



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Ambiental

### Emisiones de Óxido Nitroso producidas por actividades agroganaderas en la zona norte de la ciudad de Loja

Trabajo de Integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

#### **AUTOR:**

Marco Starman Zeas Sarango

#### **DIRECTOR:**

Ing. Vinicio Erasmo Alvarado Jaramillo, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 15 de septiembre de 2022

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo. Mg.Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Emisiones de Óxido Nitroso producidas por actividades agroganaderas en la zona norte de la ciudad de Loja**, previa a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental** de la autoría del estudiante **Marco Starman Zeas Sarango**, con **cédula de identidad Nro. 1105314494**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**ERASMO VINICIO  
ALVARADO  
JARAMILLO**

---

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo Mg.Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Marco Starman Zeas Sarango**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 1105314494

**Fecha:** 19 de abril de 2023

**Correo electrónico:** [marco.zeas@unl.edu.ec](mailto:marco.zeas@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0997044506

**Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Marco Starman Zeas Sarango** declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Emisiones de Óxido Nitroso producidas por actividades agroganaderas en la zona norte de la ciudad de Loja** como requisito para optar el título de **Ingeniero Ambiental**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los diecinueve días del mes de abril del dos mil veintitrés.



**Firma:**

**Autor:** Marco Starman Zeas Sarango

**Cédula:** 1105314494

**Dirección:** El Valle-Loja-Ecuador

**Correo electrónico:** marco.zeas@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0997044506

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo. Mg.Sc.

**Director del Trabajo de Integración Curricular**

## **Dedicatoria**

A Dios, por brindarme la luz necesaria que permitió guiar mi camino. A mi familia en especial a mis padres: Germán y Gloria; y hermanos: Rolando, Nixon, Tatiana y Jessica.

**Marco Starman Zeas Sarango**

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios Todopoderoso por haberme mantenido con vida en el transcurso de este tiempo. A mis padres por ser los pilares fundamentales quienes con sus sabios consejos pudieron sostenerme en los momentos difíciles. A mis hermanos por aquellas palabras de aliento y fortaleza. A todos mis docentes por sus grandes enseñanzas. A mi director de tesis por ser el guía en esta investigación. A todos mis compañeros y amigos que con su granito de arena contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

**Marco Starman Zeas Sarango**

## Índice de Contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de Contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xi
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>7</b>
4.1. Cambio climático .....	7
4.2. Efecto invernadero y Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	7
4.3. Relación cambio climático-actividades agrícolas .....	8
4.4. Nitrógeno (N).....	8
4.5. Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O).....	9
4.6. Mecanismos responsables de la formación de N <sub>2</sub> O.....	10
4.7. Marco Normativo e institucional sobre el cambio climático .....	11
4.8. Acuerdos y Convenios de Ecuador para mitigar el cambio climático .....	11
4.9. Metodología del IPCC para estimaciones de GEI .....	12
4.9.1. <i>Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.</i> .....	12
4.9.2. <i>Inventario de emisiones de GEI</i> .....	13
4.9.3. <i>Categorización de las emisiones</i> .....	14
4.9.4. <i>Cálculo de las emisiones de GEI</i> .....	15
4.9.5. <i>Definición del límite de inventario y fuentes de emisión</i> .....	16
4.9.6. <i>Pautas del IPCC y niveles de metodología</i> .....	16
4.9.7. <i>Descripción General del cálculo</i> .....	16
4.9.8. <i>Obtención de datos de actividad</i> .....	17
4.9.9. <i>Factores de emisión</i> .....	17
4.9.10. <i>Conversión de los datos a unidades estándar y CO<sub>2</sub> equivalente</i> .....	18

<b>5. Metodología .....</b>	<b>19</b>
5.1. Área de estudio .....	19
5.2. Determinación de las fuentes de emisión de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) en la zona suburbana del Norte de Loja .....	21
5.2.1. <i>Etapa 1: Recopilación de información ortofotográfica</i> .....	21
5.2.2. <i>Etapa 2: Definición de categorías de cobertura vegetal y uso de suelo</i> .....	21
5.2.3. <i>Etapa 3. Generación de mapas de cobertura y uso actual del suelo de la hoya de Loja correspondiente al año 2022.</i> .....	22
5.3. Cuantificación indirecta de emisiones de N <sub>2</sub> O provenientes de la gestión del estiércol en la zona suburbana de la ciudad de Loja. ....	22
5.3.1. <i>Categorización de las emisiones de AFOLU por alcance</i> .....	22
5.3.2. <i>Definición de las actividades de AFOLU</i> .....	23
5.3.3. <i>Etapa 1. Recopilación de la información</i> .....	23
5.3.4. <i>Etapa 2. Cálculos para estimaciones</i> .....	24
5.4. Estimación de las emisiones de N <sub>2</sub> O procedentes de los suelos agrícolas en la zona suburbana del Norte de la Ciudad de Loja. ....	26
5.4.1 <i>Cálculo del contenido de N</i> .....	26
5.4.2. <i>Cálculo de emisiones directas de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas</i> .....	27
5.4.3. <i>Cálculo de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas</i> .....	28
5.4.4. <i>Fuentes estadísticas</i> .....	29
<b>6. Resultados .....</b>	<b>29</b>
6.1. Determinar la distribución de fuentes de emisión de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) en la zona suburbana del Norte de Loja. ....	29
6.1.1. <i>Mapa de cobertura y uso de suelo de la ciudad de Loja para el año 2022</i> .....	29
6.1.2. <i>Mapa de cobertura y uso de suelo para la zona norte de la ciudad de Loja para el año 2022</i> .....	31
6.2. Cuantificación de manera indirecta de las emisiones de (N <sub>2</sub> O) provenientes de la gestión del estiércol en la zona suburbana del Norte de Loja .....	34
6.2.1. <i>Identificación de puntos para la aplicación de encuestas</i> .....	34
6.2.2. <i>Tabulación y Sistematización de encuestas.</i> .....	35
6.2.3. <i>Emisiones de N<sub>2</sub>O por gestión del estiércol</i> .....	37
6.3. Estimación de las emisiones de N <sub>2</sub> O procedentes de los suelos agrícolas en la zona suburbana del Norte de la Ciudad de Loja. ....	40
6.3.1. <i>Obtención del contenido de N</i> .....	40
6.3.2. <i>Emisión directa de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas</i> .....	41
6.3.3. <i>Emisión indirecta de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas</i> .....	42
6.3.4. <i>Emisiones totales de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas</i> .....	42
<b>7. Discusión .....</b>	<b>44</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>50</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>51</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>52</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>62</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Definiciones de los alcances para inventarios de ciudades.....	14
<b>Tabla 2.</b> Potencial de calentamiento global (PCG) de GEI más importantes. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas de ubicación de la Hoya de Loja. ....	19
<b>Tabla 4.</b> Categorización de las emisiones por alcance.....	23
<b>Tabla 5.</b> Fuentes de emisión producidas por la ganadería y agricultura según las referencias del IPCC.....	23
<b>Tabla 6.</b> Relación entre tipo de fertilizante y porcentaje de nitrógeno disponible.....	26
<b>Tabla 7.</b> Cambios porcentuales de las clases de cobertura y uso del suelo de la hoya de Loja para el año 2022.....	31
<b>Tabla 8.</b> Cambios porcentuales de las clases de cobertura y uso del suelo del norte suburbano de la ciudad de Loja para el año 2022. ....	33
<b>Tabla 9.</b> Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O provenientes de la gestión del estiércol del ganado doméstico.....	37
<b>Tabla 10.</b> Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por categoría de ganado para cada sector de estudio Carigán, Zalapa y Amable María.....	39
<b>Tabla 11.</b> Contenido de N para el fertilizante inorgánico urea .....	40
<b>Tabla 12.</b> Contenido de N para el fertilizante orgánico gallinaza.....	40
<b>Tabla 13.</b> Resumen del contenido de N para los dos fertilizantes. ....	41
<b>Tabla 14.</b> Emisiones directas de N <sub>2</sub> O procedentes de suelos agrícolas por uso de fertilizantes. ....	41
<b>Tabla 15.</b> Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O procedentes de suelos agrícolas por uso de fertilizantes. ....	42
<b>Tabla 16.</b> Emisiones totales de N <sub>2</sub> O procedentes de suelos agrícolas. ....	42
<b>Tabla 17.</b> Emisión de N <sub>2</sub> O por suelos agrícolas.....	43

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ciclo del nitrógeno. ....	9
<b>Figura 2.</b> Fuentes y límites de las emisiones de GEI de la ciudad. ....	15
<b>Figura 3.</b> Ubicación de la zona norte dentro del cantón y provincia Loja. ....	20
<b>Figura 4.</b> Cobertura y uso de suelo de la hoya de Loja del año 2022. ....	30
<b>Figura 5.</b> Uso de suelo para las categorías: cultivo, mosaico agropecuario y pastizal de la hoya de Loja del año 2022. ....	32
<b>Figura 6.</b> Representación de puntos donde se aplicaron las encuestas. ....	34
<b>Figura 7.</b> Número de fincas por tipo de cultivo en Carigán, Zalapa y Amable María. ....	35
<b>Figura 8.</b> Número de propietarios por afinidad de incremento de ganado. ....	36
<b>Figura 9.</b> Gráfico de barras que muestra la distribución de propietarios según su nivel de conocimiento sobre el cambio climático. ....	36
<b>Figura 10.</b> Tasa de emisión de N <sub>2</sub> O por gestión del estiércol en Zalapa, Carigán y Amable María. ....	38
<b>Figura 11.</b> Emisión de N <sub>2</sub> O debido a la volatilización de N de la gestión del estiércol respecto al número de ganado. ....	39
<b>Figura 12.</b> Tasas de emisión equivalentes de N <sub>2</sub> O por suelos agrícolas. ....	43

