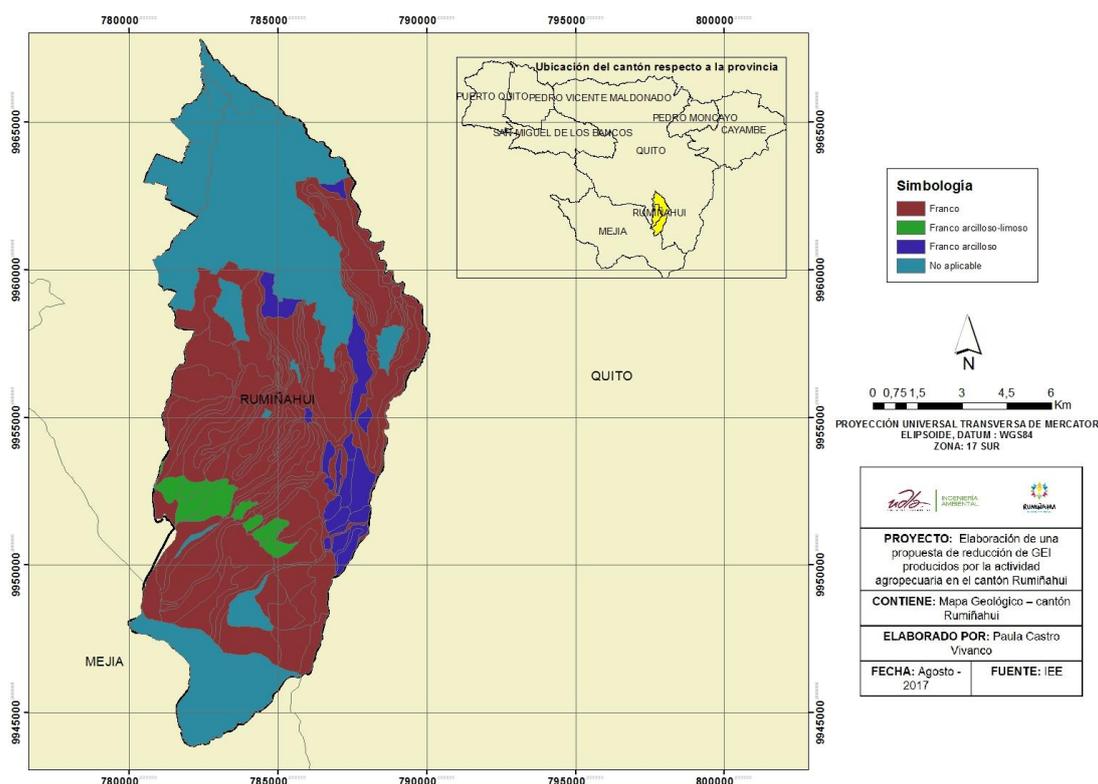


Figura 5. Mapa geológico del cantón Rumiñahui

3.1.5 Geomorfología

Rumiñahui presenta una geomorfología que se califica como regular y suave, la misma que es característica importante y principal del Valle Interandino (el que fue rellenado por flujos piroclásticos, depósitos laharíticos y flujos de ceniza) (PNUD, 2015).

Los diferentes tipos de relieves volcánicos, los flujos de lava, y los coluviones que se presentan en los campos de cultivos del cantón Rumiñahui, son representados en un mapa que se observa en la Figura 6.

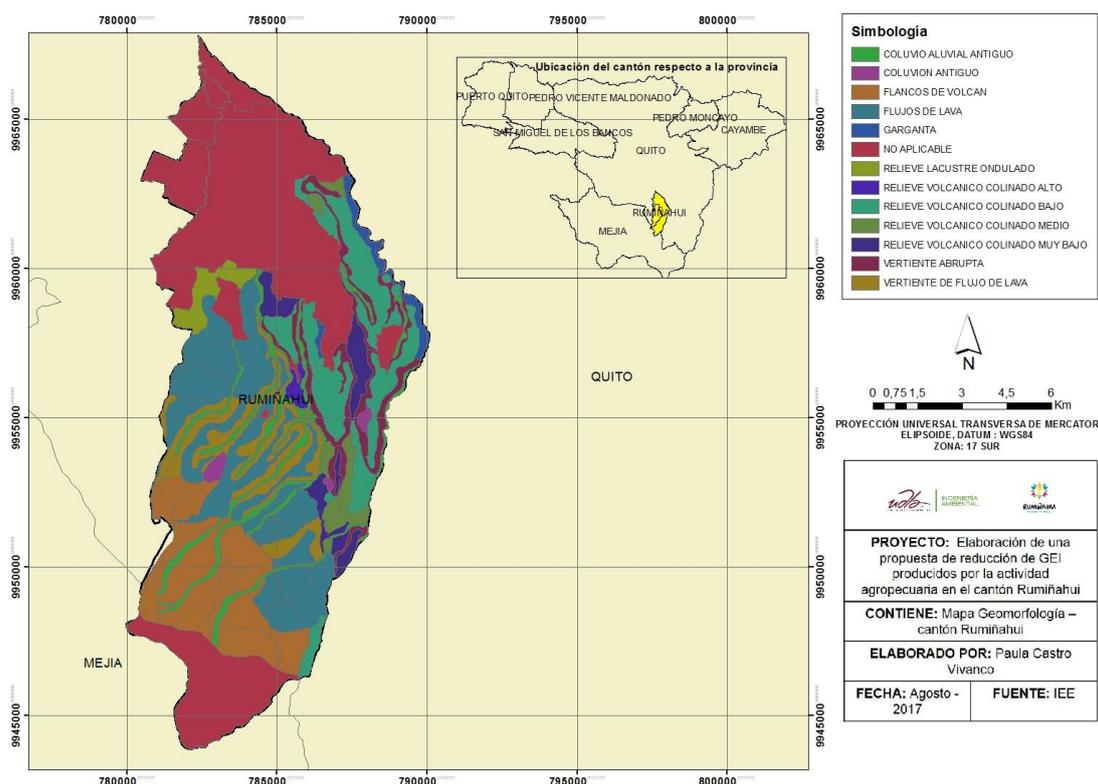


Figura 6. Mapa geomorfológico del cantón Rumiñahui

3.1.6 Topografía

Rumiñahui se ve limitado por tres elevaciones, las mismas que son (PNUD, 2015):

- *Norte:* Volcán Ilaló
- *Este:* Cordillera Real de los Andes
- *Oeste:* Cordillera Occidental de los Andes
- *Sur:* Volcanes Cotopaxi, Sincholagua y Pasochoa

En lo que respecta al relieve del cantón, este es plano, con ligeras ondulaciones, además se encuentra a una altura promedio de 2500 metros sobre el nivel del mar, dentro de un valle, el Valle de los Chillos (PNUD, 2015).

En la figura a continuación, Figura 7, se muestran datos sobre la topografía del cantón de estudio.

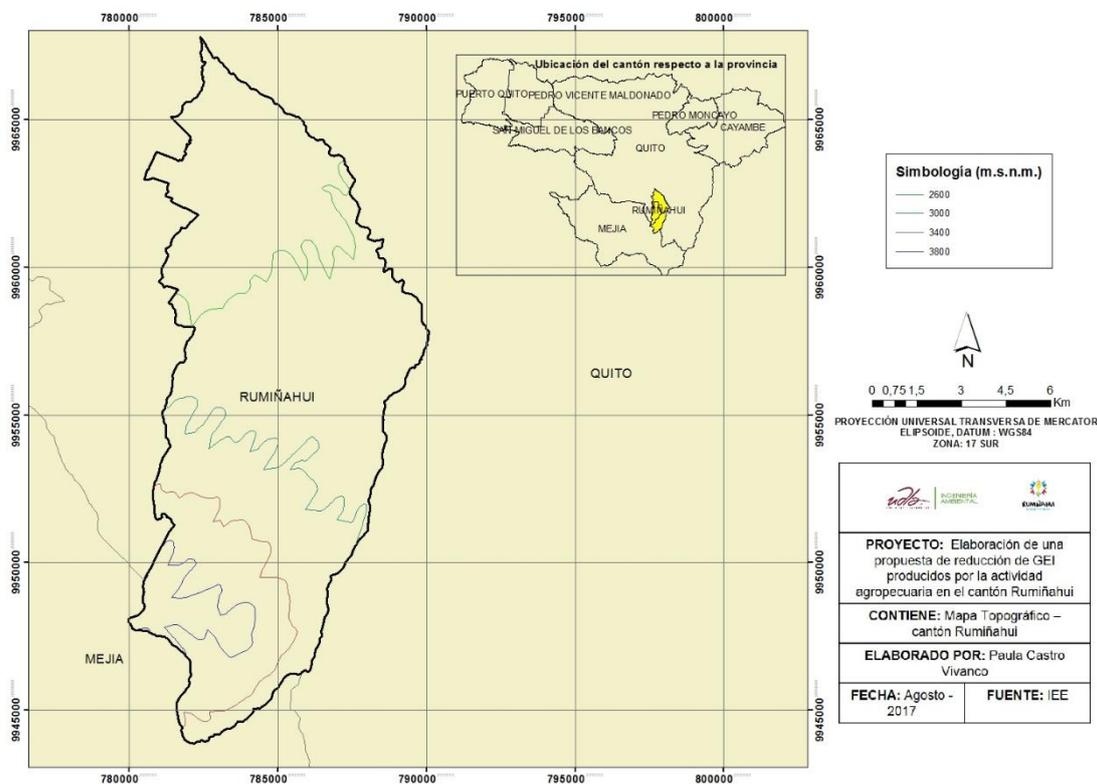


Figura 7. Mapa topográfico del cantón Rumiñahui

3.1.7 Cobertura vegetal natural

En su gran mayoría, la cobertura vegetal de Rumiñahui, corresponde a pastos cultivados (41,4 km²), luego le siguen otros tipos como son: la vegetación de páramos (14,9 km²), a pastos cultivados y bosque plantado (combinación) (12,7 km²) y a vegetación arbustiva con pasto cultivado (10,5 km²) (Municipio de Rumiñahui, 2015).

El mapa a continuación, Figura 8, presenta datos sobre la cobertura vegetal de Rumiñahui.

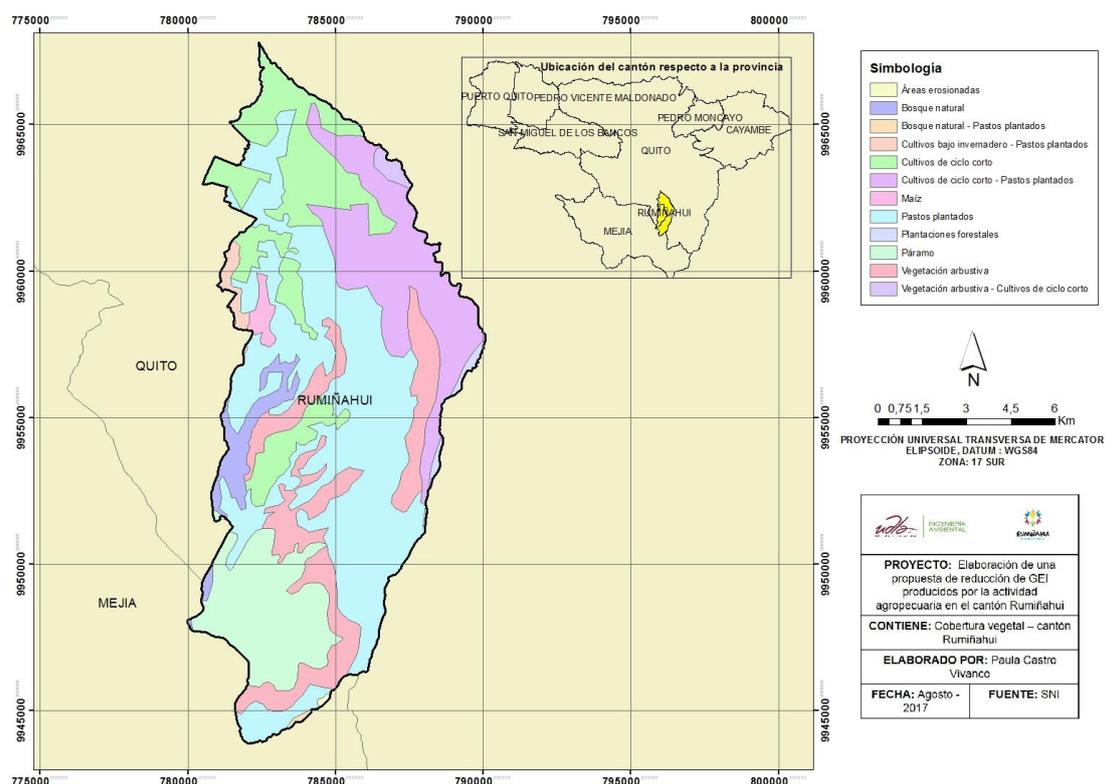


Figura 8. Mapa de cobertura vegetal del cantón Rumiñahui

3.1.8 Principales actividades económicas

Dentro de la Población Económicamente Activa (PEA), este corresponde a 412666 personas (INEC, 2010); a continuación, se presenta un gráfico (Figura 9) donde se representa la PEA según el género y la parroquia.

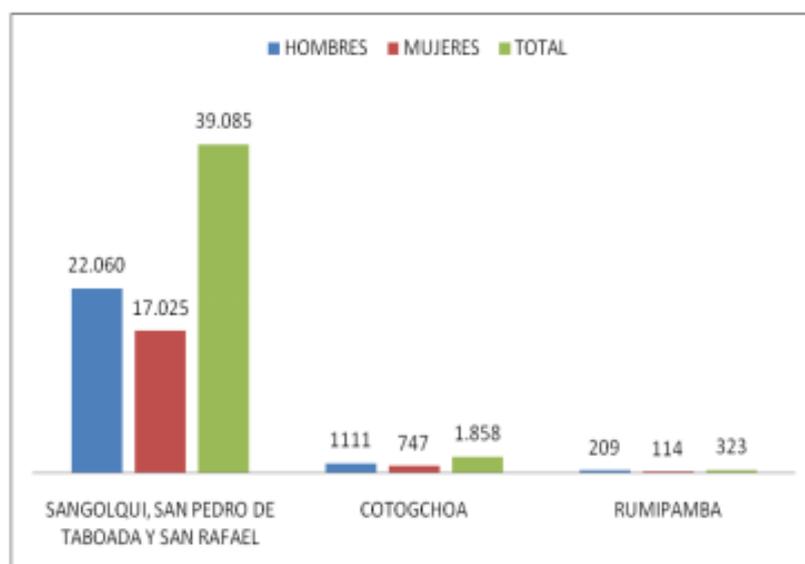


Figura 9. PEA según el género

Tomado de (Aguirre et Lima, 2015)

Como se observa en el gráfico (Figura 9), la PEA que sobresale es la del género masculino (se puede ver este en cada parroquia de Rumiñahui). En cuanto a las ramas de actividad a las que se dedican los habitantes del cantón, estas se describen en la Tabla 5, donde se evidencia que la mayoría de personas trabajan en el comercio, industria, construcción y servicio público, teniendo un menor porcentaje las personas que se dedican a la industria, agricultura y comercio (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Tabla 6.

Actividades económicas de Rumiñahui

Rama de actividad	Personas	Porcentaje (%)
Comercio al por mayor y menor	7951	24
Industria manufacturera	6638	20
Construcción	2756	8

Enseñanza	2287	7
Empl. Admin. Público	2255	7
Transporte y Almacenamiento	2164	6
Admin. Hogares	2093	6
Restaurantes y hoteles	2069	6
Servicios Administrativos	1728	5
Actividades Profesionales	1720	5
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1696	5
TOTAL	33357	100

Adaptado de (Aguirre *et* Lima, 2013)

3.1.8.1 Agricultura

En cuanto a la actividad económica relacionada con la agricultura, existen cultivos permanentes y transitorios, los mismos que se ven compuestos por (Municipio de Rumiñahui, 2015):

- *Permanentes*: babaco (1,1 ha), mora (1 ha), y tomate de árbol (0,9 ha)
- *Transitorios*: maíz suave seco (135 ha), maíz suave choclo (134 ha), fréjol seco (127 ha), fréjol tierno (67 ha), cultivos de papa (53 ha).

En lo que respecta a la utilización de maquinaria agrícola y nuevas tecnologías en las fincas y pequeñas parcelas agrícolas, esta es aún limitada, debido a la falta de financiamiento y asistencia de entidades estatales; por lo general los pequeños agricultores contratan el servicio de tractores de rueda y oruga, de jornaleros (realización de diversas actividades). El uso, por ejemplo, de la fumigación no es extensivo y muy pocas haciendas tienen trilladoras, cosechadora y sembradoras (Municipio de Rumiñahui, 2015).

En total, dentro del cantón, existen 28 pequeñas y medianas propiedades destinadas a la agricultura, las mismas que han levantado la suma de 60 invernaderos (especialmente en el sector de Rumipamba); en 9 UPAS existen 20 silos de capacidad media, mientras que en las haciendas grandes (tres fincas) utilizan la técnica del tendal para secar y cosechar sus productos (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Además, dentro del inventario de equipamiento e instalaciones agroindustriales, en Rumipamba, existe infraestructura para tratamiento de leche y sus derivados (centro de acopio; enfriamiento de leche, propiedad de las empresas Lechera Andina, EQF El Queso Francés S.A.) (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Tabla 7.

Instalaciones agrícolas de Rumiñahui

Instalaciones	UPAS	Número
Invernaderos	28	60
Empacadoras	0	0
Silos	9	20
Tendales	3	3
TOTAL	40	83

Adaptado de (MAGAP, 2007) y (Municipio de Rumiñahui, 2012)

3.1.8.2 Ganadería

En cuanto a la actividad ganadera en Rumiñahui, esta se ve representada por el ganado vacuno (el mismo que representaba, al 2007, 31825 litros de leche diaria,

según el MAGAP), ganado bovino, ganado porcino, ganado caballar, ganado ovino y crianza de aves (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Tabla 8.

Existencia de ganado en Rumiñahui por especies y razas

Tipo de cabezas	N° UPAS	Cabezas
Criollo	779	4322
Mestizo sin registro	61	3812
Mestizo con registro	9	1176
Pura sangre de carne	0	0
Pura sangre de leche	28	974
Pura sangre doble propósito	0	50
TOTAL	877	10334 cabezas

Adaptado de (MAGAP, 2007)

Entre los problemas con los que se encuentra un pequeño ganadero son: la falta de inversión para mejorar al ganado, la elevación de los precios de los insumos y del jornal, la competencia de las plantas receptora de leche y la venta de fincas para uso urbano (Municipio de Rumiñahui, 2015).

En cuanto a la producción del ganado, el 71% es comercializada con intermediarios, el 28% es vendido a las plantas procesadoras, y el 1% se vende directamente en el mercado (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Otra de las actividades económicas a la que se dedican en el cantón, es la crianza del ganado porcino; en la Tabla 8 se exponen el número de ganado porcino registrado en el 2007.

Tabla 9.

Ganado porcino de Rumiñahui

Ganado porcino	UPAS	Número	Porcentaje (%)
Criollo	980	2337	87
Mestizo	47	361	13
TOTAL	1027	2698	100

Adaptado de (MAGAP, 2007)

La crianza de ovejas es otra de las actividades dentro de la ganadería que ocurren en el cantón, el 94% de estas son criollas y el 6% es población mestiza (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Finalmente, en lo que respecta a la crianza de aves, se estima, que un productor o agricultor es propietario, en promedio, de 10 aves (gallinas, gallos, pollos); así como la cantidad de 0,4 patos por finca y 0,2 pavos por finca. En avicultura, el 46% de productores prefiere la crianza de ponedores, el 46% de reproductoras, el 3% pollos de engorde, y el 4% la crianza de pollitos (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Tabla 10.

Aves criadas en el campo y avicultura

Aves criadas en el campo	UPAS	Número	Porcentaje (%)
Gallos, gallinas y pollos	1069	11415	96
Patos	87	463	4
Pavos	10	29	0,2

TOTAL	1166	11907	100
Avicultura	UPAS	Número	Porcentaje (%)
Pollitos	0	10500	4
Pollonas	12	456	1
Ponedoras	4	113856	46
Reproductoras	3	113556	46
Pollos de engorde	25	7225	3
TOTAL	44	245623	100

Adaptado de (MAGAP, 2007)

El detalle de los datos sobre los sistemas productivos, se manifiesta en el mapa de la Figura 10.

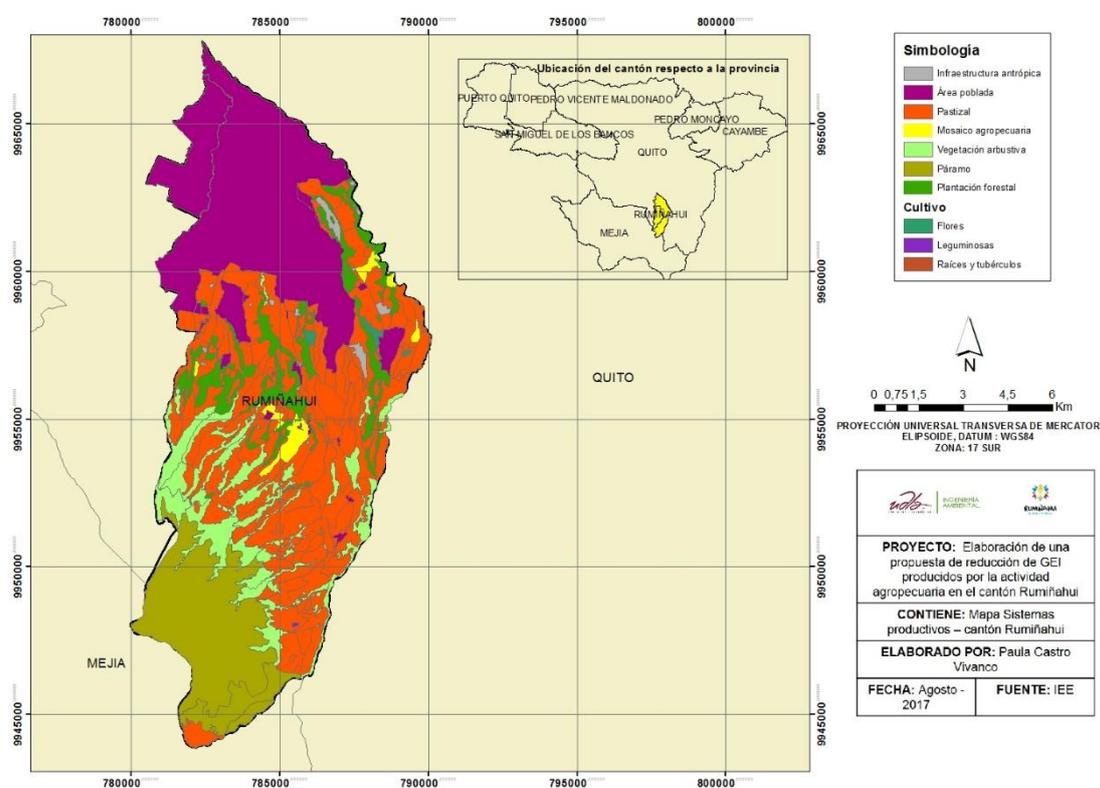


Figura 10. Sistemas productivos del cantón Rumiñahui

3.1.9 Uso del suelo

El uso actual del suelo en Rumiñahui es en su mayoría el uso agropecuario con un área de 55,86 km² (41,17%) principalmente en las parroquias de Cotogchoa y Rumipamba, pertenecientes al sector rural del cantón, seguido por otros usos como son: la zona urbana con 21,26 km² (15,6%), el uso forestal con 17,4 km² (12,82%) y la zona de conservación con un área 14,60 km² (10,73%) (Municipio de Rumiñahui, 2015).

Tabla 11.

Usos del suelo del cantón Rumiñahui

Usos	Símbolo	Área (km²)	Porcentaje (%)
Uso agropecuario	AG	55,86	41,17
Otros usos (residencial, comercial, mixto)	O	21,26	15,60
Uso forestal	F	17,40	12,82
Uso conservación	C	14,60	10,73
Uso agropecuario con uso forestal	Agf	13,63	10,13
Uso forestal con uso agropecuario	Fag	12,50	9,21
Uso forestal dominante	Fd	0,43	0,32
Área Cantonal		135,7	100

Adaptado de (Municipio de Rumiñahui, 2015)

El mapa sobre los diversos usos de suelo que existe en Rumiñahui, observados en la Figura 11, permitirá delimitar los sectores agrícolas cubiertos, la escala de trabajo y alcances del mismo.

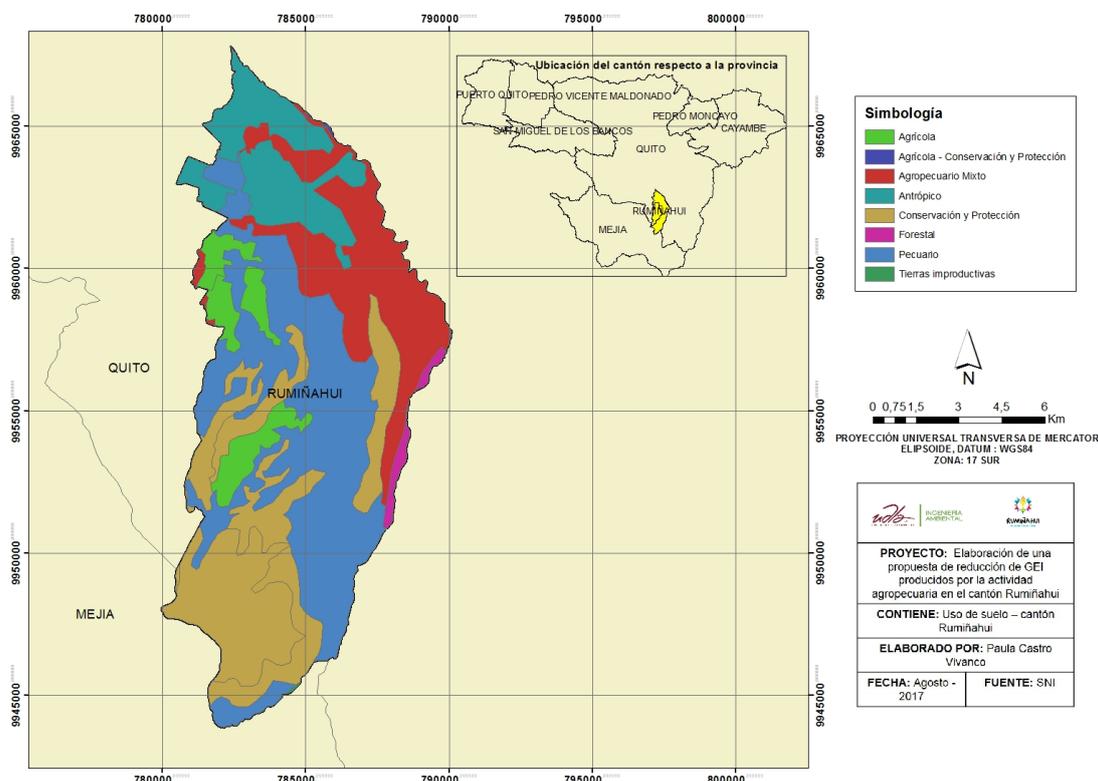


Figura 11. Mapa de uso del suelo del cantón Rumiñahui

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación, mediante el que se pretendió la determinación, en cuanto a emisiones de GEI, del cantón Rumiñahui en lo que respecta al sector agropecuario de este; como se mencionó anteriormente, se siguieron las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996, las mismas que engloban las siguientes actividades como parte de la elaboración de un inventario de GEI.

En la Figura 12, se detalla el diagrama de flujo de la metodología que se llevó a cabo para el desarrollo de la cuantificación de GEI.

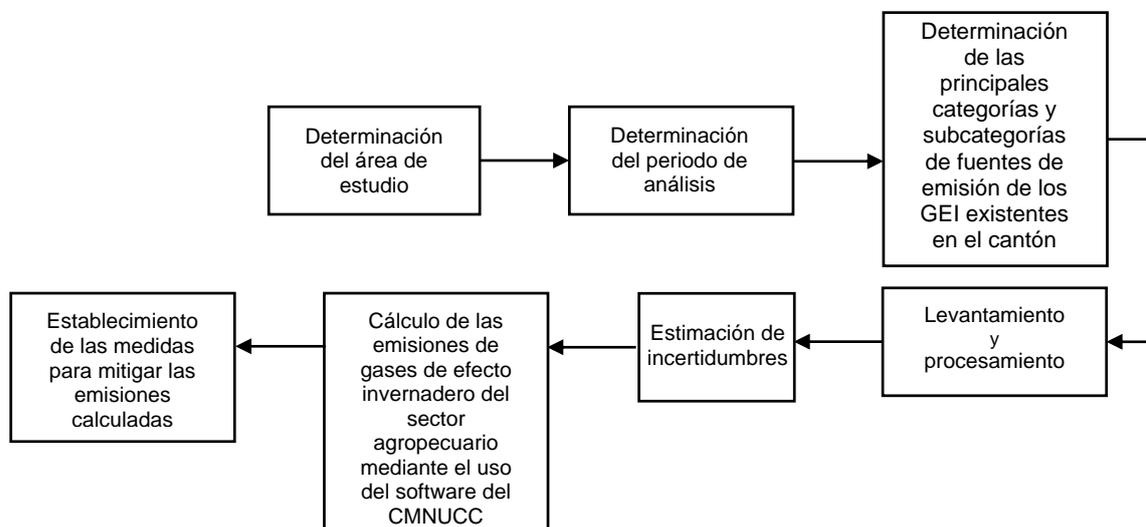


Figura 12. Diagrama de flujo con la metodología llevada a cabo en este proyecto

4.1 Determinación del área de estudio

El área de estudio que se escogió en este proyecto es el cantón Rumiñahui, compuesto de tres parroquias llamadas Sangolquí, Rumipamba y Cotogchoa, el cantón cuenta con una extensión de 135,76 kilómetros cuadrados, de los cuales 33,68 kilómetros cuadrados son utilizados para actividades agropecuarias y permitieron determinar la cantidad de emisiones de dicho sector productivo, de GEI a la atmósfera.

4.2 Determinación del período de análisis

En cuanto al período de análisis y, tomando en cuenta que este es el primer inventario de GEI con el que cuenta el cantón Rumiñahui, se utilizaron datos del año 2016 para los cálculos que se realizaron, así se obtuvo el Inventario de GEI del cantón Rumiñahui, sector agropecuario, año 2016.

4.3 Determinación de las principales categorías y subcategorías de fuentes de emisión de los GEI existentes en el cantón Rumiñahui

Para la recolección de información y posteriores cálculos con esta, se analizaron las categorías y subcategorías que propone el IPCC dentro de sus guías, en el sector agropecuario, llamado en dichas Directrices el sector agrícola, en la Tabla 11 se pueden observar las Subcategorías dentro de la Categoría Agricultura (sector agropecuario) que se analizó para realizar el inventario de emisiones.

Tabla 12.

Subcategorías tomadas en cuenta en el desarrollo del inventario de GEI de la Categoría Agricultura

N°	Subcategoría	Emisiones de GEI directas	Emisiones de GEI indirectas
1	Fermentación entérica del ganado doméstico y del manejo de estiércol	CH ₄ , N ₂ O	-
2	Cultivo de arroz	CH ₄	-
3	Quema prescrita de sabanas	CH ₄ , N ₂ O	CO, NO _x
4	Quema en el campo de los residuos agrícolas	CH ₄ , N ₂ O	CO, NO _x
5	Suelos agrícolas	N ₂ O	-

Adaptado de (IPCC, 2007)

Dentro del análisis de Subcategorías que se adaptaban al cantón de estudio, se determinó cuáles de estas aplicaban, representadas por una “X”, y las que, por el contrario, no aplicaban, representadas por “NA”, para la posterior recolección de datos necesarios para el cálculo; esta discriminación de Subcategorías a usarse se la generó toda vez que se identificó las características del cantón, así como información preliminar recolectada (quema de sabanas, adaptada a páramos, por ejemplo) a fuentes de información nacionales, las cuales se describen más adelante. Las tablas siguientes, de la número 13 a la número 18, presentan cada fuente emisión de GEI, determinada por el IPCC, por cada Subcategoría y la discriminación antes descrita.

Tabla 13.

Emisiones de metano que proceden de la fermentación entérica y el manejo del estiércol (Subcategoría 1)

Emisiones de CH₄ – Fermentación entérica del ganado doméstico y manejo del estiércol		
<i>Tipo de ganado y número de animales</i>	Ganado lechero	X
	Ganado no lechero	X
	Búfalos	NA
	Ovejas	NA
	Cabras	NA
	Camellos	NA
	Caballos	X
	Mulas y asnos	X
	Cerdos	X
	Aves de corral	X

Tabla 14.

Emisiones de óxido de nitrógeno que proceden del sistema de manejo de estiércol (SME) (Subcategoría 1)

Emisiones de N₂O – SME		
<i>Tipo de sistema de manejo de estiércol</i>	Lagunas anaeróbicas	NA
	Sistemas de tipo líquido	NA
	Abonado diario	NA
	Almacenamiento sólido y parcelas secas	X
	Praderas y pastizales	X
	Otros sistemas	NA

Tabla 15.

Emisiones de metano que proceden del cultivo de arroz (Subcategoría 2)

Emisiones de CH₄ – Cultivo de arroz		
<i>Régimen de gestión del agua y superficie cultivada</i>	De regadío	NA
	De secado	NA
	Aguas profundas	NA

Tabla 16.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero que proceden de la quema prescrita de sabanas (Subcategoría 3)

Emisiones de GEI – Quema de sabanas		
<i>Superficie quemada</i>	Pastizales	NA
	Matorrales	NA
	Montañas	NA

Tabla 17.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero que proceden de la quema de los residuos de las cosechas agrícolas (Subcategoría 4)

Emisiones de GEI – Quema de residuos agrícolas	
<i>Producción anual de cultivos</i>	NA

Tabla 18.