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Encuesta aplicada a los propietarios de las fincas agroganaderas. ....	62
<b>Anexo 2.</b> Valores por defecto para la tasa de excreción de nitrógeno. ....	66
<b>Anexo 3.</b> Número de ganado recopilado de las encuestas. ....	66
<b>Anexo 4.</b> Valores por defecto para la fracción de N en la ingesta del ganado. ....	67
<b>Anexo 5.</b> Valores por defecto para la pérdida de N debido a su volatilización. ....	64
<b>Anexo 6.</b> Fracción de fertilizante nitrogenado sintético que se volatiliza. ....	65
<b>Anexo 7.</b> Factor de emisión para las emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de la deposición atmosférica. .....	65
<b>Anexo 8.</b> Porcentaje de pérdidas de nitrógeno debido a la escorrentía y la lixiviación en MS, por área del IPCC. ....	65
<b>Anexo 9.</b> Factor de emisión para las emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por lixiviación y escorrentía. .....	66
<b>Anexo 10.</b> Información general de los tres sectores de estudio obtenida a partir de las encuestas. .....	66
<b>Anexo 11.</b> Cantidad de ganado por categoría para los 3 sectores de estudio. ....	68
<b>Anexo 12</b> Tipo de fertilizante usado más frecuente en los tres sectores de estudio. ....	70
<b>Anexo 13.</b> Encuestas a propietarios de las fincas. ....	72
<b>Anexo 14.</b> Toma de puntos de control. ....	72
<b>Anexo 15.</b> Afiches dirigidos a las comunidades sobre la aplicación de encuestas. ....	73
<b>Anexo 16.</b> Cultivos Agrícolas en la zona norte de la ciudad de Loja. ....	73
<b>Anexo 17.</b> Pastizales en la zona norte de la ciudad de Loja. ....	74
<b>Anexo 18.</b> Presencia de excretas procedentes del ganado bovino. ....	74
<b>Anexo 19.</b> Certificado de traducción del Abstract. ....	75

## **1. Título**

**Emisiones de Óxido Nitroso producidas por actividades agroganaderas en la zona norte de la ciudad de Loja**

## 2. Resumen

El objetivo general de esta investigación fue estimar los niveles de contaminación atmosférica por óxido nitroso ( $N_2O$ ) en la zona suburbana del norte de Loja, Ecuador. Se obtuvo una metodología que se dividió en tres objetivos específicos: observar la distribución espacial de las fuentes potenciales de  $N_2O$  mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), estimar las emisiones de  $N_2O$  provenientes de la gestión del estiércol y los suelos agrícolas utilizando las fórmulas establecidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Se obtuvo que las áreas de distribución de pastizales, cultivos anuales y mosaicos agropecuarios son las principales fuentes de emisión de  $N_2O$  en la zona de estudio. Además, se estimaron las emisiones de  $N_2O$  por gestión del estiércol y los suelos agrícolas, obteniendo valores de 7.584,15 kg  $CO_2eq/año$  y 11.787,31 kg  $CO_2eq/año$ , respectivamente. Comparando estos valores con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010, se observa que las emisiones de  $N_2O$  por gestión del estiércol representan solo el 0,004 % de las emisiones totales, mientras que las emisiones por suelos agrícolas representan el 0,00016 % de las emisiones totales en Ecuador. En conclusión, esta investigación proporciona información valiosa sobre los niveles de contaminación atmosférica por  $N_2O$  en la zona suburbana del norte de Loja y destaca la importancia de considerar las actividades agrícolas y ganaderas en los esfuerzos para reducir las emisiones de  $N_2O$  en Ecuador.

**Palabras clave:** Óxido Nitroso, Nitrógeno, Factor de emisión, Agricultura, Ganadería.

## **2.1. Abstract**

The purpose of this study was to estimate the levels of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) pollution in the northern suburbs of Loja, Ecuador. A methodology was obtained and divided into three specific objectives: to extend spatial distribution of potential N<sub>2</sub>O sources using Geographic Information Systems (GIS), and to calculate N<sub>2</sub>O emissions based on the formulas developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). It will be concluded that grassland distribution areas, annual crops and crop mosaics are the main sources of N<sub>2</sub>O emissions in the study area. Additionally, N<sub>2</sub>O emissions from manure management and agricultural soils were estimated, resulting in 7,584.15 kg CO<sub>2</sub>eq/year and 11,787.31 kg CO<sub>2</sub>eq/year, respectively. Comparing these values with the 2010 National Greenhouse Gas Inventory, N<sub>2</sub>O emissions from manure management represent only 0.004 % of total emissions. In contrast, emissions from agricultural soils represent 0.00016 % of total emissions in Ecuador. This study provides valuable information about the levels of N<sub>2</sub>O air pollution in the northern suburban area of Loja. For Ecuador to reduce its N<sub>2</sub>O emissions, agriculture and livestock activities must be taken into account.

**Key words:** Nitrous oxide, Nitrogen, Emission factor, Agriculture, Livestock.

### 3. Introducción

El N<sub>2</sub>O es un gas de efecto invernadero (GEI) que se produce en el suelo como resultado de la actividad microbiana y la liberación de nitrógeno (N) en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitratos (NO<sub>3</sub>) (IPCC, 2014). Las emisiones de N<sub>2</sub>O son responsables de aproximadamente el 6 % del efecto invernadero total y su efecto es 296 veces más potente que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2014). Las actividades agroganaderas son una fuente importante de emisiones de N<sub>2</sub>O, y en muchos países, representan la principal fuente de emisiones antropogénicas (Kramer et al., 2021). Su evolución histórica ha demostrado que su concentración en la atmósfera se mantuvo por debajo de las 270 ppbv (partes por billón) hasta la época preindustrial, y en la actualidad ha sobrepasado las 300 ppbv debido a factores antropogénicos (Schilt et al., 2010).

La producción ganadera es una de las principales fuentes de emisiones de N<sub>2</sub>O, ya que el estiércol de los animales contiene N y otros nutrientes que pueden generar N<sub>2</sub>O a través de la actividad microbiana en el suelo (IPCC, 2014). Además, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los cultivos puede aumentar la emisión de N<sub>2</sub>O en los suelos agrícolas (Reas et al., 2012). En este contexto, se hace necesario evaluar la magnitud de las emisiones de N<sub>2</sub>O producidas por las actividades agroganaderas y analizar posibles estrategias de mitigación.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O producidas por las actividades agroganaderas también pueden tener impactos negativos en la calidad del aire y la salud humana. El N<sub>2</sub>O puede reaccionar con otros compuestos en la atmósfera y producir ozono troposférico (O<sub>3</sub>), un contaminante del aire que puede dañar la salud respiratoria humana y los cultivos (Reay et al., 2012). Además, la exposición crónica al N<sub>2</sub>O puede afectar la salud de los trabajadores agrícolas y ganaderos que manipulan el estiércol y los fertilizantes nitrogenados (Wang et al., 2019). En este sentido, es importante evaluar no solo la magnitud de las emisiones de N<sub>2</sub>O, sino también sus impactos en la calidad del aire y la salud humana.

La agricultura y ganadería son fuentes de varios gases de tipo invernadero siendo estos los causantes del calentamiento global. Principalmente se debe al incremento de la temperatura en la atmósfera por la concentración de gases como el N<sub>2</sub>O que absorben la radiación infrarroja (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990). El problema del calentamiento global es una de las situaciones que más preocupa a nivel mundial y local, jugando un papel importante y determinante en la salud, economía y sustentabilidad de los pueblos y ecosistemas, a tal punto

de que ya se han evidenciado grandes variaciones en los ecosistemas naturales tales como: derretimiento de glaciares, aumento del nivel del mar, acidificación de océanos y pérdida de biodiversidad (Bates et al., 2008).

Steinfeld et al., (2006) atribuyen al sector ganadero una alta participación en la problemática ambiental global. Establecen que este sector es el responsable del 18 % de las emisiones de los GEI que emite el 9 % del total del CO<sub>2</sub> y del 37 % de las emisiones de gas metano (CH<sub>4</sub>) provenientes de la fermentación entérica y del estiércol. Asimismo, participa con el 65 % de las emisiones globales de N<sub>2</sub>O y emite el 64 % del amoníaco (NH<sub>3</sub>) global.

El uso y manejo de los suelos agrícolas es el principal emisor de N<sub>2</sub>O en el Ecuador, siendo esta categoría responsable del 15-40 % de las emisiones de GEI, algunos modelos presentados de escenario de cambio climático en el Ecuador estiman que el cambio climático podría causar grandes afecciones a los ecosistemas, tanto de sus componentes bióticos como físicos y por ende al socioeconómico (Delgado, 2008).

La provincia de Loja es reconocida como un referente en la actividad agrícola y pecuaria en el territorio ecuatoriano. Esto se debe a la gran riqueza de sus suelos y a su extensa red hidrográfica, lo que la convierte en una verdadera potencia para el desarrollo de las actividades agroganaderas. (Mills y Fey, 2004). Por estas razones y condiciones, la presente investigación estimó las emisiones de N<sub>2</sub>O, provenientes de las actividades agrícolas y ganaderas con el fin de determinar sus tasas de emisión.

Los resultados obtenidos de la presente investigación serán de gran utilidad para las autoridades ambientales locales ya que tendrán datos de la cantidad de N<sub>2</sub>O que se está emitiendo a la atmósfera y los utilizarán como base para la toma de decisiones a favor de la comunidad lojana con el fin de minimizar impactos negativos a corto y largo plazo.

El trabajo posee utilidad metodológica, pues podría emplearse en futuras investigaciones de metodología compatible, posibilitando análisis conjuntos, comparaciones entre periodos temporales concretos y evaluaciones de las intervenciones que se estuvieran llevando a cabo.

En el aspecto disciplinario, el estudio pretende contribuir al proyecto 21-DI-FARNR-2021. Gestión de Gases de Efecto Invernadero en el Sector AFOLU a Escala Sub-Urbana en la Ciudad de Loja-Ecuador, el aporte de esta investigación estará dada en la estimación de los niveles de emisión atmosférica por N<sub>2</sub>O en la zona suburbana del Norte de Loja.