Emisiones de óxido nítrico que procede de los campos agrícolas (Subcategoría 5)

Emisiones de N₂O – Campos agrícolas		
<i>Tipo de aporte de N en el suelo y cantidad de aporte de N</i>	Fertilizante sintético	X
	Estiércol excretado	X
	Cultivo en histosoles	NA
	Cultivos fijadores de N	NA
	Residuos de las cosechas	X

La Tabla 19 señala, a manera de resumen, las fuentes de emisión que aplican para el cantón Rumiñahui y que fueron utilizadas en el cálculo de los GEI emitidos por su actividad agropecuaria.

Tabla 19.

Resumen de las subcategorías utilizadas (fuentes de emisión) en el cálculo de GEI emitido en Rumiñahui por la actividad agropecuaria

Emisiones de CH₄ – Fermentación entérica del ganado doméstico y manejo del estiércol
--

<i>Tipo de ganado y número de animales</i>	Ganado lechero	X
	Ganado no lechero	X
	Caballos	X
	Mulas y asnos	X
	Cerdos	X
	Aves de corral	X
Emisiones de N₂O – SME		
<i>Tipo de sistema de manejo de estiércol</i>	Almacenamiento sólido y parcelas secas	X
	Praderas y pastizales	X
Emisiones de N₂O – Campos agrícolas		
<i>Tipo de aporte de N en el suelo y cantidad de aporte de N</i>	Fertilizante sintético	X
	Estiércol excretado	X
	Residuos de las cosechas	X

4.4 Levantamiento y procesamiento de la información del sector agropecuario

Se recurrió a organismos nacionales que pudiesen tener información estadística del sector agropecuario que contribuyan a los datos necesarios por las Subcategorías previamente descritas, para luego clasificar, en cuanto a cada actividad a analizarse, dicha información y procesarla en el software; así pues, estas fueron:

1. Ministerio de Ambiente - MAE
2. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP

3. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro – AGROCALIDAD
4. Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC
5. Instituto Espacial Ecuatoriano – IEE
6. Gobierno Municipal de Rumiñahui - GADMUR
7. Empresa Pública Municipal del Cuerpo de Bomberos de Rumiñahui
8. Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas – IASA

Cabe recalcar que, del MAE, MAGAP, AGROCALIDAD, IASA y la Empresa Pública Municipal del Cuerpo de Bomberos de Rumiñahui se obtuvieron datos generales que ayudaron a la sustentación del proyecto; por ende, las únicas instituciones donde se obtuvieron datos concisos que ayudaron con los cálculos del proyecto se describen a continuación en la Tabla 20, con la información que se obtuvo.

Tabla 20.

Resumen de las subcategorías utilizadas (fuentes de emisión) en el cálculo de GEI emitido en Rumiñahui por la actividad agropecuaria

Institución (en orden de importancia de la información)	Información recolectada	Información recolectada de:
Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC	Datos agropecuarios (cabezas de ganado, cultivos existentes) – ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua)	http://www.ecuadorenecifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Gobierno Municipal de Rumiñahui - GADMUR	Datos generales del cantón (uso de suelo, demografía, etc.)	http://www.rumiñahui.gob.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=2&lang=es
Instituto Espacial Ecuatoriano – IEE	Shapefiles del cantón Rumiñahui (geología, hidrografía, uso de suelo, etc.)	http://www.ideportal.iee.gob.ec/visor/IEE/composer/

Además de esta información, en cuanto a los datos necesarios para el cálculo, los factores de emisión para Subcategoría se utilizó la Base de Factores de Emisión (BDFE) del IPCC, usando los factores de emisión por defecto que han sido determinados por el IPCC basándose en la existencia de investigaciones científicas sobre estos.

En cuanto a la información cantonal, finalmente usada, como se indicó en la Tabla 20, se utilizó información proporcionada por el INEC, en su Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del año 2016, la cual brindó información sobre el sector agropecuario ya que contiene datos relacionados con superficie agrícola plantada y cosechada, así como la existencia de ganado y aves a nivel del cantón de estudio.

Una vez clasificada la información suministrada por el INEC, también se realizaron salidas de campo, para recorrer el cantón, así como una entrevista al Sr. Hugo Barreno, habitante del barrio La Moca, parroquia de Rumipamba, dedicado a trabajar más de 10 años en el sector agropecuario y al Licenciado en Ciencias Biológicas, el Sr. Tashkin Meza, pequeño productor de leche del barrio La Moca, parroquia de Rumipamba, con lo cual se evidenció de manera más real la situación del cantón en cuanto a ganadería y agricultura se trata; se visitaron

también dos fincas, una donde se realizaba ordeño manual y otra donde el ordeño se realizaba mecánicamente (esto debido a que es la ganadería la Subcategoría de mayor importancia en Rumiñahui).

4.5 Estimación de incertidumbres

El estimar la incertidumbre dentro del proceso de la elaboración de un Inventario de GEI, son parte importante para que este se complete, pues dará paso a mejores investigaciones a futuro, cuyo fin sea también el de construir un Inventario de GEI; en este caso en el sector agropecuario (IPCC, 2007).

Cabe recalcar que, dicho cálculo de incertidumbres no se orienta a desestimar los resultados del software a utilizarse, sino a que el GAD municipal, en este caso, le dé prioridad a las mejoras en cuanto al acceso de datos, para el próximo inventario (MAE, 2016).

Las incertidumbres se presentan debido a: los factores de emisión y a los datos de actividad; en el caso de este proyecto, se utilizó el método de Nivel 1 presente en la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, del año 2000, el mismo que consta en combinar la incertidumbre del dato de actividad con el del factor de emisión (IPCC, 2007), mediante la ecuación que se muestra a continuación.

$$U_{Total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

U_{Total} = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95%, dividido por el total y expresado como porcentaje).

U_i = es el porcentaje de incertidumbre asociado con la categoría i

Para el cálculo de incertidumbre en este proyecto, y debido a que la actividad de mayor importancia es la que tiene que ver con la actividad ganadera en Rumiñahui (fermentación entérica del ganado doméstico y manejo del estiércol), se tomó en cuenta, la incertidumbre de la ESPAC dentro de la encuesta realizada en el 2016 que corresponde al 15% (2016), y a la incertidumbre de los factores de emisión de la IPCC, los que corresponden a 30% a 50% (2007), por lo que se utilizó el porcentaje de 40%; obteniendo así un porcentaje de incertidumbre en todo el inventario de GEI – sector agropecuario equivalente a 42,72%

4.6 Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agropecuario mediante el uso del software del CMNUCC

Para el cálculo de las emisiones de GEI del sector agropecuario, se utilizó el método por defecto propuesto por la IPCC, un método de nivel 1 (Tier 1), con ecuaciones provistas por el Libro de Trabajo del software y con factores de emisión por defecto, ya que no existen factores de emisión específicos para el cantón en vista de que el tema de estos inventarios es nuevo a nivel GAD municipal. Para el procesamiento de los datos y la determinación de los resultados se utilizó el Software para la Elaboración de Inventarios de Emisión de GEI de la CMNUCC, el mismo que se encuentra disponible Microsoft Excel (hojas de cálculo); por cada Subcategoría estudiada, se describirá el procedimiento que se siguió, así como las ecuaciones que el software utilizó.

Cabe recalcar que, no se consideró la Subcategoría 2 (emisiones de CH_4 proveniente del cultivo de arroz) debido a que en el cantón no se produce esta

gramínea debido a que se encuentra en una zona donde este no se da (región Sierra del Ecuador); asimismo, no se tomó en cuenta la Subcategoría 3 (emisiones de GEI provenientes de la quema prescrita de sabanas) ya que no existe registro de que esto haya ocurrido en el año de estudio, 2016, por lo que el valor de hectáreas quemadas sería cero. Asimismo, la Subcategoría 4 (quema de residuos agrícolas), debido a que en las salidas indicadas, los entrevistados, supieron decir que no se quema ningún residuo agrícola, debido a que lo aprovechan para los campos o ganado.

4.6.1 Emisiones procedentes del ganado doméstico

Para el cálculo de las emisiones generadas debido al proceso de digestión del ganado doméstico, así como el manejo de su estiércol, se siguieron los siguientes pasos:

PASO 1. Estimación de las emisiones provocadas por la fermentación entérica.

Se llenó la Hoja de Trabajo 4-1 del software con los datos de cantidad de ganado doméstico, datos que fueron recogidos de la ESPAC, y factores de emisión por defecto obtenidos por la IPCC (América Latina en caso del ganado vacuno y países en desarrollo en el resto de animales), dichos datos se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 21.

Datos utilizados para el cálculo de las emisiones generadas por fermentación entérica

Tipo de ganado	Número de animales (en miles)	Factores de emisión de CH ₄ – fermentación entérica (T de CH ₄ por 1000 cabezas por año)
----------------	----------------------------------	--

Ganado lechero	3,066	57
Ganado no lechero	1,041	49
Búfalos	0	55
Ovejas	0	5
Cabras	0	5
Camellos	0	46
Caballos	0,268	18
Mulas y asnos	0,001	10
Cerdos	0,136	1
Aves de corral	1,05	No estimado (NA)

Finalmente, el número de animales se lo multiplicó por dicho factor de emisión para obtener así las emisiones de la fermentación entérica en toneladas por año.

PASO 2. Estimación de las emisiones que proceden del manejo del estiércol

En este caso, se siguió trabajando en la Hoja de Trabajo 4-1 del software, y además del número de cabeza de ganado en miles, se agregaron los factores de emisión obtenidos por el IPCC (en esta ocasión el factor de emisión se lo tomó por: país en desarrollo, clima templado), en la Tabla 22, se expresan los datos utilizados.

Tabla 22.

Datos utilizados para el cálculo de las emisiones generadas por fermentación entérica

Tipo de ganado	Número de animales (en miles)	Factores de emisión de CH₄ – manejo de estiércol (kg de CH₄ por cabeza y año)
Ganado lechero	3,066	1
Ganado no lechero	1,041	1
Búfalos	0	0
Ovejas	0	0,16
Cabras	0	0,17
Camellos	0	1,92
Caballos	0,268	1,64
Mulas y asnos	0,001	0,9
Cerdos	0,136	1
Aves de corral	1,05	0,018

Finalmente, el número de animales se lo multiplicó por dicho factor de emisión para obtener las emisiones de CH₄ producidas por el manejo de estiércol en toneladas por año.

PASO 3. Estimación de las emisiones de CH₄ generadas por la fermentación entérica y el manejo de estiércol

Se sumaron las emisiones correspondientes a cada uno de los resultados de los Pasos 1 y 2, así como los dos totales, y finalmente se dividió para 1000, el resultado final para expresar el resultado en gigagramos.

PASO 4. Estimación de las emisiones de N₂O procedentes del sistema de manejo de estiércol

Para el cálculo de estas emisiones, por cada tipo de SME, que en caso de Rumiñahui son el almacenamiento sólido y parcelas secas, y las praderas y pastizales, se necesitó, por cada tipo de animal y SME, el nitrógeno excretado, este cálculo se utilizaron los siguientes datos: número de animales (ESPAC), así como nitrógeno excretado y fracción de nitrógeno del estiércol (IPCC), mismos datos que se pueden observar en la Tabla 22.

Tabla 23.

Datos utilizados para el cálculo del nitrógeno excretado por cada SME

Tipo de ganado	Número de animales	Nitrógeno excretado, Nex (Kg/cabeza/año)	Fracción del nitrógeno del estiércol por SME (fracción)	Fracción del nitrógeno del estiércol por SME (fracción)
			<i>Almacenamiento sólido y parcelas secas</i>	<i>Praderas y pastizales</i>
Ganado no lechero	1041	40	0	0,99
Ganado lechero	3066	70	0,01	0,36
Aves de corral	1050	0,6	0	0,42
Ovejas	0	12	0	1
Cerdos	136	16	0,51	0

Otros	269	40	0	0,99
-------	-----	----	---	------

Estos datos, se los multiplicó a todos los valores, por cada tipo de animal, y se sumaron los totales, con el fin de conseguir un total por cada SME; finalmente, estos resultados se multiplicaron por el factor de emisión de cada SME (0,2 en ambos SME), así como por la relación de conversión 44/28 y por 10^{-6} , con el cual se obtuvieron el total de emisiones de N₂O anual en gigagramos por cada SME, por lo que se sumaron ambos resultados para un total global.

4.6.2 Suelos agrícolas

Para el cálculo de las emisiones de N₂O procedentes de los suelos agrícolas, dividió cada procedimiento, y se tomaron en cuenta los siguientes pasos.

4.6.2.1 Estimación de las Emisiones Directas de Óxido Nitroso

PASO 1. Cantidad de aporte de nitrógeno

Se utilizó la Hoja de Trabajo 4-5 del software y se realizaron los siguientes cálculos:

- Cálculo del fertilizante sintético usado

Se utilizó la siguiente ecuación

$$F_{SN} = N_{FERT} \cdot (1 - Frac_{GASF}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

N_{FERT} = total de fertilizante sintético utilizado en el país (kg N/año)

$Frac_{GASF}$ = fracción del total de nitrógeno del fertilizante sintético que se emite como NO_x + NH₃ (kg N/kg N)

Como dato para el total de fertilizante se utilizó el total obtenido por la ESPAC, con un valor de 67940,4 kg de fertilizante sintético (sólo nitrógeno), y en cuanto a la fracción se lo obtuvo del IPCC (0,1).

- Cálculo del nitrógeno proveniente del estiércol

Para obtener este resultado, se utilizó el dato resultante del cálculo del nitrógeno excretado (N_{ex}) por los SME (suma total de este); para obtener el resultado corregido, se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$F_E = (N_{ex} * Frac_{COMB}) * (1 - (Frac_{PAST} + Frac_{GASM})) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

F_E = nitrógeno del estiércol usado como fertilizante en Rumiñahui, con la corrección para las emisiones de NH_3 y NO_x (excluyendo el estiércol producido durante el pastoreo) (kg N/año)

N_{ex} = nitrógeno total excretado por los animales en Rumiñahui (kg N/año)

$Frac_{COMB}$ = fracción del N excretado por el ganado contenido en su estiércol que se quema como combustible (kg N/kg N total excretado)

$Frac_{PAST}$ = fracción del N excretado por el ganado y depositado en el suelo durante el pastoreo (kg N/kg N excretado)

$Frac_{GASM}$ = fracción del total de N excretado que se emite como NO_x o NH_3 (kg N/kg N)

En este caso, los valores de fracciones de defecto que se utilizaron fueron los dados por el IPCC, de tal manera que $Frac_{COMB}$ fue 0,0; $Frac_{PAST}$ fue igual a 0,02; y $Frac_{GASM}$ fue 0,2.

- Cálculo del aporte de N procedente de los residuos agrícolas

Para obtener este resultado se usaron datos de la ESPAC sobre el total de producción de cultivos, los mismos que se multiplicaron por su fracción de materia seca, ya que el dato para el cálculo se expresa en kg de biomasa seca al año; entonces se dividieron los cultivos en los que son secos (12500 kg) y los que no lo son (744870 kg), a estos se los multiplicó, a cada uno, por la fracción de nitrógeno de cada tipo de cultivo, así la fracción de N de los cultivos secos fue 0,03; y la fracción de los que no son cultivos secos fue 0,015. Además de estos datos, se necesitaron los datos de las fracciones: $Frac_R$ igual a 0,45; y $Frac_{QUEM}$ igual a 0,1; así la ecuación necesaria para obtener un resultado fue:

$$F_{RC} = \frac{((Cultivo_{BF} * Frac_{NCRBF}) + (Cultivo_0 * Frac_{NCR0})) * (1 - Frac_R) * (1 - Frac_{QUEM})}{Frac_{QUEM}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

F_{RC} = nitrógeno proveniente de los residuos agrícolas (kg N/año)

$Cultivo_{BF}$ = producción de legumbres secas en Rumiñahui (kg biomasa seca/año)

$Frac_{NCRBF}$ = fracción del nitrógeno en cultivos secos (kg N/kg de biomasa seca)

$Cultivo_0$ = producción de cultivos no fijadores de N (kg biomasa seca/año)

$Frac_{NCR0}$ = fracción del nitrógeno en cultivos no fijadores de N (kg N/kg de biomasa seca)

$Frac_R$ = fracción de los residuos de las cosechas que se retira del campo durante el período de cosecha (kg N/kg cosecha-N)

$Frac_{QUEM}$ = fracción de residuos de las cosechas que se quema en lugar de ser abandonados en los campos

PASO 2. Estimación de las emisiones directas de N₂O (excluido el cultivo de histosoles)

Con la cantidad de nitrógeno calculada por cada uno de los tipos de aporte de N al suelo dispuestos por la IPCC, se lo multiplicó, a cada valor, por factores de emisión para las emisiones directas, las mismas que se explican en la Tabla 24; finalmente, este valor se lo multiplicó por 10⁻⁶ para que el resultado sea expresado en gigagramos.

Tabla 24.

Factores de emisión para las emisiones directas de N₂O procedentes de los campos agrícolas

Tipo de aporte de N al suelo	Factor de emisión para las emisiones directas (kg N₂O – N/kg N)
Fertilizante sintético	0,0125
Estiércol	0,0125
Residuos de las cosechas	0,0125

Finalmente, se sumaron todos los totales para obtener un resultado global.