Para lograr lo propuesto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la distribución de fuentes de emisión de óxido nitroso  $N_2O$  en la zona suburbana del Norte de Loja.
- Cuantificar de manera indirecta las emisiones de  $N_2O$  provenientes de la gestión del estiércol en la zona suburbana del Norte de Loja.
- Estimar las emisiones de  $N_2O$  procedentes de los suelos agrícolas en la zona suburbana del Norte de la Ciudad de Loja.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Cambio climático**

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) (ONU, 1992), en su artículo 1, define el cambio climático “como una variación climática atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera, sumado a esto la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables”.

Para el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013), este término se refiere al cambio en el estado del clima identificable a partir de análisis estadísticos a raíz de un cambio en el valor promedio y en la variabilidad de sus propiedades, el cual persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente en decenios. Por otra parte (Miller, 2007), argumenta que el cambio climático global hace referencia a las modificaciones del clima del planeta en cualquier aspecto, como son temperatura, precipitación e intensidad y las rutas de las tormentas.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en su informe de *Desarrollo Humano (2007 - 2008)* sostiene que el cambio climático es aquel problema que limita el desarrollo humano en nuestra generación. Modelaciones matemáticas predicen un calentamiento global de cerca de 1.4-5.8 °C entre 1990 y 2100, estas proyecciones basadas en una serie de hipótesis acerca de las principales fuerzas que dirigen las emisiones futuras; como son el crecimiento poblacional y el avance tecnológico.

### **4.2. Efecto invernadero y Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

Para Mendoza de Armas y Jiménez (2017) el efecto invernadero es un proceso de absorción realizado por la atmósfera a partir de la radiación térmica emitida por el sol, la Tierra y por los océanos, esta es irradiada nuevamente hacia la Tierra dando como resultado el aumento de la temperatura en su superficie, proceso natural que hace posible la vida en el planeta.

De igual manera Barry y Chorley (2003), comentan que el efecto invernadero natural es un mecanismo mediante el cual la atmósfera de la Tierra se calienta y permite la vida en el planeta. Por otro lado, el IPCC (2013), considera que el efecto invernadero es generado por un pequeño grupo de gases que forman parte de la atmósfera, los cuales son conocidos como GEI, siendo estos principalmente el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Los GEI que se producen de manera natural son el agua ( $H_2O$ ),  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$  y el ozono( $O_3$ ), sin embargo, aunque estos gases son de origen natural, sus emisiones han aumentado de manera alarmante en las últimas décadas, debido a las actividades humanas (Guayanlema, 2013).

Se ha estimado que las actividades agrícolas emiten entre el 65 y 80 % de los flujos totales de  $N_2O$ . Por esta razón es importante monitorear e incluir las emisiones del sector agrícola en las estrategias de mitigación (Robertson, 2004). Sumado a ello, las emisiones del sector ganadero contribuyen con el 14,5 % de las emisiones globales de origen antropogénico, con aportes del 44 % de  $CH_4$ , 29 % de  $N_2O$  y 27 % de  $CO_2$  (Gerber et al., 2013).

#### **4.3. Relación cambio climático-actividades agrícolas**

Los suelos cultivados abarcan aproximadamente el 12 % de la superficie terrestre, mientras que los pastizales cubren un 26 % más, por lo que, en conjunto, el uso de suelo agrícola ocupa el 38 % de la superficie terrestre siendo el uso del suelo más extendido del planeta (FAOSTAT, 2014). La agricultura usa alrededor del 70 % del agua dulce disponible (Gleick et al., 2010) y produce de 30-35 % de las emisiones globales de GEI. Estos impactos ambientales son derivados a partir de procesos de expansión, cuando los ecosistemas naturales son reemplazados por cultivos y pastizales, y además por procesos de intensificación que conducen al uso de irrigación, fertilizantes, pesticidas y labranza (Foley et al., 2014).

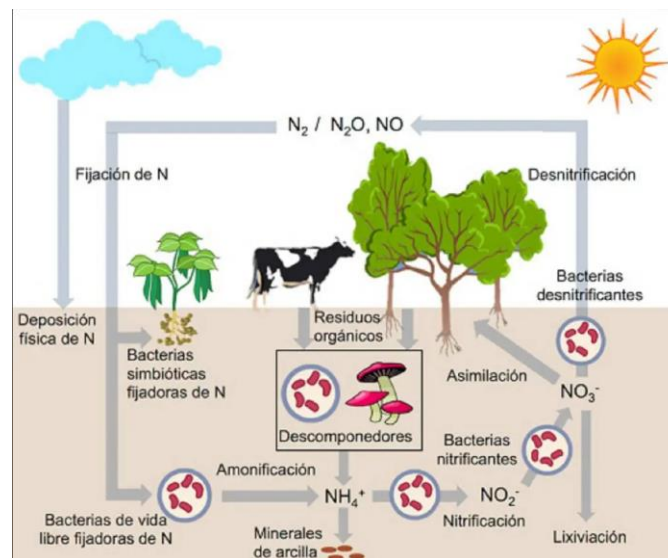
A nivel mundial las actividades agrícolas son la fuente más importante de  $N_2O$  emitido por los suelos (Snyder et al., 2009) y aunque representan únicamente el 8 % de las emisiones totales de GEI, generan aproximadamente la mitad de las emisiones provenientes del sector agrícola. En el caso de los suelos cultivados las emisiones de  $N_2O$  están relacionadas con el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Snyder et al., 2009).

#### **4.4. Nitrógeno (N)**

La transformación química del N se lleva a cabo mediante un ciclo continuo que involucra varios procesos: (1) fijación (reducción) de N molecular a  $NH_3$  siendo esta la capacidad que tienen algunas plantas y animales para incorporar el N a sus componentes químicos mediante procesos metabólicos (Rodríguez y García, 2005), (2) asimilación de  $NH_3$  proceso en que las células vegetales evitan la toxicidad del amonio ( $NH_4^+$ ) incorporándose rápidamente a los esqueletos carbonados para formar aminoácidos (Cardozo, 2001), (3) nitrificación proceso que conlleva la oxidación biológica del  $NH_4^+$  a  $NO_3^-$  mediante microorganismos aerobios que usan

el  $O_2$  como aceptor de electrones, (4) reducción asimilatoria de  $NO_3^-$  (desnitrificación), proceso que lo realizan algunas bacterias durante la respiración usando como aceptor de electrones mediante condiciones anóxicas, (5) reducción asimilatoria de  $NO_3^-$  y (6) amonificación (Castaño y Medina, 2017).

El N es el elemento del suelo que más absorben las plantas en condiciones normales de cultivo, la concentración de absorción de N en el cultivo es una gran herramienta para ayudar en el buen manejo de los cultivos (Marschner, 1995). Por tal razón es necesario comprender el ciclo del N, así como se puede observar en la Figura 1, en donde investigaciones realizados por (Mengel y Kribby, 2001) han logrado determinar que el crecimiento de las plantas obtiene un mejor rendimiento cuando se suministra N en forma de  $NO_3^-$  que cuando se suministra en forma de  $NH_4^+$  (Tortora et al., 2007).



**Figura 1.** Ciclo del nitrógeno.

#### 4.5. Óxido nitroso ( $N_2O$ )

En la capa más baja de la atmósfera, es decir en la tropósfera, la cantidad del gas  $N_2O$  es de aproximadamente 0,00003 %. El problema es, que en pocas cantidades tiene el potencial de generar efecto invernadero de 200 a 300 veces mayor que el del  $CO_2$ , debido a que el  $N_2O$  posee una fuerza radiactiva 180 veces mayor que el  $CO_2$  y se estima que la vida de este gas en la atmósfera es de alrededor de 130 años (Lashof y Ahuja, 1990).

La actividad humana es la responsable del aumento de concentraciones de N<sub>2</sub>O en la atmósfera (Bouwman y Boumans, 2002). Una de las fuentes que más contribuye a la emisión de N<sub>2</sub>O son las prácticas agrícolas, incluso en países desarrollados (Kaiser y Heinemeyer, 1996). Se estima que entre el 20 y 30 % del total de N<sub>2</sub>O emitido al año es producido en su mayoría por los campos destinados a la agricultura (Di y Cameron, 2006). Entre los suelos agrícolas, los pastizales son la mayor fuente de N<sub>2</sub>O, específicamente los destinados para el pastoreo de animales (Luo, et al., 2010).

Para conocer las fuentes de emisión y las condiciones climáticas que pueden tener un efecto sobre ellas, varios países han generado el factor de emisión (FE) para cada tipo de GEI. El factor del N<sub>2</sub>O es generado por cada país que tiene interés de tener estos parámetros, para ello se basan en sus características climáticas y de generación de gases en industria, actividades agrícolas, entre otros. Sin embargo, en numerosos países, el FE está basado en un valor por defecto definido por el IPCC (Mosier, 1998).

Las principales fuentes de emisión de N<sub>2</sub>O se debe principalmente a los campos destinados al pastoreo, ya que el N es devuelto al suelo por medio de la orina y heces del ganado (Kaiser y Heinemeyer, 1996). También son una fuente potencial de emisión de N<sub>2</sub>O los lugares destinados al engorde intensivo de animales, en donde existe una gran concentración de ganado sobre una extensión pequeña de tierra, esto conlleva al aumento de las excreciones y compactación del suelo por pisoteo (Oenema y Yamulki, 1997). La gran pérdida de N<sub>2</sub>O no solo se da mediante las heces y la orina de los animales sino también por la adición excesiva y repetida a los suelos de N como fertilizantes nitrogenados (Poth y Focht, 1985).

#### **4.6. Mecanismos responsables de la formación de N<sub>2</sub>O**

El N<sub>2</sub>O se produce principalmente como resultado de la actividad microbiana, tanto en los procesos de nitrificación como de desnitrificación (Poth y Focht, 1985).

Algunos estudios realizados sobre suelos de turba han revelado que la mayor producción de N<sub>2</sub>O se debe al proceso de nitrificación (Koops et al., 1997). Otras investigaciones también desarrolladas en campo muestran que generalmente los valores altos de emisión de N<sub>2</sub>O se encuentran estrechamente relacionados a las condiciones del suelo y a las características del proceso de desnitrificación por lo que esta sería la principal fuente de N<sub>2</sub>O bajo escenarios de producción ganadera intensiva (Olesen et al., 2013).

#### **4.7. Marco Normativo e institucional sobre el cambio climático**

La Constitución de la República de El Sistema Internacional de Unidades (SI) se debe utilizar para la medición y el reporte de datos de actividad; y todos los datos de emisiones de GEI se comunicarán en toneladas métricas de cada GEI, así como el dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>). El CO<sub>2e</sub> es una unidad de medición universal que explica el potencial de calentamiento global (PCG) cuando se mide y compara las emisiones de GEI de diferentes gases.

El Art. 413 busca promover la eficiencia energética; el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas. El Art. 414 busca la adopción de medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático mediante la limitación tanto de las emisiones de GEI, como de la deforestación y la contaminación atmosférica; adoptando medidas para la conservación de los bosques y la vegetación; y para la protección de la población en riesgo (Asamblea del Ecuador, 2008).

La Estrategia Nacional del cambio climático del Ecuador cuenta con un marco institucional que busca incorporar de manera transversal criterios de cambio climático en la gestión pública a varios niveles. La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) reconoce la importancia de involucrar los distintos niveles de gestión institucional a nivel de Gobierno, tanto desde el Gobierno Central, como desde los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs). Además, la Estrategia reconoce la importancia de la participación de distintos actores de la ciudadanía, incluyendo el Sector Privado, en todos los procesos de gestión (MAATE, 2017).

#### **4.8. Acuerdos y Convenios de Ecuador para mitigar el cambio climático**

El 26 de julio de 2016, Ecuador suscribió el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de iniciativa de acción, el Estado ecuatoriano, coherente con su vocación de protección ambiental y sus propuestas de vanguardia en el proceso geopolítico de la lucha contra el cambio climático (MAE, 2016).

Para el Gobierno del Ecuador, el Acuerdo de París representa el punto de partida que busca un mundo con energía limpia, a partir de la implementación efectiva de estrategias firmes para la reducción de emisiones globales de efecto invernadero (MAE, 2016).

De la Conferencia Internacional de Desarrollo Sostenible discutieron un acuerdo el cual busca fomentar un trabajo conjunto en temas de Cambio Climático, Monitoreo de Bosques y el Programa de Incentivos a la Conservación – Socio Bosques, que tiene como meta perfeccionar estos mecanismos socio-ambientales dirigidos a promover la sostenibilidad financiera, la economía verde y el Buen Vivir, como nuevo modelo de desarrollo más equitativo y equilibrado (MAE, 2016).

La conferencia sobre el Cambio Climático de París se conoce como la 21<sup>a</sup> Conferencia de las Partes (COP). Dentro de los temas prioritarios para el Ecuador en la COP 21 se encuentran: el diseño de los Planes Nacionales de Adaptación (NAP) y el proceso relacionado a la formulación, implementación y seguimiento de los NAPs siendo un tema de gran importancia para la elaboración de su Plan Nacional de Cambio Climático. En cuanto a mitigación el objetivo principal es contribuir a la reducción de GEI identificando sectores, medidas y líneas de acción por lo cual en el componente de mitigación se abordan los cinco sectores priorizados en la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025, los cuales son la agricultura, energía, procesos industriales, uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS) y residuos (MAE, 2017).

#### **4.9. Metodología del IPCC para estimaciones de GEI**

##### ***4.9.1. Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.***

Las ciudades son los centros mundiales de la comunicación, el comercio y la cultura. También son una fuente de consumo de energía y de emisiones de GEI significativa y creciente. La capacidad de una ciudad para establecer y adoptar medidas eficientes para mitigar el cambio climático y monitorear el progreso depende del acceso que se tenga a datos de buena calidad sobre las emisiones de GEI. La planificación de la acción climática comienza con la elaboración de un inventario de GEI. Un inventario permite a las ciudades comprender la contribución de emisiones de las diferentes actividades en la comunidad (Fong, et al., 2014).

Los métodos de inventario que las ciudades han utilizado hasta la fecha varían considerablemente. Para permitir reportes eficientes, creíbles y significativos se requiere una mayor coherencia en la contabilidad de GEI. El Protocolo Global para Inventarios de Emisión

de GEI a Escala Comunitaria (GPC) ofrece una metodología clara y precisa para calcular y reportar las emisiones de GEI en toda la ciudad.

Las directrices del IPCC utilizan metodologías con 3 grados de complejidad de acuerdo con la información disponible en cada país para realizar el cálculo; los tres niveles de complejidad (“Tiré”) son:

TIER 1: En este proceso se usan factores de emisión basándose en datos propuestos por el IPCC los cuales corresponden a diversas investigaciones desarrolladas en algunos países, y en algunos casos datos de actividad también tomados de fuentes internacionales.

TIER 2: Utiliza modelos y factores desarrollados en algunos casos mediante ecuaciones implementadas por el IPCC, que se calculan con alguna información propia del país.

TIER 3: Evaluación rigurosa y detallada de la fuente de emisión o absorción, que requiere generalmente factores de emisión y absorción específicos de cada país, determinados mediante diversas investigaciones basadas en mediciones realizadas in situ (mediante equipos especializados en el lugar de la emisión) (Pulido., et al 2015).

#### ***4.9.2. Inventario de emisiones de GEI***

El inventario de emisiones es una lista detallada de las fuentes contaminantes y sus emisiones de una zona específica con la mayor exactitud posible para todas las fuentes emisoras localizadas, lineales y zonales (difusas). Este tipo de estudios permite tomar decisiones, planear estrategias tendientes a la reducción de la contaminación, prevención o corrección de problemas y servir como indicadores de cambio en la calidad del aire (Jaramillo y Núñez, 2001).

El inventario de emisiones también sirve para establecer prioridades entre las principales fuentes dependiendo de la cantidad de contaminantes emitidos, para determinar la importancia relativa de las diferentes fuentes y también estimar las concentraciones de contaminantes atmosféricos cuando resulta difícil o demasiado costoso medir las concentraciones ambientales (Spiegel y Maystre, 2020).



### 4.9.3. Categorización de las emisiones

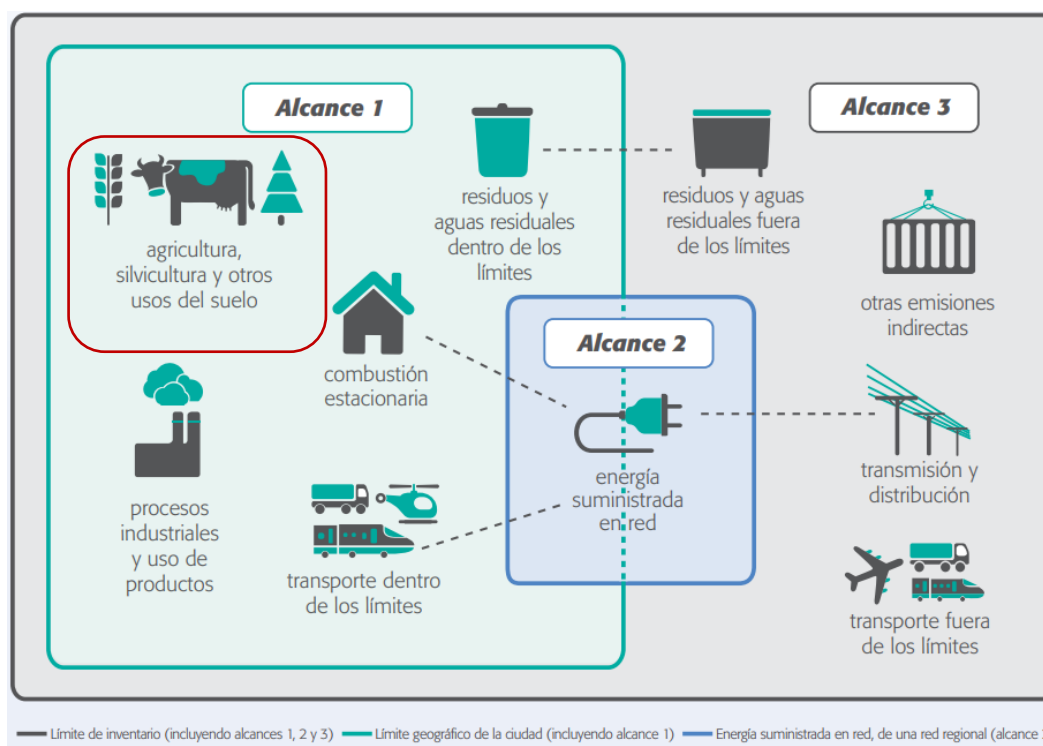
Todas las actividades que ocurren dentro de una ciudad pueden generar emisiones de GEI que se producen dentro de los límites de la ciudad, así como fuera de los límites de la misma. Para distinguirlas, el GPC agrupa las emisiones en tres categorías en función del lugar donde se producen: emisiones de alcance 1, alcance 2 o alcance 3. La tabla 1 facilita las definiciones basadas en una aplicación adaptada del marco de alcances utilizado en la *Norma de protocolo corporativo de GEI (GHC Protocol Corporate Standard)*.

**Tabla 1 .** Definiciones de los alcances para inventarios de ciudades.

<b>Alcance</b>	<b>Definición</b>
<b>Alcance 1</b>	Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad.
<b>Alcance 2</b>	Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o refrigeración suministrados en red dentro de los límites de la ciudad.
<b>Alcance 3</b>	El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad.