4.6.2.2 Estimación de las Emisiones Indirectas de Óxido Nitroso

PASO 1. Estimación de las emisiones de N₂O proveniente del pastoreo de animales

Para estimar este valor se utilizó el valor de nitrógeno excretado por este sistema de manejo de estiércol ya obtenido en los cálculos de SME; además se usó el factor de emisión obtenido de la IPCC que era igual a 0,02; para obtener el resultado se multiplicaron ambos valores, así como por la relación de conversión 44/28 (para obtener el óxido nitroso excretado) y por 10⁻⁶ para expresar el valor final en gigagramos.

PASO 2. Estimación de las emisiones indirectas procedentes de la deposición atmosférica de NH₃ y NO_x

Para determinar este valor, primero se calculó la cantidad de N que se aplica al suelo que se volatiliza, entonces, se utilizó el nitrógeno en el fertilizante sintético, obtenido por la ESPAC (67940,4 kg) y la fracción de N, en el fertilizante sintético que se aplica se volatiliza, obtenida del IPCC, la cual es igual a 0,1; se multiplicaron ambos valores y se obtuvo cuanto N se volatiliza del nitrógeno aplicado al suelo como fertilizante sintético.

Luego, se utilizó el total de N excretado por el ganado (obtenido anteriormente), el cual correspondía a 269826 kg N/año y se lo multiplicó por la fracción total de N, en el estiércol excretado, que se volatiliza, el mismo se obtuvo del IPCC y era equivalente a 0,2; así se obtuvo el total de N excretado por el ganado que se volatiliza en kg N/kg N.

Finalmente, se sumaron ambos totales de N volatilizados y se multiplicaron por otro factor de emisión del IPCC (0,01) y por 10⁻⁶ para expresar el resultado final en gigagramos.

PASO 3. Estimación de las emisiones indirectas procedentes de la lixiviación

Para este valor, se sumaron los valores correspondientes al fertilizante sintético utilizado, obtenido por la ESPAC (67940,4 kg) y la excreción del nitrógeno del ganado (suma del nitrógeno excretado por cada SME); los mismos que se multiplicaron por la fracción de nitrógeno que se lixivia (0,3) y el factor de emisión correspondiente a 0,025, dichos valores se obtuvieron del IPCC.

PASO 4. Estimación del total de emisiones indirectas de N₂O

Para obtener este resultado se sumaron los totales obtenidos previamente en los pasos 2 y 3 de este apartado.

Finalmente, para obtener el resultado global de cantidad de emisiones de N₂O generadas por los suelos agrícolas, se sumaron los resultados obtenidos de:

- Emisiones de N₂O procedentes del pastoreo de animales (emisiones directas)
- Total de emisiones indirectas de óxido nitroso

4.7 Determinación de puntos críticos de emisión de GEI y establecimiento de las medidas para mitigación

Una vez obtenidos los resultados, se analizaron las emisiones y se identificaron los principales puntos de emisión de GEI, previo a la realización de los cálculos, donde se establecieron medidas de mitigación de emisiones de GEI a la atmósfera para el cantón Rumiñahui, en el sector productivo correspondiente al agropecuario (propuesta), para combatir así el cambio climático, dicha propuesta no sólo contiene la implementación de acciones que reduzcan las emisiones sino que, adaptadas a la realidad de dicho GAD cantonal, también contiene acciones que reemplacen a otras que ocurren, con el fin de reducir los GEI.

5. RESULTADOS

5.1 Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agropecuario, en el cantón Rumiñahui

Los resultados obtenidos luego del cálculo de las emisiones de GEI en el cantón Rumiñahui, sector agropecuario se expresan en este apartado; las mismas también serán comparadas con los resultados obtenidos y reportados a la

CMNUCC por el Ecuador en el año 2010 (MAE, 2016), cuando existan valores que comparar.

5.1.1 Emisiones procedentes del ganado doméstico

De acuerdo con la realidad del cantón, expuesta en capítulos anteriores, esta Subcategoría, es la de mayor importancia en cuanto a las emisiones de GEI emitidas a la atmósfera, ya que el cantón en su mayoría es ganadero (38,54% del total del uso de suelo en Rumiñahui – Municipio de Rumiñahui, 2015); así pues, en la Tabla 25, se exponen los resultados de las emisiones provenientes de la Fermentación Entérica y el Manejo de Estiércol del ganado, que han sido calculadas mediante el software del CMNUCC. Cabe recalcar que, todo el apartado sobre las emisiones procedentes de ganado doméstico son emisiones de GEI directas.

Tabla 25.

Resultados de las emisiones generadas por la fermentación entérica y manejo de estiércol del ganado mediante el software de la CMNUCC

MÓDULO	AGRICULTURA						
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y DEÓXIDO NITROS PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL						
HOJA DE TRABAJO	4-1						
HOJA	1 DE 2 EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL						
PASO 1			PASO 2		PASO 3		
Tipo de ganado	A Número de animales (en miles)	B Factores de emisión para la fermentación entérica	C Emisiones procedentes de la fermentación entérica (t/año)	D Factores de emisión para el manejo del estiércol	E Emisiones procedentes del manejo del estiércol (t/año)	F Total anual de las emisiones procedentes del ganado	F Total anual de las emisiones procedentes del ganado doméstico

		(Kg/cabeza/ año)		(Kg/cabeza/ año)		doméstico (Gg)	(Ton métricas)
			$C = (A \times B)$		$E = (A \times D)$	$F = (C + E) / 1000$	
Ganado lechero	3,066	57	174,762	1	3,066	0,178	177,83
Ganado no lechero	1,041	49	51,009	1	1,041	0,052	52,05
Búfalos	0	0	0	0	0	0,000	0,00
Ovejas	0	0	0	0	0	0,000	0,00
Cabras	0	0	0	0	0	0,000	0,00
Camellos	0	0	0	0	0	0,000	0,00
Caballos	0,268	18	4,824	1,64	0,43952	0,005	5,26
Mulas y asnos	0,001	10	0,01	0,9	0,0009	0,000	0,01
Cerdos	0,136	1	0,136	1	0,136	0,000	0,27
Aves de corral	1,05	0	0	0,018	0,0189	0,000	0,02
Totales			230,741		4,70232	0,235	235,44

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

En total, las emisiones generadas por la *Fermentación Entérica* del ganado en el cantón de estudio, es igual a 230,74 toneladas de CH₄ (5768,5 toneladas de CO₂- eq); las que, comparadas con lo generado en el Ecuador, en el año 2010 (6432800 toneladas de CO₂- eq) (MAE, 2016) representa un 0,089% del total de lo que se genera a nivel país.

El total de emisiones provenientes del *Manejo del Estiércol* fue 4,70 toneladas de CH₄ (117,5 toneladas de CO₂- eq), que, comparadas con las 196500 toneladas CO₂- eq generadas por el Ecuador (MAE, 2016), representa apenas el 0,059%.

Finalmente, el total de emisiones generadas en Rumiñahui por el *Ganado Doméstico* equivale a 235,44 toneladas de CH₄ (5886 toneladas de CO₂- eq), apenas el 0,089% del total de las emisiones totales registradas por el Ecuador en el año 2010 (MAE, 2016).

En las Tablas 26 y 27, respectivamente, se encuentran los resultados del *Nitrógeno excretado por cada sistema de manejo de estiércol (SME)* elegido (almacenamiento sólido y parcelas secas – praderas y pastizales).

Tabla 26.

Resultados de las emisiones procedentes del SME correspondiente a almacenamiento sólido y parcelas secas

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y DEÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
ESPECIFICAR EL SME	ALMACENAMIENTO SÓLIDO Y PARCELAS			
HOJA	NITRÓGENO EXCRETADO POR SISTEMA DE MANEJO DE ESTIÉRCOL			
Tipo de ganado	A Número de animales (# de animales)	B Nitrógeno excretado, N _{ex} (Kg/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME (%/100) (fracción)	D Nitrógeno excretado por SME, N _{EX} (Kg N/año)
				$D = (A \times B \times C)$
Ganado no lechero	1041	40	0	0
Ganado lechero	3066	70	0,01	2146,2
Aves de corral	1050	0,6	0	0
Ovejas	0	0	0	0
Cerdos	136	16	0,51	1109,76

Otros	269	40	0	0
				3255,96

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

El resultado, expresado en kg de nitrógeno por año, en el cantón Rumiñahui, equivale a 3255,96; lo que representa al 0,024% de las emisiones generadas en el país (13497564,8 kg N/año) (MAE, 2016) por este tipo de manejo de estiércol.

Tabla 27.

Resultados de las emisiones procedentes del SME correspondiente a praderas y pastizales

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y DEÓXIDO NITROS PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
ESPECIFICAR EL SME	PRADERAS Y PASTIZALES			
HOJA	NITRÓGENO EXCRETADO POR SISTEMA DE MANEJO DE ESTIÉRCOL			
Tipo de ganado	A Número de animales (# de animales)	B Nitrógeno excretado, N _{EX} (Kg/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SNE (%/100) (fracción)	D Nitrógeno excretado por SME, N _{EX} (Kg N/año)
				$D = (A \times B \times C)$
Ganado no lechero	1041	40	0,99	41223,6
Ganado lechero	3066	70	0,36	77263,2
Aves de corral	1050	0,6	0,42	264,6
Ovejas	0	0	0	0
Cerdos	136	16	0	0

Otros	269	40	0,99	10652,4
				129403,8

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

Comparando este resultado (129403,8 kg N/año) con el resultado obtenido, por este SME, en el país, al año 2010, equivalente a 222501519,87 kg N/año (222,50 Gg N/año) (MAE, 2016); el valor del cantón Rumiñahui sólo representa el 0,058%.

Tabla 28.

Resultados de las emisiones generadas (total) por los Sistemas de Manejo de Estiércol

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1			
HOJA	2 DE 2 EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA. EMISIONES PROCEDENTES DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL (SME)			
PASO 4				
Sistema de Manejo del Estiércol (SME)	A Nitrógeno excretado ^{Nex} 60((Kg N/año)	B Factor de emisión para el SME FE ₃ (Kg N ₂ O - N/Kg N)	C Total anual de las emisiones de N ₂ O (Gg)	C Total anual de las emisiones de N ₂ O (Ton métricas)
			$C = (A \times B) [44/28] \times 10$	
Lagunas anaeróbicas	0	0	0	0
Sistemas de tipo líquido	0	0	0	0
Abonado diario	0		0	0

Almacenamiento sólido y parcelas secas	3255,96	0,02	0,00010233	0,102330171
Praderas y pastizales	129403,8		0	0
Otros	0	0	0	0
Totales	132659,76		0,00010233	0,102330171

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

En cuanto a lo que respecta al total de *emisiones de N₂O generadas por los SME*; el resultado final expuesto en la Tabla 28 es 0,000102 Gigagramos de N₂O (0,102 Ton métricas de N₂O o 30,39 Ton métricas de CO₂- eq), el mismo que corresponde al 0,016% del total de lo que se emite a nivel país (185300 Ton métricas de CO₂- eq) (MAE, 2016).

En resumen, los GEI emitidos a la atmósfera por el sector ganadero en Rumiñahui en el año 2016, se pueden observar en la siguiente figura.

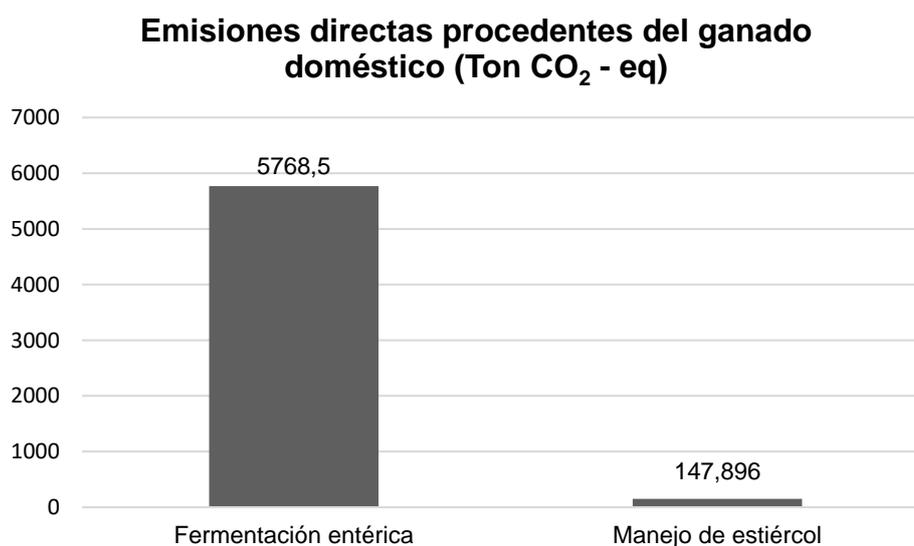


Figura 13. Emisiones directas procedentes del ganado doméstico, cantón Rumiñahui, año 2016

En la Figura 13, se puede denotar cómo la fermentación entérica es la subcategoría que más gases de efecto invernadero produce (en su caso CH₄), mientras que la que se refiere al manejo del estiércol tanto como en producción de N₂O y de CH₄ es, claramente, mucho menor en cuanto a las emisiones de CO₂-eq.

5.1.2 Suelos agrícolas

5.1.2.1 Emisiones directas de N₂O a la atmósfera

A continuación, se muestran los resultados de la hoja de trabajo que resume las emisiones directas de los suelos anualmente (Gg N₂O-N/año), por cada tipo de aporte de N al suelo (en este caso: fertilizante sintético, estiércol, y residuos de las cosechas), el mismo que equivale a 2,424 Ton métricas de N₂O – N (721,16 Ton métricas de CO₂ – eq).

Tabla 29.

Resultados de las emisiones directas del suelo a la atmósfera de N₂O

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO	4-5			
HOJA	1 DE 5 EMISIONES DIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS, EXCLUIDO EL CULTIVO DE LOS HISTOSOLES			
		PASO 1	PASO 2	
Tipo de aporte de N en el suelo	A Cantidad de aporte de N (Kg N/año)	B Factor de emisión para las emisiones directas	C Emisiones directas de los suelos (Gg N ₂ O-N/año)	C Emisiones directas de los suelos

		FE (Kg N ₂ O - N/Kg N)		(Ton métricas N ₂ O - N/año)
			$C = (A \times B) \times 10^{-6}$	
Fertilizante sintético (F _{SN})	67940,4	0,0125	0,000849255	0,849255
Estiércol (F _{AW})	103474,6128	0,0125	0,001293433	1,29343266
Cultivos fijadores del nitrógeno (F _{BN})				0
Residuos de las cosechas (F _{CR})	22531,725	0,0125	0,000281647	0,281646563
Total			0,002424334	2,424334223

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

Para mejor entendimiento de la cantidad de aporte de N (kg N/año) de los tipos Estiércol y Residuos de las cosechas, en las Tablas 30 y 31, se observan los resultados del software para cada uno de estos, a fin de ser utilizados para el resultado global.

Tabla 30.

Resultados de nitrógeno del estiércol que es utilizado (previas correcciones para emisiones de NO_x y NH₃)

MÓDULO	AGRICULTURA
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS
HOJA DE TRABAJO	4-5A (ADICIONAL)
HOJA	1 DE 1 UTILIZACIÓN DEL NITRÓGENO DEL ESTIÉRCOL

A Total del nitrógeno excretado (Kg N/año)	B Fracción del nitrógeno quemado como combustible (fracción)	C Fracción del nitrógeno excretado durante el pastoreo (fracción)	D Fracción del nitrógeno excretado emitido como NO _x y NH ₃ (fracción)	E Suma (fracción)	F Nitrógeno del estiércol utilizado (después de la corrección para las emisiones de NO ₃ y NH ₃), F _{AW} (Kg N/año)
				$F = I - (B + C + D)$	$F = (A \times E)$
132659,76	0	0,02	0,2	0,78	103474,6128

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

Tabla 31.

Resultados de aporte de nitrógeno de los residuos agrícolas

MÓDULO	AGRICULTURA					
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS					
HOJA DE TRABAJO	4-5B (ADICIONAL)					
HOJA	1 DE 1 APOORTE DE NITRÓGENO DE LOS RESIDUOS DE LAS COSECHAS					
A Producción de cultivos no fijadores del nitrógeno (Kg biomasa seca/año)	B Fracción de nitrógeno de cultivos no fijadores del nitrógeno, (Kg N/ Kg biomasa seca)	C Producción de legumbres secas y soya (Kg biomasa seca/año)	D Fracción del nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno (Kg N/ Kg biomasa seca)	E Unidad menos la fracción de los residuos de las cosechas retirados de los campos, (fracción)	F Unidad menos la fracción de residuos de las cosechas quemados (fracción)	G Aporte de nitrógeno de los residuos de las cosechas (Kg N/año)
						$G = 2 \times (A \times B + C \times D) \times E \times F$
744870	0,015	12500	0,03	0,55	0,9	11432,569

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

5.1.2.2 Emisiones indirectas de N₂O a la atmósfera

En cuanto a los resultados de las emisiones indirectas de N₂O, esta se ve resumida en las siguientes tres tablas. En la Tabla 32, se observa el resultado de emisiones de N₂O proveniente del pastoreo de animales, el mismo que fue igual a 0,00401 Gg (4,067 Ton métricas de N₂O o 1211,96 Ton métricas de CO₂-eq).

Tabla 32.

Resultados de las emisiones de N₂O proveniente del pastoreo de los animales

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO	4-5			
HOJA	3 DE 5 EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DEL PASTOREO DE ANIMALES - PRADERAS Y PASTIZALES			
PASO 5				
Sistema de Manejo del Estiércol (SME)	A Nitrógeno excretado N _{ex} (SME) (Kg N/año)	B Factor de emisión para los SME FE ₃ (Kg N O N/Kg N)	C Emisiones de N ₂ O procedentes del pastoreo de animales (Gg)	C Emisiones de N ₂ O procedentes del pastoreo de animales (Ton métricas)
			$C = (A \times B) / [44/28] \times 10$	
Praderas y pastizales	129403,8	0,02	0,004066977	4,067

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

En las tablas siguientes (Tablas 33 y 34) se encuentran los resultados de las emisiones indirectas de N₂O, cuyo total es de 0,004935606 Gg de N₂O al año (4,94 Ton métricas de N₂O o 1472,12 Ton métricas de CO₂ - eq).

Tabla 33.

Resultados de las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la deposición atmosférica de NH₃ y NO_x

MÓDULO	AGRICULTURA								
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS								
HOJA DE TRABAJO	4-5								
HOJA	4 DE 5 EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE NH ₃ Y NO _x								
PASO 6									
Tipo de deposición	A N en el fertilizante sintético aplicado a los suelos, N _{FERT} (Kg N/año)	B Fracción del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza Frac _{GAFS} (Kg N/Kg N)	C Cantidad del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza (Kg N/Kg N)	D Total de N excretado por el ganado N _{EX} (Kg N/año)	E Fracción del total de N en el estiércol excretado que se volatiliza Frac _{GASM} (Kg N/Kg N)	F Total de N excretado por el ganado que se volatiliza (Kg N/Kg N)	G Factor de emisión FE (Kg N ₂ O - N/Kg N)	H Emisiones de óxido nitroso (Gg N ₂ O - N/año)	H Emisiones de óxido nitroso (Ton métrica N ₂ O - N/año)
			$C = (A \times B)$			$F = (D \times E)$		$H = (C + F) \times G \times 10$	
Total	67940,4	0,1	6794,04	269826	0,2	53965,2	0,01	0,000607592	0,6075924

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

Tabla 34.

Resultados de las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación, total de N₂O emitidos (suma de las emisiones directas e indirectas)

MÓDULO	AGRICULTURA		
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS		
HOJA DE TRABAJO	4-5		
HOJA	5 DE 5 EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA LIXIVIACIÓN		
PASO 7	PASO 8	PASO 9	

	I Fertilizante sintético utilizado N_{FERT} (Kg N/año)	J Excreción de N del ganado N_{EX} (Kg N/año)	K Fracción de N lixiviado Fra_{LEACH} (Kg N/Kg N)	L Factor de emisión FE_5	N Emisiones de óxido nitroso procedentes de la lixiviación (Gg N_2O - N/año)	M Total de emisiones indirectas de óxido nitroso (Gg N_2O /año)	O Total de emisiones de óxido nitroso (Gg)	O Total de emisiones de óxido nitroso (Ton métricas)
					$N = (I + J) \times K \times L \times 10$	$M = (H + N) [44/28]$	$O = (G + C + N)$ (G de la H2-\$ (75\$%\$-2 4 - 5, hoja 2, Paso 4; C de la H2-\$ (75\$%\$-2 , hoja 3, Paso 5; N de la H2-\$ (75\$%\$-2 , hoja 5, Paso 8).	
Total	67940,4	269826	0,3	0,025	0,002533248	0,004935606	0,004935606	4,935606343

Adaptado de (CMNUCC, 2017)

A manera de resumen, en la siguiente figura se observan los totales de emisiones de GEI producidos por el sector agricultura en el año 2016, en el cantón Rumiñahui.

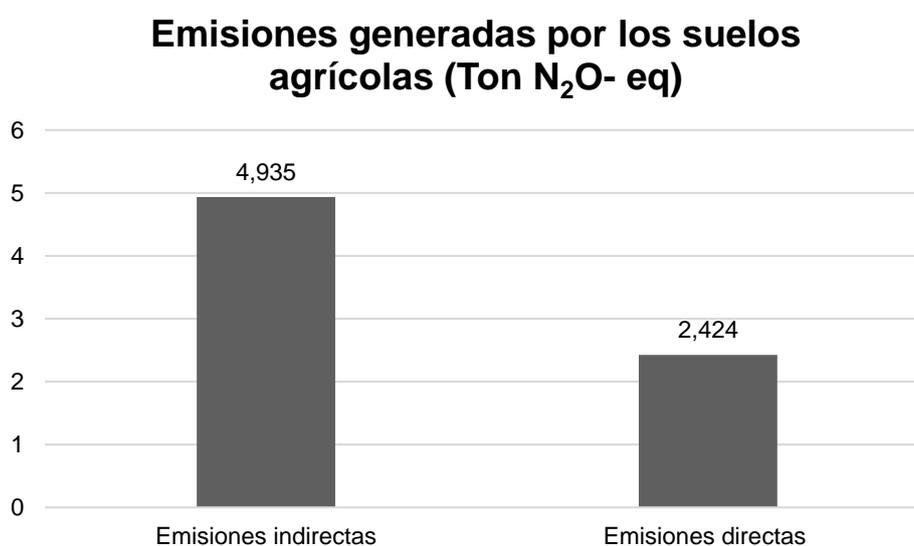


Figura 14. Emisiones directas e indirectas procedentes de los suelos agrícolas, cantón Rumiñahui, año 2016

En caso de las emisiones generadas por los suelos agrícolas (agricultura), a pesar de que las emisiones indirectas son mayores a las emisiones directas por un 51%, la diferencia no es abismal como lo que ocurre con los resultados de emisiones del ganado doméstico, y los resultados no pasan de las 10 toneladas métricas de N₂O (2980 toneladas métricas de CO₂- eq).

Finalmente, en las figuras a continuación, se observan todas las emisiones generadas por el sector agropecuario, primero separadas en directas e indirectas y luego en porcentaje, en el cantón de estudio.

Total de emisiones directas e indirectas - Cantón Rumiñahui, sector agropecuario, 2016

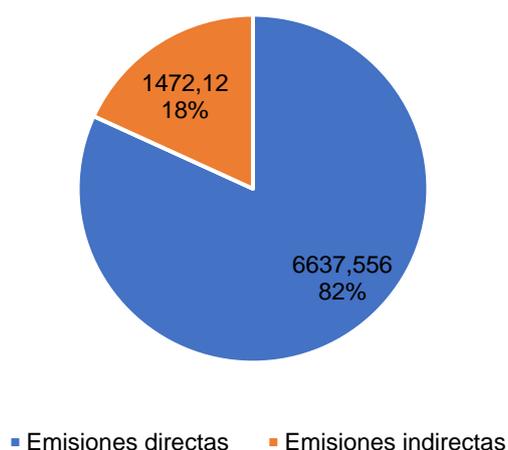


Figura 15. Emisiones de GEI representadas en directas e indirectas, en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui, durante el año 2016

En la Figura 15, se puede observar que el 82% de las emisiones del sector agropecuario calculadas para el año 2016 en el cantón Rumiñahui, son directas, mientras que sólo un 18% son indirectas (4,935 Ton métricas de N₂O o 1472,12 Ton métricas de CO₂- eq)

Emisiones de GEI, sector agropecuario, cantón Rumiñahui, año 2016 (%)

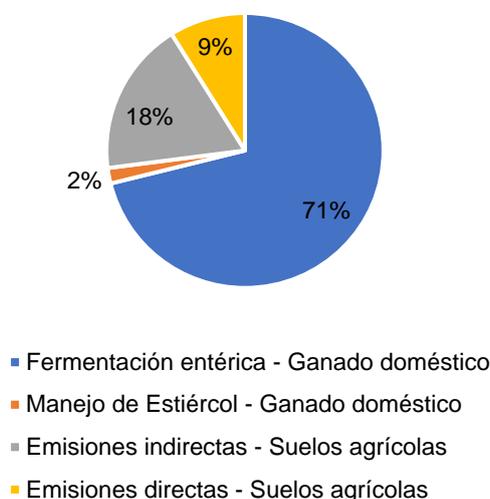


Figura 16. Emisiones de GEI, en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui, durante el año 2016

Como se observa en la Figura 16, el sector ganadero es el que, en caso del cantón Rumiñahui, genera mayor porcentaje de emisiones, por lo que las medidas de mitigación a proponerse se verán mayormente enfocadas a este sector (fermentación entérica) y muy poco al sector agrícola, pues es el sector ganadero el que produce el 73% de las emisiones de CO₂-eq generadas en las actividades agropecuarias del cantón Rumiñahui.

Aclarados los resultados obtenidos, en el capítulo a continuación se procedió a generar la Propuesta de Medidas de Mitigación de GEI en el Cantón Rumiñahui – Sector Agropecuario.

6. PROPUESTA



PROPUESTA DE MEDIDAS DE
MITIGACIÓN DE GEI CANTÓN
RUMIÑAHUI – SECTOR
AGROPECUARIO

Paula Castro Vivanco

Ingeniería Ambiental en Prevención y Remediación
- UDLA

2018

Figura 17. Portada de la propuesta, producto final del proyecto de titulación

PARTE 1

- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el sector agropecuario genera aproximadamente un 14,5% del total de GEI (Gases de Efecto Invernadero) a nivel mundial (LGR, 2013).

En el caso del cantón Rumiñahui, el total de GEI emitidos es de 8109,68 toneladas de CO₂ equivalente, de los cuales el 73% proviene de la actividad ganadera, y el 27% corresponde a la agricultura.

De las estimaciones realizadas en el presente trabajo, las emisiones de GEI, calculadas para el cantón Rumiñahui, al año 2016, en el sector agropecuario, son las mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 35.

Resultados de emisiones de GEI, en el cantón Rumiñahui, año 2016, sector agropecuario

Gas emitido	Actividad	Cantidad (kg de cada gas/año)
Metano - CH ₄	Fermentación entérica	230.740,00
Metano - CH ₄	Manejo del estiércol	4.700,00
Óxido nitroso - N ₂ O	Manejo del estiércol	102,33

Óxido nitroso - N ₂ O (directos)	Suelos agrícolas	2.424,30
Óxido nitroso - N ₂ O (indirectos)	Suelos agrícolas	4.935,60

Si bien los valores señalados no son significativos con respecto a las emisiones generadas a nivel de país, para las mismas Subcategorías, es necesario la implementación de medidas propensas a la reducción de GEI, o, en su defecto, a no permitir su incremento, esto para que se tenga relación con lo establecido en la Línea Estratégica de la adaptación al cambio climático del Ministerio del Ambiente que contempla crear y fortalecer la capacidad del Ecuador para enfrentar los impactos negativos generados por el cambio climático mediante la implementación de medidas que permitan reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en aquellos sectores identificados como los mayores generadores de estas emisiones y por tanto prioritarios de intervención, siendo uno de ellos el agropecuario, el mismo que es el analizado en el presente trabajo.

Por lo señalado, y en concordancia con la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (ENCC) para el período comprendido entre los años 2012 y 2025, que establece dos Líneas Estratégicas de trabajo: la adaptación y la mitigación del cambio climático, se ha desarrollado la presente Guía que se constituye en una herramienta válida para la toma de decisiones tendientes a lograr lo señalado anteriormente.

- **OBJETIVO GENERAL**

Identificar prácticas de mitigación del cambio climático en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui

- Objetivos específicos
 - Describir prácticas de mitigación para los efectos de la fermentación entérica
 - Describir prácticas de mitigación para la gestión del estiércol
 - Describir otras prácticas de mitigación
 - Enumerar prácticas de mitigación para el sector agrícola

- PRINCIPALES LÍNEAS DE ACCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero en los sistemas ganaderos implican pérdidas de nitrógeno, materia orgánica y energía, con una consecuente disminución de la eficiencia del sector agropecuario (LGR,2013).

En general, el aumento de la productividad y la eficiencia de los sistemas agrícolas, y la recuperación de energía y nutrientes son estrategias clave para reducir la intensidad de las emisiones de los sistemas ganaderos (LGR,2013). Los principales impulsores de este aumento en la eficiencia son generalmente ventajas económicas y una mayor utilización de los recursos acompañada con la reducción en las emisiones de GEI como un beneficio indirecto. Tales tendencias pueden ser aceleradas por el aumento en la adopción de la actuales “mejores prácticas” en un mayor número de fincas, que eleven “el promedio” de productividad y eficiencia.

- Fermentación entérica

La fermentación entérica se relaciona con el metano producido durante la digestión de los animales, el cual puede ser exhalado o eructado por ellos, siendo los rumiantes los principales generadores de dicho gas (Cambra *et al.*, 2008).

En este sentido, la menor o mayor cantidad de producción de dicho gas dependerá del tipo de alimentación suministrada (Bonilla *et* Lemus, 2012), la misma que en el caso del cantón Rumiñahui se da en condiciones semiextensivas, principalmente en las haciendas grandes y medianos productores en donde las vacas lecheras son conducidas hasta un establo el momento del ordeño; en donde se aprovecha su estancia para alimentarlas con complementos alimenticios, luego de lo cual se las devuelve al potrero para que pastoreen (Meza, 2017).

En los sitios que no disponen de establos, las vacas son ordeñadas en el lugar del pastoreo donde además se aprovecha para proporcionarles los complementos alimenticios (Meza, 2017).

En todo caso, el ganado que no es de leche y el que si lo es (luego del ordeño), pasta libremente por los potreros y por tanto escoge el pasto que consume, dentro de la parcela delimitada para el efecto (Meza, 2017).

- Gestión de estiércol

Los procesos microbiológicos que suceden en el estiércol liberan CH_4 y N_2O (LGR, 2013). En el caso del metano los esfuerzos de disminución pueden darse a través de procesos aerobios como es la producción de compost o anaerobios a través de la producción de biogás. En el caso del N_2O , la reducción es posible cambiando las prácticas alimenticias, que es un punto tratado con anterioridad, o mejorando las prácticas de aplicación del estiércol en el suelo o mediante el uso de inhibidores del proceso de nitrificación (FAO, 2011).

- Otras prácticas

La lucha contra el cambio climático ha obligado al ser humano a implementar medidas de mitigación y adaptación tendientes a enfrentarlo.

En esta lucha, la propia naturaleza se puede convertir en un aliado estratégico para evitar que la temperatura del planeta siga en aumento debido a los gases de efecto invernadero.

Para el efecto existen los que se conocen como “sumideros de carbono” que son depósitos naturales que absorben y capturan el dióxido de carbono de la naturaleza, con la consecuente disminución de su concentración en el aire (Figueroa *et* Muñoz-Vallés, 2014).

Con relación a este tema se debe mencionar que los principales sumideros son los océanos y bosques.

- Sector agrícola

Dentro de la agricultura queda claro que el nitrógeno es un nutriente básico para el desarrollo de las plantas (Agroquímica, 2015). Sin embargo, su movilidad dentro del sistema suelo-planta-atmósfera es quizás una de las características más relevantes para tener en cuenta, sobre todo si se considera que este elemento es el principal componente de los abonos sintéticos (Arévalo, 2011), los cuales son utilizados de manera intensiva en las labores agrícolas (FAO, 2015), dejando una carga importante de compuestos nitrogenados en el ambiente, ya sea por pérdidas en forma de gas (amoníaco o NO₂) o por lixiviación del nitrato (IPCC, 2003).

PARTE 2

- ÁREAS DE INTERVENCIÓN

- Fermentación entérica

La propuesta está enfocada a intervenir en la alimentación del ganado con lo que se obtendría, a más de la disminución de los GEI, un incremento en los parámetros de productividad y reproducción animal.

Dicha intervención está orientada a mejorar las propiedades nutricionales en la dieta del ganado vacuno, mediante:

- Picado del pasto
- Conservación del pasto
- Suministro de suplementos alimenticios

- Picado del pasto

La reducción del tamaño del pasto mediante el picado le garantiza al animal una masticación normal y una adecuada rumia de un alimento rico en fibra, además de aumentar el consumo de alimento, lo cual en algunos casos puede favorecer el desempeño de la res (García et Kalscheur, 2016).

De estimaciones realizadas en la Argentina, el consumo de forraje picado permitiría aumentar la digestibilidad del alimento en un 5%, con lo que el CH₄ generado por fermentación entérica, podría disminuir entre un 10 y un 25%, por unidad de producto consumido (Ministerio De Desarrollo Social Y Medio Ambiente de Argentina, 2012).

El pasto debe ser picado hasta obtener segmentos de aproximadamente un centímetro. Para esto se deben utilizar picadoras mecánicas (Ministerio De

Desarrollo Social Y Medio Ambiente de Argentina, 2012), como la mostrada en la siguiente fotografía.



Figura 18. Equipo de cosecha y picado del pasto

Tomado de (Benavides *et* León, 2007)

Por las inversiones requeridas (equipo de cosecha y picado), esta opción sería viable únicamente en las grandes haciendas que es donde los pastizales ocupan grandes áreas y por tanto harían más eficiente el uso del equipo requerido.