**Fuente:** (Fong, et al., 2014).

La Figura 2 ilustra cuales son las fuentes de emisión que se producen únicamente dentro de los límites geográficos establecidos para el inventario, cuales se producen fuera de los límites geográficos, y cuales pueden producirse a través del límite geográfico.



**Figura 2.** Fuentes y límites de las emisiones de GEI de la ciudad.

**Fuente:** Fong, et al., 2014.

#### 4.9.4. Cálculo de las emisiones de GEI

El GPC establece las pautas sobre el reporte general y de sectores específicos para recopilar los datos y calcular las emisiones. Las ciudades deben seleccionar las metodologías más adecuadas en función de la finalidad de su inventario, la disponibilidad de los datos y la coherencia con el inventario nacional de su país y de otros programas de medición y de reporte en los que participan.

El GPC no usa metodologías específicas en la elaboración de datos de emisiones; sino que especifica los principios y los reglamentos para la compilación de un inventario de emisiones de GEI en toda la ciudad. Donde corresponda, el GPC recomienda el uso de metodologías alineadas con las *Pautas del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*. Para la mayoría de las fuentes de emisión, las ciudades tendrán que estimar las emisiones de GEI multiplicando los datos por un factor de emisión asociado con la actividad que se mide (Fong, et al., 2014).

#### ***4.9.5. Definición del límite de inventario y fuentes de emisión***

Para utilizar el GPC, las ciudades deben primero establecer un límite de inventario. Esto identifica el área geográfica, el periodo de tiempo, los gases y las fuentes de emisión cubiertos por un inventario de GEI. Cualquier límite geográfico puede utilizarse para el inventario de GEI. Dependiendo del propósito del inventario, el límite puede alinearse con el límite administrativo de un gobierno local, un sector, un distrito de una ciudad, una combinación de las divisiones administrativas, un área metropolitana u otra entidad geográficamente identificable.

Las emisiones de GEI provenientes de las actividades de la ciudad se pueden clasificar en seis sectores principales:

- Energía estacionaria
- Transporte
- Residuos
- Procesos industriales y uso de productos
- Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (ganadería, suelo, fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO<sub>2</sub>).

#### ***4.9.6. Pautas del IPCC y niveles de metodología***

En las Pautas del IPCC, se utilizan tres niveles jerárquicos para categorizar la complejidad metodológica de los factores de emisión y los datos de la actividad. El nivel 1 utiliza datos predeterminados y ecuaciones sencillas, mientras que los niveles 2 y 3 son más exigentes en términos de complejidad y requisitos de datos. Las metodologías del nivel 2 suelen utilizar los factores de emisión específicos del país, los cuales, si se aplican correctamente, logran reducir la incertidumbre y aumentar la precisión.

#### ***4.9.7. Descripción General del cálculo***

Dependiendo de las actividades, las ciudades podrán utilizar mediciones directas e indirectas de emisiones de GEI. Sin embargo, para la mayoría de las fuentes de emisión, las ciudades tendrán que estimar las emisiones de GEI multiplicando los datos de actividad por un factor de emisión asociado a la actividad que se mide.

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad} * \text{Factor de emisión} \quad (\text{Ec.1})$$

En donde:

*Datos de actividad:* Es la información del tamaño de la actividad generadora de la emisión. Por ejemplo, cantidad de combustible quemado, cantidad producida en procesos industriales, cantidad de ganado, cantidad de residuos incinerados, área de tierra convertida, tipo y cantidad de fertilizante etc.

*Factor de emisión:* Es un valor representativo que relaciona la cantidad de un gas emitido a la atmósfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas. Estos factores generalmente son expresados como el peso del gas dividido por unidad de peso, volumen, distancia de varias fuentes de GEI y en la mayoría de los datos disponibles de numerosas investigaciones (EPA, 1994).

#### **4.9.8. Obtención de datos de actividad**

La recopilación de datos es una parte esencial del desarrollo y actualización de un inventario de GEI. Eso incluye la recopilación de datos existentes, la generación de nuevos datos y la adaptación de los datos de inventario para su uso. Es importante que antes de iniciar las actividades de recopilación de datos se haga una selección inicial de las fuentes de datos disponibles con el fin de mejorar la calidad de los datos utilizados y debe apoyarse en dos consideraciones principales:

- Los datos deben ser de fuentes fiables y seguras
- Los datos deben ser temporal y geográficamente específicos al límite de inventario, y tecnológicamente específico a la actividad que se está midiendo.

Los datos pueden recopilarse de diversas fuentes, como departamentos gubernamentales y organismos estadísticos, el informe del inventario nacional de GEI de un país, las universidades e institutos de investigación o recolección de información en campo (encuestas y entrevistas).

#### **4.9.9. Factores de emisión**

Los factores de emisión convierten los datos de actividad en un conjunto de emisiones de GEI, los factores de emisión deben ser relevantes para el límite de inventario y específicos para la actividad que se mide. Si no existen fuentes locales, regionales o específicas de cada país

disponibles, las ciudades deben usar factores predeterminados del IPCC o información de la Base de datos de factores de emisión (Emission Factor Database, EFDB), u otros valores estándar de los organismos internacionales que reflejan las circunstancias nacionales.

#### **4.9.10. Conversión de los datos a unidades estándar y CO<sub>2</sub> equivalente**

El SIU se debe utilizar para la medición y el reporte de datos de actividad, y todos los datos de emisiones de GEI se comunicarán en toneladas métricas de cada GEI, así como CO<sub>2</sub>eq. El CO<sub>2</sub>eq es una unidad de medición universal que explica GPC cuando se mide y compara las emisiones de GEI de diferentes gases.

**Tabla 2.** Potencial de calentamiento global (PCG) de GEI más importantes.

<b>Nombre</b>	<b>Fórmula</b>	Valores de PCG en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC <sup>19</sup> (CO <sub>2</sub> e)	Valores de PCG en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC <sup>20</sup> (CO <sub>2</sub> e)	Valores de PCG en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC <sup>21</sup> (CO <sub>2</sub> e)	Valores de PCG en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC <sup>22</sup> (CO <sub>2</sub> e)
<b>Dióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	1	1	1	1
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	21	23	25	28
<b>Óxido nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	310	296	298	265
<b>Hexafluoruro de azufre</b>	SF <sub>6</sub>	23 900	22 200	22 800	23 500
<b>Tetrafluoruro de carbono</b>	CF <sub>4</sub>	6 500	5 700	7 390	6 630
<b>Hexafluoroetano</b>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9 200	11 900	12 200	11 100

**Fuente:** Fong, et al., 2014.

## 5. Metodología

La presente investigación es de tipo descriptiva, con un enfoque cualitativo donde las variables no serán manipuladas y serán medidas en un único periodo de tiempo. Se pretende comprender la realidad de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la zona norte de la ciudad de Loja, siendo la variable independiente las áreas agroganaderas y la variable dependiente la tasa de emisión de N<sub>2</sub>O emitido por estas áreas.

### 5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en la zona suburbana del norte de la ciudad de Loja, ésta se visualiza en la Figura 3, cuyas coordenadas geográficas y planas se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Coordenadas de ubicación de la Hoya de Loja.

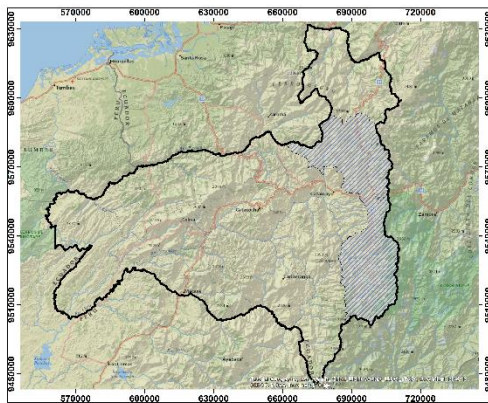
Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas	
Latitud Sur	Latitud oeste	Coordenadas E	Coordenadas N
03° 53'33,4"	79°15'39,93"	693 083 m	9 569 544 m
04° 06'59,84"	79°09'48,26"	703 959 m	9 544 625 m

#### *Ubicación política:*

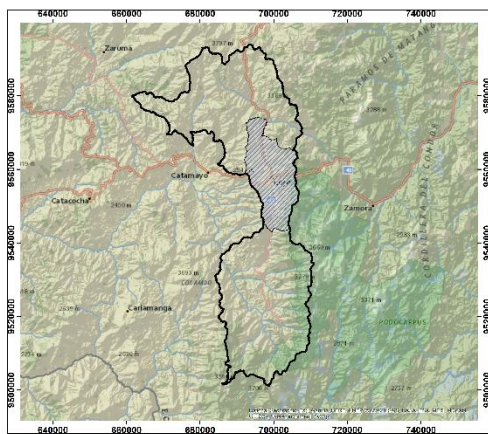
Se encuentra ubicada en Ecuador, región sur oeste, provincia y cantón Loja limita al norte con la parroquia de Jimbilla al sur con el Nudo de Cajanuma al este con la Cordillera de los Andes límite provincial de Zamora Chinchipe y Parque Nacional Podocarpus y al oeste con la parroquia de Taquil, cantón Catamayo y parroquia El Tambo.

Considerando que la investigación está orientada a la zona norte de la ciudad de Loja, se tomó como referencia la zona periférica que comprende las parroquias de Carigán (barrios Carigán y Zalapa) y El Valle (barrio Amable María) ubicadas en la ciudad de Loja. Geográficamente la ciudad se localiza en las siguientes coordenadas (Latitud: -3.98333, Longitud: -79.2 3° 58' 60" Sur, 79° 12' 0" Oeste). Tiene una extensión de 1 883 km<sup>2</sup>, equivalente al 17 % del territorio provincial. El clima de la ciudad de Loja es templado-ecuatorial, subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16 °C, con precipitación anual de 900 mm y una altitud que varía entre 2 400 a 2 000 m, siendo la más baja en el norte, respecto a los bordes, varía entre 2 550-2 200 m al oeste y 2 400-2 200 m al este (Municipio de Loja, 2014).

### Cantón Loja en el contexto provincial



### Parroquia Loja en el contexto cantonal



### Hoya de Loja

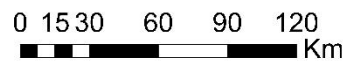
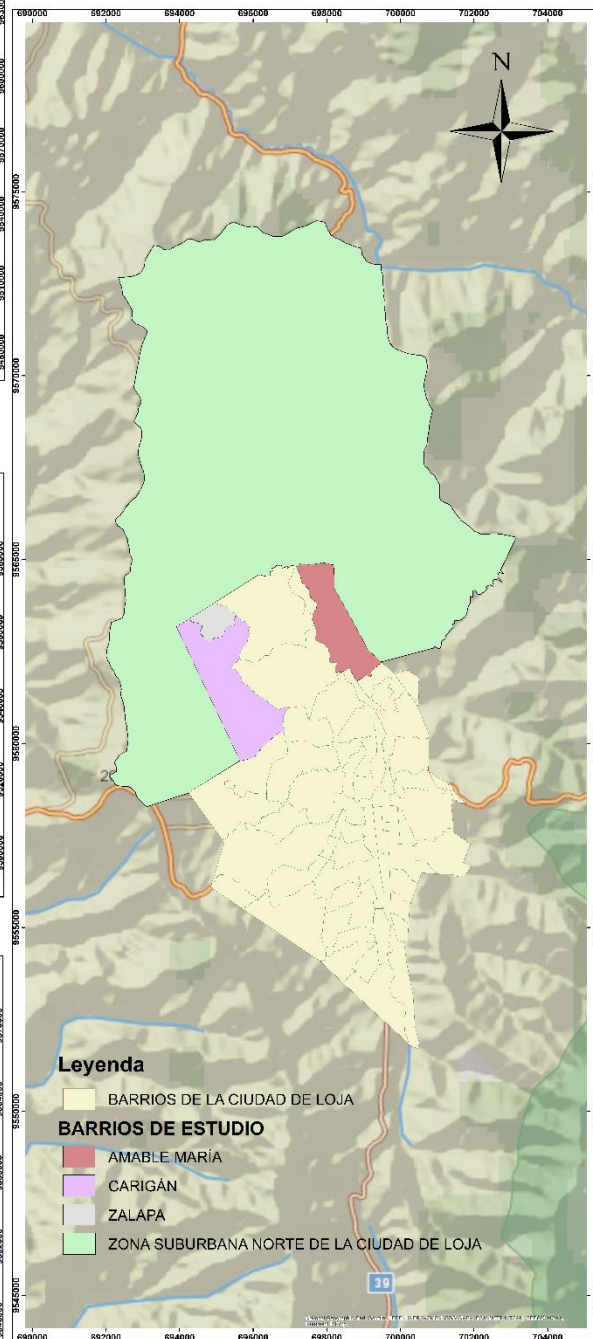
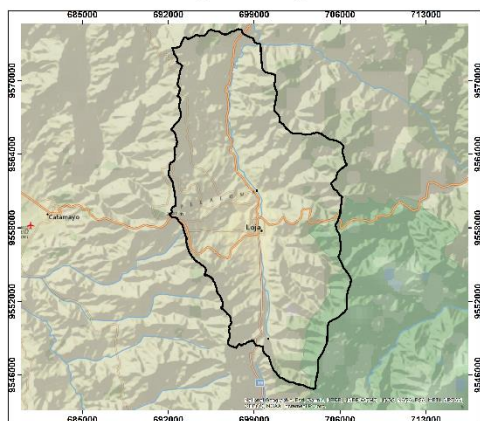


Figura 3. Ubicación de la zona norte dentro del cantón y provincia Loja.

Todos los objetivos se desarrollaron basados en el GPC por sus siglas en inglés. El GPC ofrece una metodología clara y precisa para calcular y reportar las emisiones de GEI en toda la ciudad (Fong, et al., 2014).

## **5.2. Determinación de las fuentes de emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la zona suburbana del Norte de Loja**

Las fuentes de emisión de N<sub>2</sub>O procedentes de actividades agroganaderas están dentro del alcance 1 (agricultura, silvicultura y otros usos del suelo) por lo tanto para determinar cómo se encuentran distribuidas espacialmente estas fuentes, se realizó una clasificación de uso de suelo mediante el software *QGIS* donde se abarcó toda la hoya de Loja considerando los límites topográficos donde se desarrolla la actividad agrícola y ganadera en la zona de estudio. Este límite del inventario se desarrolló en tres etapas:

### ***5.2.1. Etapa 1: Recopilación de información ortofotográfica***

Para determinar el uso de suelo correspondiente al año 2022 se utilizaron fotografías aéreas de la ciudad de Loja (Ortofoto 2019 Centro de Investigaciones Territoriales de la Universidad Nacional de Loja), las cuales fueron corregidas geométricamente, es decir se las ajustó al mismo sistema de coordenadas geográficas; cuentan con una resolución de 30 m y el sistema de referencia WGS 84 Zona 17 Sur.

En campo también se realizó el reconocimiento de la zona con el fin de conocer las características del lugar, además se tomaron coordenadas mediante la aplicación *Epicollect5* con el objetivo de asegurarse de que las ortofotos que iban a ser usadas estén perfectamente corregidas.

### ***5.2.2. Etapa 2: Definición de categorías de cobertura vegetal y uso de suelo***

El IPCC (2006), señala que, para estudios de nivel 1, se debe tomar en cuenta solamente seis categorías de uso de suelo (tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras), sin embargo, existe la posibilidad de utilizar otro tipo de categorización de acuerdo a cada país y alcance de la investigación, de esta manera se usó la metodología propuesta por el MAG (2020), en donde se describen 11 categorías de uso de suelo (bosque nativo, plantación forestal, vegetación arbustiva, páramo, vegetación herbácea, cultivo, pastizal, mosaico agropecuario, cuerpo de agua, área poblada, infraestructura).



### ***5.2.3. Etapa 3. Generación de mapas de cobertura y uso actual del suelo de la hoya de Loja correspondiente al año 2022.***

Para obtener el mapa de cobertura y uso de suelo del año 2022, se elaboró un mapa preliminar con la ayuda del software para validación de información *ArcMap* 10.3 y *QGis* 3.22 se interpretó las ortofotos para lo cual se tomó en cuenta características similares en: tono, textura, estructura, forma, color, sitio, entre otros (García y Camacho, 2022).

Posteriormente se realizó la elaboración de mosaicos con los segmentos que contienen la interpretación de los cambios de uso de suelo. Finalmente se ejecutó el procesamiento de las fotografías aéreas y los mosaicos que fueron editados con la ayuda de la interpretación visual de las imágenes y trabajo de campo para identificar cambios a través del método supervisado. Continuación a ello, se utilizó el proceso de aplicación de polígonos y etiquetado en las unidades espaciales para el año 2022.

### **5.3. Cuantificación indirecta de emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión del estiércol en la zona suburbana de la ciudad de Loja.**

Para cuantificar las emisiones de N<sub>2</sub>O nos basamos en el GPC específicamente en el sector agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (agriculture, forestry, and other land use, *AFOLU*) el cual produce emisiones de GEI a través de una variedad de vías, incluidos los cambios de usos del suelo que alteran la composición del suelo y el manejo de nutrientes para fines agrícolas.

#### ***5.3.1. Categorización de las emisiones de AFOLU por alcance***

De acuerdo a la Tabla 4 nuestra investigación está dentro del Alcance 1, el cual estima las emisiones dentro de los límites provenientes de las actividades agrícolas, usos del suelo y el cambio del uso del suelo dentro de los límites de la ciudad.

**Tabla 4.** Categorización de las emisiones por alcance.

<b>Alcance</b>	<b>Definición</b>
<b>Alcance 1</b>	Emisiones dentro de los límites provenientes de la actividad agrícola, uso del suelo y el cambio del uso del suelo dentro de los límites de la ciudad
<b>Alcance 2</b>	No aplicable
<b>Alcance 3</b>	Otras emisiones fuera de los límites

### **5.3.2. Definición de las actividades de AFOLU**

Dada la variable naturaleza de las emisiones agrícolas y el uso del suelo que atraviesa la ciudad de Loja, las emisiones de GEI del AFOLU se encuentran entre las categorías más complejas para la contabilidad de GEI. Las Pautas del IPCC dividen las actividades de AFOLU en tres categorías:

- Ganadería
- Suelos Agrícolas
- Fuentes agregadas y emisiones procedentes de fuentes del suelo distintas al CO<sub>2</sub>

De las cuales se tomará las categorías: ganadería y suelos agrícolas para las respectivas estimaciones las cuales se detallan con mayor precisión en la Tabla 5.

**Tabla 5 .** Fuentes de emisión producidas por la ganadería y agricultura según las referencias del IPCC.

<b>Categoría</b>	<b>Fuentes de emisión</b>	<b>Referencias del IPCC de 2006</b>
<b>Ganadería</b>	Gestión del estiércol	Volumen 4; Capítulo 10
<b>Suelos Agrícolas</b>	Fertilizantes nitrogenados	Volumen 4; Capítulo 11

### **5.3.3. Etapa 1. Recopilación de la información**

#### **Recolección de información en campo**

En esta sección, se llevó a cabo una encuesta dirigida a los propietarios de diversas fincas, ya sean agrícolas o ganaderas, con el objetivo de recopilar información detallada acerca de sus actividades específicas. Entre los datos recopilados se incluyen el tipo y la cantidad de animales que poseen, los cultivos que cultivan y los fertilizantes y abonos que utilizan en su producción. El diseño de la encuesta se presenta en el Anexo 1.