En los medianos y pequeños productores esta práctica resultaría inviable toda vez que la cosecha y picado se lo debería hacer “a mano” lo que implicaría un uso intensivo de mano de obra que encarecería el precio final de producción, ya sea de la leche o la carne.

- Conservación del pasto

Esta práctica consistiría en almacenar el pasto durante la época de mayor producción, es decir cuando todavía está verde (niveles más altos de proteína y más bajos de contenido de fibra), para su posterior uso en las épocas secas en donde empieza a escasear (Universidad D Córdoba, 2004). Su aplicación, además de los beneficios ambientales, garantizará la disponibilidad de alimento

durante todo el año, evitando pérdidas en la producción de leche y carne (LGR, 2013).

Si bien en la actualidad, gran parte del ganado es alimentado con henolajes, silos o pacas durante las épocas de escasez de alimento o en aquellas parcelas donde existe sobrepoblación de reses, dichos productos se elaboran en las haciendas grandes o a través de las Juntas Parroquiales que cuentan con el equipamiento requerido para hacerlo. En otros casos, los henolajes, silos y pacas se traen de otros lugares (Meza, 2017).

En este sentido, la propuesta se orienta a intensificar la producción de silos, debido a que producen menores cantidades de emisiones de CH₄ en vista de los cambios que experimenta la flora ruminal (Peters *et al.*, 2013) y convertirlos en la manera diaria de alimentar al ganado, independientemente de la época del año. Para los silos se utilizaría también los restos de la agricultura como el maíz, mismo que se produce en el cantón Rumiñahui.

El proceso se lo llevaría a cabo mediante ensilaje, que se constituye en una técnica de conservación a través de la compactación del pasto previamente picado, lo que hace que salga el aire y se inicie una actividad microbiana (Ocampo *et al.*, 2014). Si el proceso es ejecutado de manera adecuada, tomaría entre dos y tres días (Castillo *et al.*, 2011).

La siguiente fotografía muestra un equipo móvil de ensilaje, el mismo que permite compactar el pasto y almacenarlo en fundas plásticas.



Figura 19. Equipo de ensilaje

Tomado de (Benavides *et León*, 2007)

Cabe señalar que esta práctica para nada afecta la calidad del pasto toda vez que permite que conserve su valor nutricional y por tanto la calidad del alimento a suministrar. Para su elaboración es necesario contar con el equipo compactador y las fundas para almacenar el material compactado, lo que garantizaría que no ingrese agua y/u oxígeno (Castillo *et al.*, 2011).

Por el costo de inversión que implica un equipo de esta naturaleza (Castillo *et al.*, 2011), la aplicación del ensilaje es factible en las grandes haciendas o en aquellas medianas y/o pequeñas que se asocien para contar con uno de ellos, con capacitaciones apoyadas por el municipio, con la facilidad de que como el equipo es móvil, puede desplazarse de un lado a otro y generar el material “in situ”.

Otra alternativa es la adquisición de un equipo de esta naturaleza por parte de la Junta Parroquial, la cual prestaría el servicio de ensilaje y cobraría por el mismo con el fin de volver al proyecto viable desde lo económico.

- Suministro de suplementos alimenticios

De estimaciones realizadas en la Argentina (Berra *et Finster*, 2010), si se mejora la función del rumen, las emisiones se reducirán entre el 25 y 75% por unidad de

producto, lo cual se consigue si en la dieta del ganado se introducen suplementos alimenticios. Una alternativa, es el empleo de bloques nutricionales ricos en carbohidratos, minerales y proteínas, como se representa en la Figura 3.



Figura 20. Proceso de producción de bloques nutricionales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia de Azogues

Tomado de (MAGAP, 2017)

Una de las ventajas del suministro de los mencionados bloques es la mejora del ambiente ruminal debido a un aumento en el número de microorganismos, además que, en la época de escasez de pasto, su suministro evita la pérdida de peso del ganado ya que mejora la relación proteína/energía (Galvis *et al.*, 2003).

Los suplementos pueden ser fabricados in situ con la adición de los siguientes ingredientes (FAO, 2013):

- Melaza, para proporcionar energía
- Tusas de maíz, para proporcionar fibra
- Urea, para proporcionar proteína
- Sal mineralizada, para proporcionar minerales
- Leguminosas, como relleno

Luego de mezclados y homogenizados los ingredientes, se los coloca en un recipiente untado con melaza y se lo deja secar entre 12 y 24 horas. Al estar compacto, se le saca y se le envuelve en papel periódico o plástico para su posterior uso (Fariña *et al.*, 2009).

Su almacenamiento se lo debe hacer bajo cubierta a fin de que no se deshagan por efecto de las lluvias o el calor del día (Fariña *et al.*, 2009).

La siguiente fotografía, presenta el resultado del proceso de homogenizado de los ingredientes de los bloques nutricionales, es decir, los bloques ya terminados.



Figura 21. Bloques nutricionales ya elaborados

Tomado de (MAGAP, 2017)

Por los bajos costos involucrados en esta práctica y la facilidad de hacerlo, esta propuesta sería viable a nivel de grandes, medianos y pequeños productores, en donde las Juntas Parroquiales, mediante la organización comunitaria se constituirían en los responsables de la implementación de esta práctica, la cual sería fortalecida con la respectiva capacitación por parte de técnicos del MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca), institución que tiene vasta experiencia en proyectos de esta naturaleza, pues las imágenes proporcionada sobre bloques nutricionales se extrajo de un proyecto de este tipo realizado en Azogues, Ecuador.

- Gestión del estiércol

La siguiente fotografía muestra a una res defecando directamente en el potrero donde normalmente pastorea, lo que hace sus excrementos se degraden directamente en el suelo y bajo condiciones no controladas. Por lo que a continuación, como prácticas que mitigan las emisiones de GEI en cuanto al manejo del estiércol, se describen al compostaje y a los biodigestores.



Figura 22. Res defecando

- Compostaje

El compostaje es una alternativa que permite dar valor a los residuos que son de origen orgánico; esta técnica consiste en que dichos residuos se descompongan aeróbicamente, mientras se tienen condiciones bajo control (las mismas que se resumen en la Tabla 2); así, mediante la acción de micro y macro organismos se transforman, los residuos, en humus (FAO, 2003).

Tabla 36.

Factores que condicionan la producción de compostaje

Factores	Valores adecuados	Importancia
Temperatura	35° C y 55° C	Efectiva eliminación de microorganismos, semillas y malas hierbas (FAO, 2013).
Humedad	40% al 60%.	-Más del 60% genera un proceso anaerobio y entonces la materia orgánica entra en un proceso de putrefacción. -Menos del 40% disminuye la actividad microbiana y hace al proceso más lento (FAO, 2013).
pH	6 a 7,5	Es fundamental para la sobrevivencia de los microorganismos (FAO, 2013).
Oxígeno	Existencia de oxígeno siempre	Al ser un proceso aerobio, la presencia de oxígeno es vital (FAO, 2013).
Relación C/N	entre 25 y 35	-Más de 35 disminuye la actividad microbiana.

		-Menos de 25 hace que el nitrógeno se pierda en forma de amoniaco (FAO, 2013).
--	--	--

Adaptado de (FAO, 2003)

La siguiente fotografía muestra un ejemplo de proceso de producción de compost con restos agropecuarios.



Figura 23. Producción de compost con restos agropecuarios

Tomado de (FAO, 2013)

Si bien la producción de compost evitaría la producción de CH_4 , en la práctica únicamente sería viable en aquellos lugares en donde se cuente con cantidades considerables de estiércol o donde sea fácil su recolección como son los establos, esto en virtud de que su producción demanda la participación de mano de obra, la cual estaría disponible únicamente en las grandes haciendas y posiblemente en las medianas.

En el caso de los pequeños productores (parcelas), el proceso de recolección y transporte del estiércol, en la práctica, se vuelve una tarea complicada en virtud

de que se invertirían grandes recursos y esfuerzos para manejar pequeñas cantidades de excremento, situación que al final incrementaría el costo final del producto (leche o carne), lo que podría inviabilizar dicha actividad.

Una solución al problema mencionado anteriormente para el caso de los pequeños productores sería promover un sistema comunitario de recolección y transporte del estiércol hasta el sitio de tratamiento (producción de compost) que estaría liderado por las Juntas Parroquiales.

No obstante, para viabilizar la recolección, el estiércol deberá almacenarse temporalmente en cada parcela hasta lograr volúmenes que justifiquen la llegada de un vehículo para su retiro. Siendo así, en cada parcela habrá que habilitar un lugar para su almacenamiento temporal y asignar una persona para que se encargue de su manejo diario y de reportar al recolector la necesidad de su retiro, lo cual, en la mayoría de los casos, podría constituirse en un inconveniente para los pequeños productores.

- Biodigestores

Es una unidad en donde se logra la descomposición anaerobia del estiércol juntamente con los restos de la agricultura cuyo producto final es la producción de biogás, gran parte del cual (alrededor del 50%) es metano, el mismo que puede ser aprovechado como combustible o para generar energía eléctrica (Sánchez, 2009).

Adicionalmente, un biodigestor produce un líquido conocido como “*biof*”, que se constituye en un fertilizante natural que puede ser utilizado para regar los potreros o si se lo deja sedimentar, como fertilizante foliar (INIA Perú, 2008).

Está conformado por un tanque de fermentación y un depósito para el biogás (Sánchez, 2009). En el mercado se ha difundido desde tiempo atrás un biodigestor construido en polietileno, en el que los dos depósitos señalados anteriormente son uno solo; aquí la digestión de los restos agropecuarios se da en la parte baja del tanque en tanto que el gas, se almacena en la parte superior (Marmolejo, 2015).

La siguiente fotografía muestra un ejemplo de biodigestor utilizado para la producción y aprovechamiento de biogás producido con restos agropecuarios.



Figura 24. Biodigestor con restos agropecuarios

Tomado de (FAO, 2011)

Si bien la implementación de biodigestores permitiría el aprovechamiento del biogás producido (FAO, 2011), en la práctica únicamente sería viable en aquellos lugares en donde es fácil recolectar el estiércol y las cantidades generadas con significativas y es factible contar con personal capacitado en el manejo de estas unidades, como es el caso de los establos de las fincas grandes.

En el caso de los medianos y pequeños productores (parcelas), el proceso de recolección y transporte del estiércol para llevarlo hasta un biodigestor o varios biodigestores centralizados, se convierte en una tarea complicada de ponerla en práctica en virtud de que se invertirían grandes recursos y esfuerzos para

manejar pequeñas cantidades de excremento, situación que al final incrementaría el costo final del producto (leche o carne), lo que podría inviabilizar dicha actividad.

Una salida a lo señalado sería promover un sistema comunitario de recolección y transporte del estiércol hasta el sitio del biodigestor que estaría liderado por las Juntas Parroquiales, además que deberían contar con mano de obra calificada en el manejo de estas unidades.

No obstante, para viabilizar la recolección, el estiércol deberá almacenarse temporalmente en cada parcela hasta lograr volúmenes que justifiquen la llegada de un vehículo para su retiro. Siendo así, en cada parcela habrá que habilitar un lugar para su almacenamiento temporal y asignar una persona para que se encargue de su manejo diario y de reportar al recolector la necesidad de su retiro, lo cual, en la mayoría de los casos, podría constituirse en un inconveniente para los pequeños productores.

- Prácticas de aplicación

En lo que respecta a la disminución de los GEI existen dos estrategias a tomar en cuenta cuando se va a aplicar estiércol en el suelo. La primera es evitar condiciones anaerobias y la segunda es impedir la introducción de carbono degradable en el estiércol.

Para el efecto, se recomienda que el estiércol sea aplicado cuando existe demanda de nutrientes en los cultivos y antes de etapas lluviosas. También se sugiere que la aplicación sea cuando el pH del suelo es mayor que 6,5, lo cual reducirá los niveles de N₂O (FAO, 2013).

Si bien un cambio en las prácticas culturales de aplicación del estiércol evitaría la producción de N_2O , en la realidad únicamente sería viable en aquellos lugares en donde se logre dicho cambio en la mentalidad de los productores y sea factible la implementación de sitios de almacenamiento temporal y estabilización del estiércol.

Por lo señalado, una primera actividad a realizar sería la implementación de un Programa Intensivo de Capacitación a nivel comunitario y de los administradores de las grandes y medianas haciendas y de los encargados de las pequeñas parcelas existentes.

En el caso de los medianos y pequeños productores (parcelas), el proceso de recolección y transporte del estiércol para llevarlo hasta el sitio o sitios centralizados de almacenamiento y estabilización del estiércol, se convierte en una tarea complicada de ponerla en práctica en virtud de que se invertirían grandes recursos y esfuerzos para manejar pequeñas cantidades de excremento, situación que al final incrementaría el costo final del producto (leche o carne), lo que podría inviabilizar dicha actividad.

Una salida a lo señalado sería promover un sistema comunitario de recolección y transporte del estiércol hasta el sitio o sitios de almacenamiento y estabilización, que estaría liderado por las Juntas Parroquiales, además que deberían contar con mano de obra calificada en el manejo de estas unidades.

No obstante, para viabilizar la recolección, el estiércol deberá almacenarse temporalmente en cada parcela hasta lograr volúmenes que justifiquen la llegada de un vehículo para su retiro. Siendo así, en cada parcela habrá que habilitar un lugar para su almacenamiento temporal y asignar una persona para que se encargue de su manejo diario y de reportar al recolector la necesidad de su retiro,

lo cual, en la mayoría de los casos, podría constituirse en un inconveniente para los pequeños productores.

○ OTRAS PRÁCTICAS

Dentro de este numeral se presenta como alternativa la implementación de sumideros de carbono, los cuales se constituyen en depósitos naturales o artificiales cuya función es absorber el carbono de la atmósfera y disminuir de esta manera, los niveles de CO₂. La cobertura vegetal permite, a través de la fotosíntesis, su captación, por lo que se la considera como sumidero de carbono (Hernández *et al.*, 2014).

Dicho proceso hace que las plantas al tiempo que absorben el dióxido de carbono emiten, durante su respiración, una cantidad menor del mismo, dándose un saldo negativo de emisión que permite reducir su concentración (Arango, s.f.).

Para el presente caso se plantea densificar el uso de cercas vivas, que se constituye en uno de los sumideros más conocidos, ya sea en los linderos de las fincas o para separar parcelas (Martínez *et al.*, 2007), las mismas que existen en Rumiñahui.

En los casos en donde existen postes de madera muerta o de hormigón, las cercas vivas los deberían reemplazar.

En todos los casos, se deberán utilizar especies nativas de árboles y arbustos para mantener la biodiversidad propia de la zona (Martínez *et al.*, 2007), tales como el guabo, el tocte, aliso (Zapata, 2014).

La siguiente fotografía muestra un ejemplo de cerca viva conformada para separar dos parcelas:



Figura 25. Ejemplo de una cerca viva

Tomado de (FAO, 2011)

De todas las medidas propuestas, quizás esta es la más viable, dado que se la podría ir implementando paulatinamente. En primera instancia, se podría empezar por aquellos cerramientos de las haciendas y parcelas que requieren mantenimiento. Luego se la implementaría en otras parcelas que requieren delimitarse.

○ SECTOR AGRÍCOLA

Dentro de la agricultura queda claro que el nitrógeno es un nutriente básico para el desarrollo de las plantas (Agroquímica, 2015). Sin embargo, su movilidad dentro del sistema suelo-planta-atmósfera es quizás una de las características más relevantes para tener en cuenta, sobre todo si se considera que este elemento es el principal componente de los abonos sintéticos (Arévalo, 2011), los cuales son utilizados de manera intensiva en las labores agrícolas (FAO, 2015), dejando una carga importante de compuestos nitrogenados en el ambiente, ya sea por pérdidas en forma de gas (amoníaco o NO_2) o por lixiviación del nitrato (IPCC, 2003).

A pesar de que, sólo el 27% de los GEI producidos por Rumiñahui en el sector agropecuario, son producidos por las actividades agrícolas, las estrategias van direccionadas a que no se aumenten dichas emisiones.

Por lo señalado, el uso equilibrado o racionalizado de los fertilizantes en las labores agrícolas es la salida para reducir sus efectos ambientales, lo cual se lograría siempre y cuando se establezcan acciones tendientes a mejorar su gestión dentro del agro.

Como estrategias que el GAD municipal puede considerar, se encuentran:

- Aplicación de impuestos al uso de fertilizantes nitrogenados
- Incentivos fiscales como la exoneración de impuesto predial, por ejemplo
- Promoción, con apoyo municipal, de productos orgánicos en ferias que se realicen dentro o fuera del cantón
- Apoyo del GAD municipal para emprendimientos de agricultura orgánica
- Formulación de normas que limiten el uso de fertilizantes nitrogenados
- Convenios nacionales y/o internacionales que permitan la transferencia de tecnología para el agro

También se pueden tomar en cuenta medidas que tengan que ver con el uso de fertilizantes de liberación controlada.

Dichos fertilizantes de liberación controlada son aquellos que entregan sus nutrientes a las plantas, de forma lenta y sostenida en el tiempo, tales como los biofertilizantes o los fertilizantes que actúan con adición de inhibidores de nitrificación (Andrade *et al.*, 2013), por lo que otra buena opción sería la de lanzar

proyectos, a nivel comunidad, para la preparación de biofertilizantes, por ejemplo, con agua, leche, melaza, entre otros (CONGanadero, 2016).

Cabe señalar que las medidas propuestas, más allá de relacionarse con la reducción de los GEI, están orientadas a proteger el medio ambiente y los recursos naturales, por lo que son de importancia, tanto como para el agricultor, como para el GAD.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se levantó la línea base sobre actividad agropecuaria en el cantón Rumiñahui en cuanto a los datos necesarios para el cálculo de GEI emitido; mismos que se recolectaron de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua – ESPAC, para los datos de actividad, en donde se evidenció que el sector ganadero es el que más datos representativos tuvo al 2016; mientras que en lo que respecta a los Factores de Emisión, también necesarios para los cálculos, se levantaron del mismo Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC como valores por defecto.

El inventario realizado permitió evidenciar que, en cuanto a factores de emisión, no existen valores específicos, ni siquiera a nivel nacional; a esto se sumó que debido a que los datos de actividad utilizados, se los recolectó de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC, la misma que es una encuesta que no abarca todo el cantón, una incertidumbre de 42% se manifestó en el proyecto en cuanto a los resultados entregados por el software.

El total de GEI emitidos por el cantón Rumiñahui, en el 2016, debido al sector agropecuario, fue de 8109,676 Toneladas métricas CO₂- eq, mismos que se dividen en 6637,556 Toneladas CO₂- eq de gases de efecto invernadero directos y 1472,12 toneladas métricas CO₂- eq de gases de efecto invernadero indirectos.

No se pudo realizar estadística sobre los resultados obtenidos por el software del CMNUCC debido a que el presente, es el único inventario de este tipo en el cantón y sobre este sector, lo que provocó que no se puedan hacer relaciones

de un antes y un después. Sin embargo, se sentó un precedente para investigaciones de esta índole futuras. A pesar de ello, se demostró que, la Subcategoría más representativa en cuanto a la emisión de GEI a la atmósfera, fueron las provocadas por el ganado doméstico, en su gran mayoría por la Fermentación Entérica, representado un 71% del total de GEI.

Una vez identificados que los GEI de mayor valor son los que se refieren a los producidos por el ganado doméstico, se generó una propuesta de mitigación de GEI, orientada a la realidad del cantón Rumiñahui, es decir, tomando como fuente de emisión más importante a las resultantes de las actividades ganaderas comparadas con las agrícolas, pues el valor de emisiones de GEI provenientes de la agricultura representó el 27% del total de GEI calculadas para el sector agropecuario de Rumiñahui, al 2016.

7.2 RECOMENDACIONES

Para la reducción de la incertidumbre que proviene de los factores de emisión en los cálculos, se recomienda realizar investigaciones científicas o de campo para determinar cada uno de los factores de emisión necesarios en los cálculos del software del CMNUCC, si bien no sean específicos al cantón, por lo menos lo sean al país.

Se recomienda que, para la disminución de la cantidad de incertidumbre, producto de los datos obtenido de las actividades de cada subcategoría, los entes encargados del sector agropecuario y de ambiente del cantón, realicen levantamientos de información más exhaustivo en campo, cada año, a fin de que la información ofrecida para investigaciones de este tipo sea lo más completa, tangible y acorde a la realidad del área de estudio.

Para poder comparar resultados entre inventarios de GEI producidos en el sector agropecuario del cantón Rumiñahui, de diferentes años, se recomienda realizar las respectivas actualizaciones a dichas estimaciones todos los años, para que se puedan encontrar relaciones entre resultados e ir analizando el cambio climático visto desde la generación de GEI en el área de estudio.

REFERENCIAS

- Agroquímica. (2015). Uso eficiente del nitrógeno. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.agroquimica.es/nitrogeno-agricultura>
- Andrade, R.; Guncay, F.; Vinueza, N. (2013). Fertilizantes de liberación controlada. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <https://es.slideshare.net/fabriciohenry9/fertilizantes-de-liberacion-controlada>
- Arango, B. (s.f.). Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3851095.pdf>
- Argote, K. (2013). Educación en Cambio Climático. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <https://es.slideshare.net/Kargote/capacitacin-en-cambio-climtico-ra>
- ATSDR. (s.f.). Monóxido de Carbono. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts201.html
- Banco Mundial. (2017). Datos del Banco Mundial. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- Banco Mundial. (2013). Informe sobre cambio climático advierte sobre dramático calentamiento del mundo durante este siglo. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/NEWS_SPANISH/0,,contentMDK:23313575~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:1074568,00.html
- Barros, V. (2006). Cambio Climático Global. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de https://books.google.com.ec/books?id=hxljOfHB11oC&pg=PA47&lpg=PA47&dq=TIEMPO+DE+VIDA+GEI&source=bl&ots=L4EugkPiV_&sig=c5U nnjwh4X3PzExCq0QKP9abHi8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiNv7Dppd_

VAhWFWSYKHfbuB3wQ6AEIODAD#v=onepage&q=TIEMPO%20DE%20VIDA%20GEI&f=false

Benavides, H.; León, G. (2007). Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befec11cf15f06dd>

Bermejo, I. (2010). Agricultura y Cambio climático. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://www.ecologistasenaccion.org/article19945.html>

Berra, G.; Finster, L. (2003). Influencia de la ganadería argentina: Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Argentina. Instituto de Patobiología, INTA Castelar. 4p. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210253.pdf>

Bonilla, J.; Lemus, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200006

Buenos Aires. 2000. 142p. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://ministerios.sanluis.gov.ar/res/7029/media/Publicaciones/7366.pdf>

Cáceres, J., Cáceres, N. (2011). Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de

https://www.quitoambiente.gob.ec%2Fambiente%2Findex.php%2Fbiblioteca-digital%2Fcategory%2F69-proyectos%3Fdownload%3D503%3Ainventario-gei-dmq-2011-energia&usg=AFQjCNEI_CTc4kudM8BOqHyKla4y74993Q&sig2=55hz_WQEfR5ICcLT7ff0xg&bvm=bv.151325232,d.eWE

- Cambra-López, M.; García, P.; Estellés, F.; Torres A. (2008). Estimación de las Emisiones de los Rumiantes en España: El Factor de Conversión de Metano. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/08_12_01_1231REVISIONUnaRevisionCambra010408270508.pdf
- Camilloni, I. (2011). Gases de efecto invernadero. Recuperado el 2 de agosto de 2017, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/GasesEfect.htm>
- CATIE. (2009). ¿Cómo preparar y suministrar bloques multi-nutricionales al ganado?. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2743e/A2743e.pdf>
- CEC. (2016). Gases de Efecto Invernadero. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://www2.cec.org/site/PPE/es/emisiones-de-contaminantes/gases-de-efecto-invernadero-0>
- Ciudad de Buenos Aires. (2017). Efecto invernadero y calentamiento global. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/cambioclimaticoyenergiasustentable/cambio-climatico-concientizacion/efecto-invernadero-y-calentamiento-global>
- CIIFEN. (2016). Efecto Invernadero. Recuperado el 2 de agosto de 2017, de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es
- CMNUCC. (2015). Inventarios de gases de efecto invernadero (GEI). Recuperado el 8 de agosto de 2017, de http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/spanish/index.htm
- CMNUCC. (s.f.). Manual del Sector de la Agricultura. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/application/pdf/10-ter-handbook-on-agriculture-inventory-simulation.pdf

- CMNUCC. (2014). Protocolo de Kyoto. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php
- CMNUCC. (2003). *Report of the Conference of the Parties on its Eighth Session, Held at New Delhi from 23 October to 1 November 2002*. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a02.pdf#page=2>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2017). *Climate Change – Get the Big Picture. Science: why is there a need to act?*. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <http://bigpicture.unfccc.int/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Reformas en Registro Oficial-Suplemento de 21 de diciembre de 2015.
- CONtexto Ganadero. (2016). Guía para preparar un sencillo biofertilizante en su predio. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/guia-para-preparar-un-sencillo-biofertilizante-en-su-predio>
- Copernicus Climate Change Services. (2017). 2016 bate todos los récords de calentamiento global. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/01/2016-bate-todos-los-records-de-calentamiento-global>
- Crana. (2014). Monóxido de Carbono (CO). Recuperado el 8 de agosto de 2017, de http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/monaxido-carbono
- D'ambrosio, D.; Zappa, M.; Stritzler, A.; Zuccari, L.; Fernández, G.; Ferri, C.; Lardone; Pagella, J. (1992). Efecto del tamaño de picado del forraje sobre el consumo voluntario y la producción en vacas lecheras y ovejas. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/agrov07n1a05dambrosio.pdf>

- EADIC. (2015). Los indicadores de sostenibilidad ambiental. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <http://www.eadic.com/los-indicadores-de-sostenibilidad-ambiental/>
- Echeverri, C. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). Recuperado el 24 de octubre de 2017, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200008
- FAO. (2015). El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/>
- FAO. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>
- FAO. (2014). Latinoamérica duplicó sus emisiones agrícolas de gases de efecto invernadero en los últimos 50 años. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/240450/>
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- FAO (2011). Manual del Biogás. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- FAO. (2013). Planificación nacional para la mitigación de GEI en la agricultura: Documento de orientación. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-i3324s.pdf>
- Galvis, R.; Correa, H.; Ramírez, N. (2003). Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de

<https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323880>

García, A.; Kalscheur, K. (2016). Tamaño de partícula y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://articles.extension.org/pages/11502/tamao-de-partcula-y-fibra-efectiva-en-la-dieta-de-las-vacas-lecheras>

Global Research Alliance. (s.f.). Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: Mejores prácticas y opciones emergentes. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de <https://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2016/09/LRG-SAI-Mitigacion.pdf>

Guerra, D. (2014). Inventario de gases de efecto invernadero generados por actividades agrícolas en el Valle de Aburrá. Recuperado el 30 de noviembre de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49511/1/43255522.2015.pdf>

Gutman, K. (2015). Observando datos recientes sobre cambio climático. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <http://www.cambioclimatico.org/contenido/resumen-de-las-ultimos-resultados-importantes-sobre-cambio-climatico>

He, Y.; Kan, R.; Jamie, I.; Orr, B. (2014). *Remote optical sensing of trace gases in air by fiber-coupled open-path cavity-ringdown spectroscopy*. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?uri=E2-2014-ETu3A.3>

Hernández, J.; Tirado, D.; Beltrán, R. (2002). Captura de carbono en los suelos. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/506/501>

Hube, S.; Alfaro, M.; Ramírez, L.; Donoso, G.; Paredes, M. (2015). Contribución del Cultivo de Arroz al Cambio Climático. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40115.pdf>

- Huella de Carbono. (2009). Qué es huella de Carbono. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <http://www.huellacarbono.es/>
- IDEAM Colombia. (2014). Cambio Climático. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- IEE. (2016). Cantón Rumiñahui. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.ideportal.iee.gob.ec/nacional/cantonal/ruminahui.html>
- INEC. (2016). Metodología ESPAC. Recuperado el 30 de noviembre de 2017 http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Metodologia%20ESPAC_2016.pdf
- INIA Perú. (2008). Preparación y utilización del biol. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://ong-adg.be/bibliadg/bibliotheque/opac_css/doc_num/fiches_techniques/biol.pdf
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2016). Noti Bitá #02. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/20.500.11761/32521/1/NotiBitá2.pdf>
- IPCC. (2007). ¿Qué es el efecto invernadero?. Recuperado el 2 de agosto de 2017, de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-1-3.html
- IPCC. (2007). La Cuantificación de las Incertidumbres en la Práctica. Recuperado el 30 de noviembre de 2017, de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/6_Uncertainty_ES.pdf
- IPCC. (2007). Módulo 4. Agricultura. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/pdffiles/spnch4-1.pdf>

- IPCC. (2007). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- IPCC. (2007). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado el 8 de agosto de 2017, de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/software.html>
- ISO. (2006). ISO 14064-3:2006(es). Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <https://www.iso.org/obp/ui#!iso:std:iso:14064:-3:ed-1:v1:es>
- Juliarena, P. (2013). Gases de efecto invernadero. ¿Por qué estudiar el metano?. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <http://www.unicen.edu.ar/content/gases-de-efecto-invernadero-%C2%BFpor-qu%C3%A9-studiar-el-metano>
- MAE Ecuador. (2016). Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/ecubur1.pdf
- MAGAP. (2017). Productores elaboran bloques nutricionales para ganado. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://www.agricultura.gob.ec/productores-elaboran-bloques-nutricionales-para-ganado/>
- Marmolejo, F. (2015). El Biodigestor de polietileno tubular. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://www.academia.edu/19690589/EL_BIODIGESTOR_DE_POLIETILENO_TUBULAR
- Martínez, R.; Martínez, N.; Pérez, M. (2007). Las cercas vivas y su papel en la conservación de la biodiversidad en Chiapas. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/view/102>

- Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente de Argentina. (2012). Reducción y opciones de mitigación de emisiones de metano: Ganado Bovino. Potencial de los forrajes tropicales para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (s.f.). Manual de Compostaje. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf
- Municipio de Rumiñahui. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Rumiñahui. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=2&Itemid=159&lang=es
- Oceana. (2017). Fuentes de emisiones de gases contaminantes. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <http://eu.oceana.org/es/eu/que-hacemos/cambio-climatico-y-energias-renovables/cambio-climatico/mas-informacion/fuentes-de-emisiones-de-gases-contaminant>
- Oceana. (2017). Gases de Efecto Invernadero. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://eu.oceana.org/es/node/46897>
- ONG Global Footprint Network. (2017). La humanidad ya se gastó los recursos naturales de 2017. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de <http://www.eltiempo.com/vida/ciencia/se-acaban-los-recursos-naturales-del-planeta-para-el-2017-114876>
- ONU-REDD (s.f.). Fundamentos metodológicos del IPCC. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/costarica2014/2.Santos-Parra_UNREDD.pdf
- Organización Meteorológica Mundial. (2016). Los niveles de CO2 rompen todos los récords históricos. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de

http://www.huffingtonpost.es/2016/10/24/co2-record-historico_n_12622502.html

Orr, B.; He, Y.; Hill, J.; Jamie, I. (2016). *Fiber-optical coupling in agricultural and environmental sensing, based on open-path cavity ringdown spectroscopy*. Recuperado el 26 de octubre de 2017, de <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?uri=acoft-2016-AT3C.5>

Política de Estado la Estrategia Nacional de Cambio Climático. (Acuerdo Ministerial 95) Registro Oficial Edición Especial 9 de 17 de junio de 2013.

PRTR. (2007). NOx (Óxidos de nitrógeno). Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>

Sánchez, E. (2009). Biodigestores, una alternativa energética. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8030/ERIC%20S%C3%81NCHEZ%20RAM%C3%8DREZ.pdf?sequence=1>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf

Torres, M., Alcívar, T. (2014). Balance de la Emisión y Absorción de los Gases de Efecto Invernadero del Sector Agricultura y Silvicultura, en el Cantón Bolívar. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <https://es.slideshare.net/talcivar1/tesis-balance-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero>

Universidad D Córdoba. (2004). Conservación de Forrajes. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08_21_24_4.2.pdf

- Universidad Tecnológica de Pereira. (2013). ¿Qué es la huella ecológica?. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de <http://www.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/informacion-de-interes/que-es-la-huella-ecologica.pdf>
- Uriarte, A. (2003). Evolución de las temperaturas en el siglo XX. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de <http://www.euskonews.com/0204zbnk/gaia20402es.html>
- Valencia, A; Hernández, A.; López, L. (2011). El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve?. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje/>
- Villalobos, L; Arce, J. (2016). Efecto del Picado Sobre las Características Nutricionales y Fermentativas de Ensilajes de Pastos Kikuyo, Ryegrass Perenne y Alpiste Forrajero. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de http://www.mag.go.cr/rev_agr/v40n01_065.pdf
- VillaRomero, J. (2013). Ecuador, cambio climático y biodiversidad. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <https://libreriametagenomica.wordpress.com/2013/11/05/ecuador-cambio-climatico-y-biodiversidad/>
- World Resources Institute. (2014). Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. Recuperado el 24 de octubre de 2017, de http://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/1016_GPC_Full_MASTER_v6_ESXM-02-02_FINALpdf.original.pdf?1486373653
- WWF España. (2017). Las altas temperaturas son sólo el principio. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de http://www.wwf.es/nuestro_trabajo_/clima_y_energia/cambio_climatico_y_soluciones/
- Zamorano (s.f.). Composición de los fertilizantes. Recuperado el 27 de agosto de 2017, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1340/3/03.pdf>

Zapata, G. (2014). Creación de una ruta gastronómica para el cantón Rumiñahui.
Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/12922/1/60257_1.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Continuación de la Tabla 3 (Protocolos y estándares para el cálculo de GEI).