Para determinar el número de encuestas a aplicar en las 3 zonas de muestreo Zalapa, Carigán y Amable María se utilizó la fórmula para calcular el tamaño de muestra descrita por Aguilar-Varonas (2005); Martínez-Bencardino (2012) la cual se detalla a continuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

**n** = Tamaño de muestra buscado

**Z** = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (1,64)

**e** = Error de estimación máximo aceptado (10,0 %)

**p**= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito:0,5)

**q**= (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (0,5)

#### **5.3.4. Etapa 2. Cálculos para estimaciones**

En esta fase se desarrollaron los cálculos respectivos para determinar las estimaciones de N<sub>2</sub>O: *Emissiones indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión del estiércol*

##### **Nivel 1**

Para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de los sistemas de gestión del estiércol se multiplicó la cantidad total de la excreción de N (de todas las categorías de ganado) en cada tipo de sistema por un factor de emisión. Esto incluyó los siguientes pasos:

1. Se recopiló datos de ganado según el tipo de animal (T).
2. Se determinó la tasa de excreción de N anual media por cabeza (N<sub>ex</sub>/T) para cada categoría de ganado definida.
3. Se determinó la fracción de la excreción total anual de N para cada categoría de ganado de acuerdo al sistema de gestión del estiércol (MS (T, S)).
4. Se obtuvieron los factores de emisión de N<sub>2</sub>O para cada sistema de gestión del estiércol S (EF(S)).
5. Para cada tipo de sistema de gestión del estiércol S, se multiplicó su factor de emisión (EF(S)) por la cantidad total de N gestionado (de todas las categorías de ganado) en ese sistema.

El cálculo de Nivel 1 de la volatilización del N en forma de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> de sistemas de gestión del estiércol se basa en la multiplicación de la cantidad de N excretada (de todas las categorías de ganado) y gestionada en cada sistema de gestión del estiércol por una fracción de N volatilizado. Entonces, se suman las pérdidas de N de todos los sistemas de gestión del estiércol. El método de Nivel 1 se aplica empleando los datos de:

***Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol***

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ (N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,S)}) * \left( \frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

- **N<sub>volatilización-MMS</sub>** = cantidad de N del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, kg N año<sup>-1</sup>.
- **N<sub>(T)</sub>** = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país (Anexo 4).
- **N<sub>ex (T)</sub>** = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Anexo 3).
- **MS<sub>(T,S)</sub>** = fracción de la excreción total anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión (Anexo 5).
- **Frac<sub>GasMS</sub>** = porcentaje de N del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> en el sistema de gestión del estiércol S, % (Anexo 6).

Se usó la siguiente fórmula para el cálculo de:

***Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol***

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de la volatilización de N en forma de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> (N<sub>2</sub>O<sub>G(mm)</sub>) se estiman mediante la siguiente ecuación:

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{\text{volatilización-MMS}} * EF_4) * \frac{44}{28} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- **N<sub>2</sub>O<sub>G(mm)</sub>** = emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>.

- **EF<sub>4</sub>** = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O resultantes de la deposición atmosférica de N en la superficie del suelo o del agua, kg N<sub>2</sub>O-N (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup>; el valor por defecto es 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup> (Anexo 8).

#### ***Determinación de la tasa media de excreción de nitrógeno por cabeza (Nex(T))***

Se recomienda generalmente el uso de factores de emisión específicos del país, o de valores extraídos de la literatura científica o la BDFE (Base de Datos de Factor de emisión). Sin embargo, en su mayoría los países en desarrollo no tienen acceso a este tipo de información. Por tal razón, se usó el factor de emisión establecido en las Directrices del IPCC revisadas de 2006 (Manual de Referencia, Tabla 4-22) y la Orientación de IPCC sobre buenas prácticas (Tablas 4.12 y 4.13) el cual proporciona valores por defecto para los factores de emisión y su incertidumbre, en relación con los distintos sistemas de manejo del estiércol.

### **5.4. Estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de los suelos agrícolas en la zona suburbana del Norte de la Ciudad de Loja.**

#### ***5.4.1 Cálculo del contenido de N***

Para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O producidas por la fertilización nitrogenada en la agricultura de la ciudad de Loja, se recolectó información sobre la aplicación anual de fertilizantes en los barrios de Zalapa, Carigán y Amable María, mediante encuestas. Los agricultores de esta zona utilizan principalmente urea y gallinaza para abonar sus cultivos. A continuación, se calculó el contenido de N equivalente para cada uno de estos tipos de fertilizantes aplicados, utilizando la siguiente relación.

**Tabla 6.** Relación entre tipo de fertilizante y porcentaje de nitrógeno disponible.

<b>Cantidad de fertilizante</b>	<b>% de Nitrógeno disponible</b>
1 kg de urea	0,22 kg de N activo
1 kg de gallinaza	0,024 kg de N activo

**Fuente:** FAO, 2002.

Después, se estiman las emisiones de N<sub>2</sub>O mediante las fórmulas dadas por el IPCC, en donde se usó el porcentaje de N activo y demás factores por defecto para finalmente expresar esas emisiones en unidades de CO<sub>2</sub>eq.

La aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados produce emisiones directas e indirectas (EI) de N<sub>2</sub>O. La emisión directa de N<sub>2</sub>O es producida por dos procesos microbiológicos: la nitrificación, que es una oxidación del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> al NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y la desnitrificación, que es un proceso de reducción del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a las formas gaseosas del N: N<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>. Por otro lado, se producen las emisiones indirectas, mediante los procesos de volatilización/redeposición y lixiviación.

#### **5.4.2. Cálculo de emisiones directas de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas**

Con el fin de estimar las ED de N<sub>2</sub>O asociadas con la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, se usó el método elaborado por la Agencia para la Protección Ambiental (EPA,1992) de EE. UU, la FAO (2014) y el IPCC (Klein, 2006), el cual se resume en la siguiente ecuación de conversión.

$$ED(N_2O) = CF * CE \left( \frac{44}{28} \right) * 10^{-3} \quad (\text{Ec. 5})$$

#### **Donde:**

**CF**= es el consumo de fertilizantes en kg de N activo aplicado

**CE**= representa el coeficiente o factor de emisión y

**(44/28)** = 1,571429 representa el valor de la relación entre las masas moleculares de, N<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>, de masa molecular de 28 g y 44 g, respectivamente.

El servicio de investigación agrícola del Departamento de Agricultura de EE. UU, estimó en 1990 que 100 kg de N aplicado como fertilizante emiten 1,84 kg de N<sub>2</sub>O. La Agencia para la Protección Ambiental de EE.UU. (EPA, 1992) estimó un coeficiente de emisiones (CE) igual a 0,0117 t de N<sub>2</sub>O por cada tonelada de N aplicado, lo cual significa que 1,17 % del N aplicado como fertilizante es liberado a la atmósfera como N<sub>2</sub>O. El coeficiente de emisiones usado por la FAO (2002) es 0,0125. El estimado por Davidson (2009) es 0,01458. Según Shcherbak et al., (2014) el coeficiente medio de emisiones de 1 000 mediciones en campo es igual a 0,01. El estimador aquí usado es CE=0,01, el cual fue obtenido por Klein (2006) y reportado en las guías para el inventario de GEI del IPCC.

El N<sub>2</sub>O es un GEI muy poderoso y su PCG según el Quinto Informe de Evaluación es de 265, lo cual significa que cada t de N<sub>2</sub>O equivale a 265 t de CO<sub>2</sub> (SEMARNAT, 2013). De acuerdo con la EPA (1992), la fórmula para transformar las ED de N<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub>eq es la siguiente.

$$ED(N_2O)(CO_2eq) = GWP[(CF)(CE) \left(\frac{44}{28}\right) * 10^{-3}] \quad (\text{Ec. 6})$$

### 5.4.3. Cálculo de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas

Por otra parte, las EI de N<sub>2</sub>O producidas por los fertilizantes nitrogenados se determinan de la siguiente manera, de acuerdo con las guías del IPCC (Klein, 2006).

$$EI(N_2O) = (CF)[(Fracc_{GASF} * CE_4) + (Fracc_{LEACH} * CE_5)] \left(\frac{44}{28}\right) * 10^{-3} \quad (\text{Ec.7})$$

**Donde:**

**Fracc<sub>GASF</sub>** = Fracción del fertilizante nitrogenado aplicado que se volatiliza en forma de NH<sub>3</sub> y en distintas formas NO<sub>x</sub> (Anexo 7).

**CE<sub>4</sub>** = coeficiente de emisiones indirectas procedentes de la volatilización (Anexo 8).

**Fracc<sub>LEACH</sub>** = representa la cantidad de N activo aplicado que se lixivia (Anexo 9).

**CE<sub>5</sub>** = coeficiente de emisiones indirectas procedentes de la lixiviación (Anexo 10).

Tomando en cuenta la información contenida en los Cuadros 24-28 de (FAO, 2014), la expresión previa se transforma en la siguiente:

$$EI(N_2O) = (CF)[(0,1 * 0,01) + (0,3 * 0,0075)] \left(\frac{44}{28}\right) * 10^{-3} \quad (\text{Ec. 8})$$

La fórmula que se usó para transformar las EI de N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>eq es la siguiente.

$$EI(N_2O)(CO_2eq) = GWP * EI(N_2O) \quad (\text{Ec. 9})$$

Finalmente, las emisiones totales (ET) de N<sub>2</sub>O, en unidades de CO<sub>2</sub>eq producidas por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, son la suma de las emisiones directas e indirectas. Es decir:

$$ET(N_2O)(CO_2eq) = ED(N_2O)(CO_2eq) + EI(N_2O)(CO_2eq) \quad (\text{Ec. 10})$$

#### **5.4.4. Fuentes estadísticas**

El cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O en términos de CO<sub>2</sub>eq para la zona periurbana norte de la ciudad de Loja estuvo basada en la dinámica de consumo local aparente de los fertilizantes nitrogenados el cual se lo obtuvo a partir de encuestas aplicadas a los propietarios de fincas agroganaderas de los sectores: Carigán, Zalapa y Amable María expresado en t de N activo, para el año 2022.