Programa/ plataforma	Otra información
<p>Protocolo Global para Inventarios de Emisión de GEI a escala comunitaria (GPC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Divide las emisiones dentro de los límites y las emisiones transfronterizas en los alcances 1, 2 y 3 ○ Proporciona niveles de informes, BÁSICO, BÁSICO+ ○ Piloto probado por 35 ciudades piloto
<p>Pautas del IPCC de 1996/2006 para los Inventarios Nacionales de GEI</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proporciona una guía detallada sobre las categorías de emisión/ remoción, los factores de emisión predeterminados, la gestión de incertidumbres, la fórmula de cálculo, la recopilación de datos.
<p>Protocolo internacional de análisis de emisiones de GEI de los gobiernos locales (versión 1.0)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Requiere dos niveles de reporte: <ul style="list-style-type: none"> • Operaciones del gobierno local (LGO) • Nivel de la comunidad
<p>Estándar Internacional para Determinar Emisiones de Gases del Efecto Invernadero de Ciudades (versión 2.1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Descripción simplificada, con una gran cantidad de referencia a otras normas (por ejemplo, las pautas del IPCC) ○ Se recomienda a las ciudades o regiones urbanas con poblaciones de más de 1 millón de personas que utilicen sus normas de reporte, y las ciudades con una población inferior a 1 millón pueden utilizar las tablas de informes menos detalladas, tales como el BEI/MEI.
<p>Metodología del Inventario de Emisiones de Referencia/Inventario de</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diseñado especialmente para el Pacto de la iniciativa de los alcaldes de la UE como una de las medidas principales

<p>Monitoreo de Emisiones (BEI/ MEI)</p>	<p>para las ciudades firmantes para lograr sus metas SEAP</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Solo requiere la cuantificación de las emisiones de CO₂ debido al consumo de energía final • Considera las interacciones con otras políticas tales como el ETS de la UE
<p>Protocolo comunitario de EE. UU. para la contabilidad y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (Versión 1.0)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Creó los conceptos de “fuentes”, que podrían ser interpretadas como emisiones dentro de los límites, y “actividades”, las que podrían interpretarse como emisiones dentro de los límites y fuera de los límites ○ Proporciona varios marcos de información, incluidos las cinco Actividades generadoras de emisiones básicas, una influencia significativa del gobierno local, las actividades de toda la comunidad, el consumo doméstico, fuentes de los límites, el consumo del gobierno, el inventario basado en el consumo total, las emisiones del ciclo de vida de las empresas de la comunidad y los sectores industriales concretos
<p>PAS 2070: 2013</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proporciona dos metodologías para determinar las emisiones de GEI de la ciudad: <ul style="list-style-type: none"> • Metodología de cadena de suministro y directa, lo cual es consistente con el GPC • Metodología basada en el consumo

	<ul style="list-style-type: none">○ Estudio de caso trabajado de la aplicación del PAS 2070 proporcionado para Londres, Reino Unido
Bilan Carbone	-
Manual de planificación contra el calentamiento global para los gobiernos locales	-

Anexo 2. Cuadros 4-3 y 4-4 de las Directrices del IPCC 1996 para la agricultura.

TABLA 4-3 FACTORES DE EMISIÓN DE METANO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO VACUNO			
Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión (kg CH ₄ /cabeza/año)	Comentarios
América del Norte Sector lácteo muy productivo y comercializado, con alimentación de elevada calidad a base de forraje y grano. Rebaños separados de vacas para carne, principalmente en pastoreo con suplementos alimenticios estacionales. Terneras y novillos para carne de rápido crecimiento alimentados con grano en la etapa final en corrales de engorde. Las vacas lecheras representan una pequeña parte de la población.	Lechero	118	Producción media de leche de 6700 kg/cabeza/año
	No lechero	47	Incluye vacas, toros, terneras y novillas para carne y ganado de cría.
Europa Occidental Sector lácteo muy productivo y comercializado, con alimentación de elevada calidad a base de forraje y grano. Las vacas lecheras se utilizan también para la producción de novillos para carne. El rebaño de vacas para carne es poco numeroso. La alimentación con granos en corrales de engorde es poco frecuente.	Lechero	100	Producción media de leche de 4200 kg/cabeza/año
	No lechero	48	Incluye vacas, toros, becerros y cría de terneras y novillos.
Europa Oriental Sector lácteo comercializado, con alimentación de forraje. Rebaño separado de vacas para carne, principalmente en pastoreo. Pocos animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano.	Lechero	81	Producción media de leche de 2550 kg/cabeza/año
	No lechero	56	Incluye vacas, toros, y crías de razas para carne.
Oceanía Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo. Rebaños separados de vacas para carne, principalmente en pastoreo en extensos terrenos de distintas calidades. Va en aumento el número de animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano. Las vacas lecheras representan una pequeña parte de la población.	Lechero	68	Producción media de leche de 1700 kg/cabeza/año
	No lechero	53	Incluye vacas, toros y crías de razas para carne.
América Latina Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo. Rebaños separados de vacas para carne, principalmente en pastoreo en pastizales y prados. Reducido número de animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano. La cría de ganado vacuno constituye la mayor parte de la población.	Lechero	57	Producción media de leche de 800 kg/cabeza/año
	No lechero	49	Incluye vacas, toros y crías de raza para carne.

Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión (kg CH ₄ /cabeza/año)	Comentarios
Asia: Pequeño sector lácteo comercializado. La mayor parte del ganado se emplea para varios propósitos, utilizándolos como animales de tiro y para producir leche en regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. Todos los tipos de ganado son más pequeños que los encontrados en la mayoría de las demás regiones.	Lechero	56	Producción media de leche de 1650 kg/cabeza/año
	No lechero	44	Incluye vacas, toros y crías para múltiples fines.
África y Oriente Medio: Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo con baja productividad por vaca. La mayor parte del ganado sirve para varios propósitos, y se utiliza como animales de tiro y para producir leche en las regiones agrícolas. Parte del ganado en pastoreo por extensas áreas. El ganado de todos los tipos es más pequeño que el de la mayoría de las otras regiones.	Lechero	36	Producción media de leche de 475 kg/cabeza/año
	No lechero	32	Incluye vacas, toros y crías de razas para múltiples usos.
Subcontinente indio: Sector lácteo comercializado, con alimentación basada en subproductos de las cosechas y con baja producción por vaca. La mayoría de los bueyes se utilizan como animales de tiro y las vacas producen algo de leche en las regiones granjeras. Pocos animales en pastoreo. El ganado de todos los tipos es más pequeño que el criado en la mayoría de las otras regiones.	Lechero	46	Producción media de leche de 900 kg/cabeza/año
	No lechero	25	Incluye vacas, toros y crías. Las crías constituyen la mayor parte de la población.

Las fuentes se indican en el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.

Tipo de ganado	Países desarrollados			Países en desarrollo		
	Frío	Temp. ^a	Cálido	Frío	Temp. ^a	Cálido
Ovejas	0,19	0,28	0,37	0,10	0,16	0,21
Cabras	0,12	0,18	0,23	0,11	0,17	0,22
Camellos	1,59	2,38	3,17	1,28	1,92	2,56
Caballos	1,39	2,08	2,77	1,09	1,64	2,18
Mulas y asnos	0,76	1,14	1,51	0,60	0,90	1,19
Aves de corral ^b	0,078	0,117	0,157	0,012	0,018	0,023

El rango de las estimaciones refleja climas que van de fríos a cálidos. Atendiendo a la media anual de las temperaturas, se han definido las siguientes regiones climáticas: Frío = inferior a 15°C; Templada = de 15°C a 25°C inclusive; y Cálida = superior a 25°C. Las regiones frías, templadas y cálidas se han estimado utilizando factores de conversión en metaño de 1%, 1,5% y 2%, respectivamente.

^a Temp. = Región de clima templado.

^b Pollos, patos y pavos.

Todas las estimaciones son ± 20%.

Fuentes: Los factores de emisión se han calculado a partir de los valores de ingestión y digestibilidad de los alimentos empleados para calcular los factores de emisión correspondientes a la fermentación entérica (véase el Apéndice A del *Manual de Referencia*, Capítulo 4); los valores de FCM y B₀ son los presentados en Woodbury y Hashimoto (1993). Se da por supuesto que todo el estiércol se maneja en sistemas secos, lo que está acorde con el uso de los sistemas de manejo del estiércol según Woodbury y Hashimoto (1993).

Anexo 3. Captura de pantalla de los resultados arrojados por el Software de la CMNUCC.

- *Emisiones que provienen del ganado doméstico*

MODULE		AGRICULTURE				
SUBMODULE		METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT				
WORKSHEET		4-1				
SHEET		1 OF 2 METHANE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT				
COUNTRY		Rumiñahui				
YEAR		2016				
Livestock Type	A Number of Animals	STEP 1		STEP 2		STEP 3
		B Emissions Factor for Enteric Fermentation (kg/head/yr)	C Emissions from Enteric Fermentation (t/yr)	D Emissions Factor for Manure Management (kg/head/yr)	E Emissions from Manure Management (t/yr)	F Total Annual Emissions from Domestic Livestock (Gg)
			$C = (A \times B) / 1000$		$E = (A \times D) / 1000$	$F = (C + E) / 1000$
Dairy Cattle	3066	57	174,76	1	3,07	0,18
Non-dairy Cattle	1041	49	51,01	1	1,04	0,05
Buffalo	0	55	0,00	0	0,00	0,00
Sheep	0	5	0,00	0,16	0,00	0,00
Goats	0	5	0,00	0,17	0,00	0,00
Camels	0	46	0,00	1,92	0,00	0,00
Horses	268	18	4,82	1,64	0,44	0,01
Mules & Asses	1	10	0,01	0,9	0,00	0,00
Swine	136	1	0,14	1	0,14	0,00
Poultry	1050	0	0,00	0,018	0,02	0,00
Totals			230,74		4,70	0,24

MODULE		AGRICULTURE			
SUBMODULE		METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT			
WORKSHEET		4-1 (SUPPLEMENTAL)			
SPECIFY AWMS		SOLID STORAGE AND DRYLOT			
SHEET		NITROGEN EXCRETION FOR ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM			
COUNTRY		Rumiñahui			
YEAR		2016			
Livestock Type	A Number of Animals	B Nitrogen Excretion Nex (kg/head/yr)	C Fraction of Manure Nitrogen per AWMS (%100) (fraction)	D	
				Nitrogen Excretion per AWMS, Nex (kg N/yr)	
				$D = (A \times B \times C)$	
Non-dairy Cattle	1041	40	0	0,00	
Dairy Cattle	3066	70	0,01	2.146,20	
Poultry	1050	0,6	0	0,00	
Sheep	0	0	0	0,00	
Swine	136	16	0,51	1.109,76	
Others	269	40	0	0,00	
TOTAL				3.255,96	

MODULE	AGRICULTURE			
SUBMODULE	METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT			
WORKSHEET	4-1 (SUPPLEMENTAL)			
SPECIFY AWMS	PASTURE RANGE AND PADDOCK			
SHEET	NITROGEN EXCRETION FOR ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM			
COUNTRY	Rumiñahui			
YEAR	2016			
	A	B	C	D
Livestock Type	Number of Animals	Nitrogen Excretion Nex	Fraction of Manure Nitrogen per AWMS (%/100)	Nitrogen Excretion per AWMS, Nex
		(kg/head/(yr))	(fraction)	(kg N/yr)
				D = (A x B x C)
Non-dairy Cattle	1041	40	0,99	41.223,60
Dairy Cattle	3066	70	0,36	77.263,20
Poultry	1050	0,6	0,42	264,60
Sheep	0	0	0	0,00
Swine	136	16	0	0,00
Others	269	40	0,99	10.652,40
			TOTAL	129.403,80

MODULE	AGRICULTURE		
SUBMODULE	METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT		
WORKSHEET	4-1		
SHEET	2 OF 2 NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM ANIMAL PRODUCTION EMISSIONS FROM ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEMS (AWMS)		
COUNTRY	Rumiñahui		
YEAR	2016		
	STEP 4		
Animal Waste Management System (AWMS)	A	B	C
	Nitrogen Excretion Nex(AWMS)	Emission Factor For AWMS EF₃	Total Annual Emissions of N₂O
	(kg N/yr)	(kg N ₂ O-N/kg N)	(Gg)
			C=(AxB)[44/28] / 1 000 000
Anaerobic lagoons	0,00		0,00
Liquid systems	0,00		0,00
Daily spread	0,00		
Solid storage & drylot	3.255,96	0,02	0,00
Pasture range and paddock	129.403,80		
Other	0,00		0,00
Total	132.659,76	Total	0,00

- Emisiones que provienen de los suelos agrícolas
 - o Emisiones directas de N₂O

MODULE				AGRICULTURE			
SUBMODULE				AGRICULTURAL SOILS			
WORKSHEET				4-5			
SHEET				1 OF 5 DIRECT NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM AGRICULTURAL FIELDS, EXCLUDING CULTIVATION OF HISTOSOLS			
COUNTRY				Rumiñahui			
YEAR				2016			
				STEP 1		STEP 2	
Type of N input to soil	A		B		C		
	Amount of N Input		Factor for Direct Emissions EF ₁		Direct Soil Emissions		
	(kg N/yr)		(kg N ₂ O-N/kg N)		(Gg N ₂ O-N/yr)		
					C = (A x B)/1 000 000		
Synthetic fertiliser (F _{SN})	61.146,36		0,0125		0,00		
Animal waste (F _{AW})	103.474,61		0,0125		0,00		
N-fixing crops (F _{BN})					0,00		
Crop residue (F _{CR})	11.432,57		0,0125		0,00		
				Total		0,00	

MODULE						AGRICULTURE					
SUBMODULE						AGRICULTURAL SOILS					
WORKSHEET						4-5A (SUPPLEMENTAL)					
SHEET						1 OF 1 MANURE NITROGEN USED					
COUNTRY						Rumiñahui					
YEAR						2016					
A		B		C		D		E		F	
Total Nitrogen Excretion		Fraction of Nitrogen Burned for Fuel		Fraction of Nitrogen Excreted During Grazing		Fraction of Nitrogen Excreted Emitted as NO _x and NH ₃		Sum		Manure Nitrogen Used (corrected for NO _x and NH ₃ emissions), F _{AW}	
(kg N/yr)		(fraction)		(fraction)		(fraction)		(fraction)		(kg N/yr)	
								F = 1 - (B + C + D)		F = (A x E)	
132.659,76		0		0,02		0,2		0,78		103.474,61	

MODULE							AGRICULTURE						
SUBMODULE							AGRICULTURAL SOILS						
WORKSHEET							4-5B (SUPPLEMENTAL)						
SHEET							1 OF 1 NITROGEN INPUT FROM CROP RESIDUES						
COUNTRY							Rumiñahui						
YEAR							2016						
A		B		C		D		E		F		G	
Production of non - N - Fixing Crops		Fraction of Nitrogen of non - N - Fixing Crops,		Production of Pulses and Soybeans		Fraction of Nitrogen in N-Fixing Crops,		One minus the Fraction of Crop Residue Removed From Field,		One minus the Fraction of Crop Residue Burned		Nitrogen Input from Crop Residues, F _{CR}	
(kg dry biomass/yr)		(kg N/kg dry biomass)		(kg dry biomass/yr)		(kg N/kg dry biomass)		(fraction)		(fraction)		(kg N/yr)	
												G = 2 x (A x B + C x D) x E x F	
744870		0,015		12500		0,03		0,55		0,9		11.432,57	

Anexo 4. Captura de pantalla de las hojas resumen de los resultados del Software de la CMNUCC.

Country	Rumiñahui				
Inventory Year	2016				
TABLE 4 SECTORAL REPORT FOR AGRICULTURE					
(Sheet 1 of 2)					
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES					
(Gg)					
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
Total Agriculture	0	0	0	0	0
A Enteric Fermentation	0				
1 Cattle	0				
2 Buffalo	0				
3 Sheep	0				
4 Goats	0				
5 Camels and Llamas	0				
6 Horses	0				
7 Mules and Asses	0				
8 Swine	0				
9 Poultry	0				
10 Other (please specify)					
B Manure Management	0	0			
1 Cattle	0				
2 Buffalo	0				
3 Sheep	0				
4 Goats	0				
5 Camels and Llamas	0				
6 Horses	0				
7 Mules and Asses	0				
8 Swine	0				
9 Poultry	0				
Country	Rumiñahui				
Inventory Year	2016				
TABLE 4 SECTORAL REPORT FOR AGRICULTURE					
(Sheet 2 of 2)					
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES					
(Gg)					
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
B Manure Management (cont...)					
10 Anaerobic		0			
11 Liquid Systems		0			
12 Solid Storage and Dry Lot		0			
13 Other (please specify)		0			
C Rice Cultivation	0				
1 Irrigated	0				
2 Rainfed	0				
3 Deep Water	0				
4 Other (please specify)					
D Agricultural Soils		0			
E Prescribed Burning of Savannas	0	0	0	0	
F Field Burning of Agricultural Residues ⁽¹⁾	0	0	0	0	
1 Cereals					
2 Pulse					
3 Tuber and Root					
4 Sugar Cane					
5 Other (please specify)					
G Other (please specify)					

Anexo 5. Fotografías tomadas en las salidas de campo al cantón Rumiñahui



Caballos pastando (Castro, 2017)



Vaca de ordeño mecánico, comiendo mientras era ordeñada (Castro, 2017)



Disposición del estiércol del ganado en los terrenos – no existe un procedimiento (Castro, 2017)



Ganado pastando en el terreno visitado (Castro, 2017)



Ganado vacuno doméstico pastando mientras esperaban el ordeño (Castro, 2017)



Vaca siendo ordeñada, mientras se le administraba melaza (Castro, 2017)