### **6. Resultados**

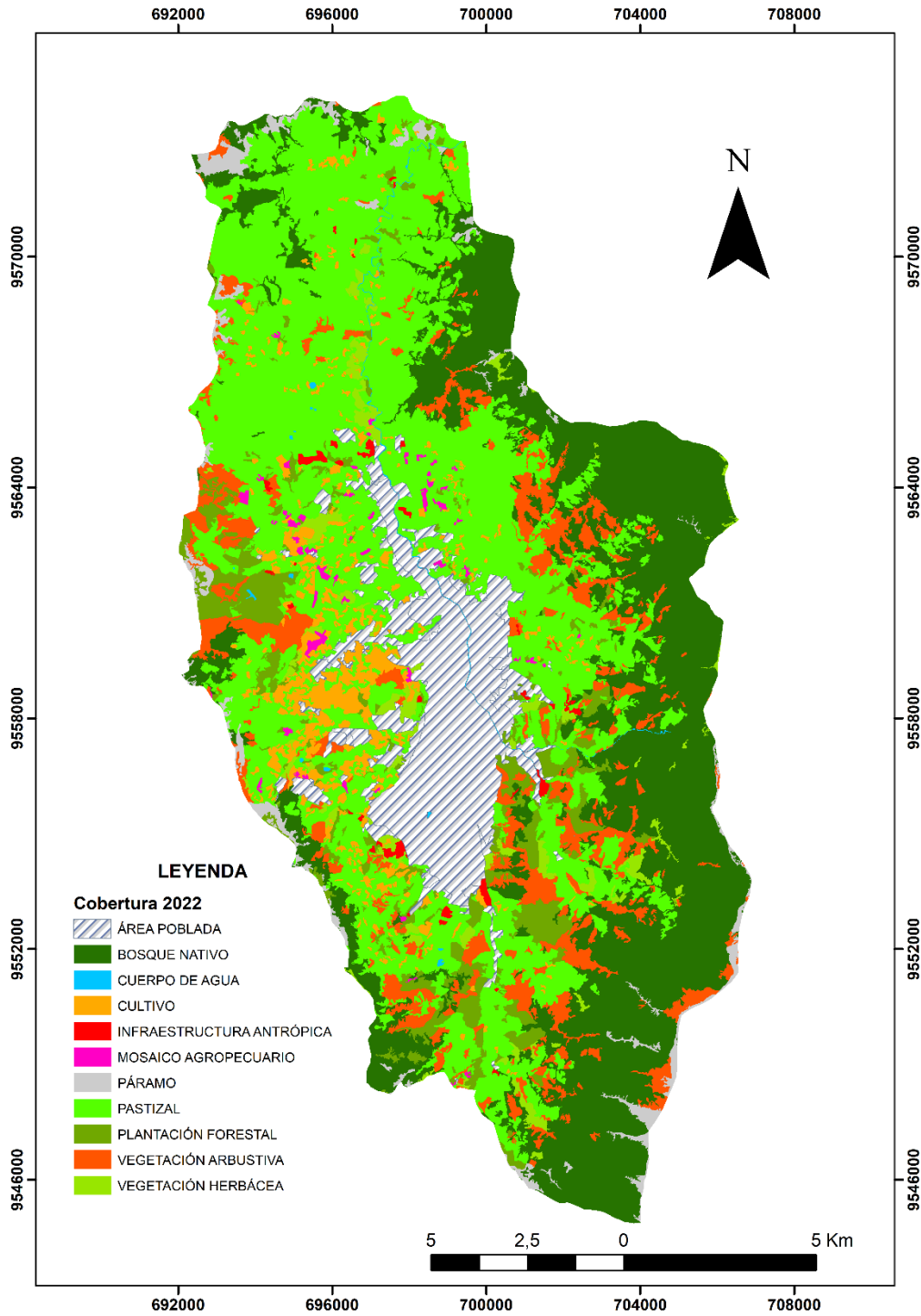
#### **6.1. Determinar la distribución de fuentes de emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la zona suburbana del Norte de Loja.**

##### **6.1.1. Mapa de cobertura y uso de suelo de la ciudad de Loja para el año 2022**

Con respecto al cumplimiento del primer objetivo, se tomó en cuenta la hoya de Loja para desarrollar un análisis explicativo y representativo, donde se obtuvo como resultado final el mapa de cobertura y uso de suelo que se muestra en la Figura 4. En el mapa de uso de suelo del año 2022 de la hoya en la ciudad de Loja se pueden observar los diferentes usos de suelo y como estos se encuentran distribuidos espacialmente.

El primer objetivo estuvo orientando en determinar la distribución de las fuentes de emisión de N<sub>2</sub>O, siendo estas: cultivos anuales, pastizales y mosaicos agropecuarios. Es claramente evidenciable que los pastizales se encuentran distribuidos uniformemente a lo largo de toda la hoya, dándonos indicios de que estas áreas pueden estar destinadas para pastoreo de ganado. Por otro lado, los mosaicos agropecuarios y cultivos anuales no se encuentran distribuidos en toda la hoya, sino más bien cerca a los lugares donde existe infraestructura antrópica.





**Figura 4.** Cobertura y uso de suelo de la hoya de Loja del año 2022.

En la Tabla 7, se describe la base geográfica de las clases de cobertura y uso del suelo determinadas en el Geoportal del Ministerio del Ambiente para el año 2022; donde, el análisis de las coberturas y uso del suelo están expresados en hectáreas y porcentaje.

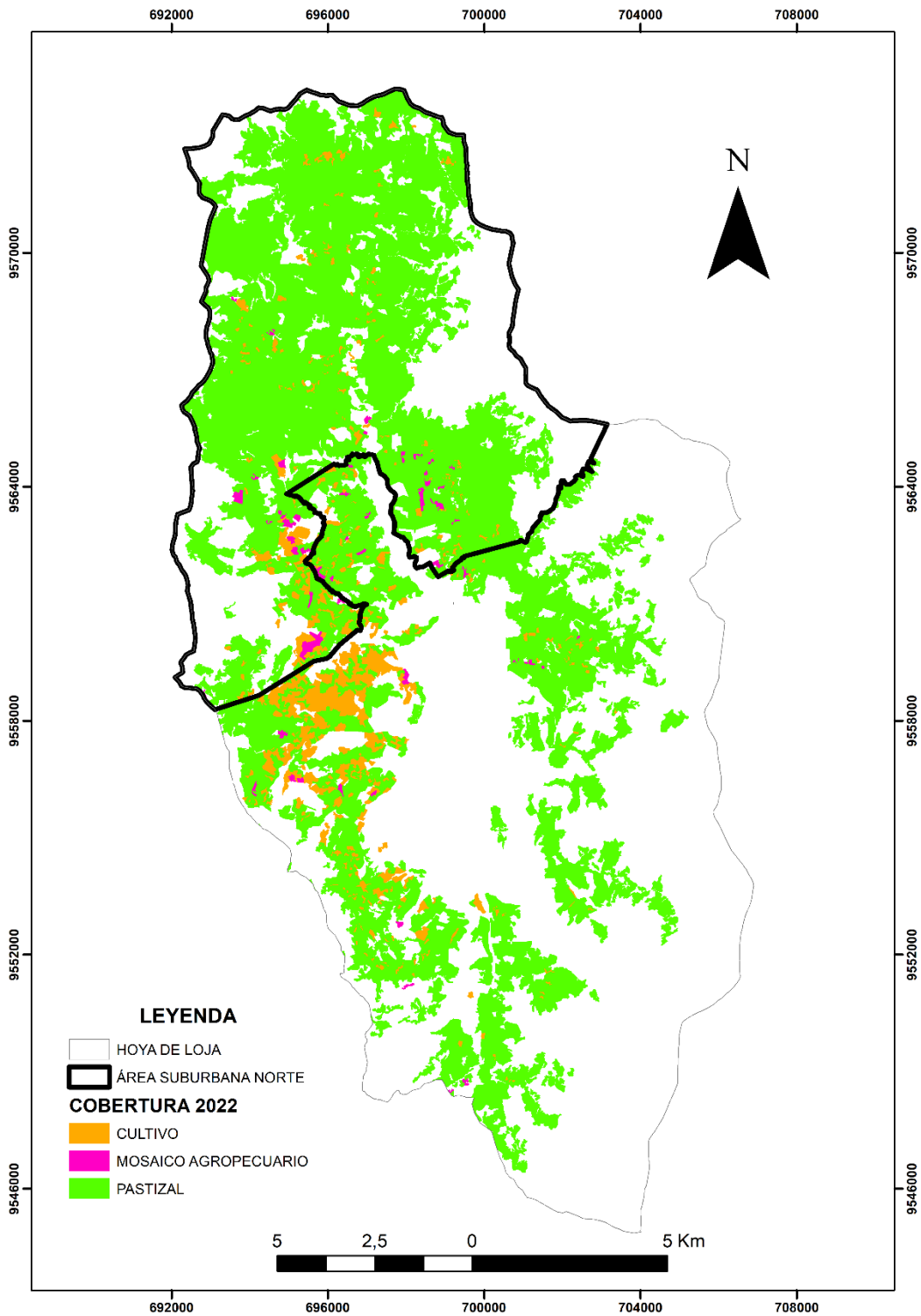
Las coberturas: pastizal, bosque nativo y área poblada son aquellas que representan la mayor área dentro del total de la hoya de Loja, y en menor cantidad los cuerpos de agua, infraestructura antrópica y mosaico agropecuario.

**Tabla 7.** Cambios porcentuales de las clases de cobertura y uso del suelo de la hoya de Loja para el año 2022.

CLASES DE COBERTURA Y USO DE SUELO	2022	2022
	(ha)	(%)
Área poblada	2853,95	10,29
Bosque nativo	7851,64	28,32
Cultivo	1065,87	3,84
Infraestructura Antrópica	125,28	0,45
Mosaico agropecuario	132,75	0,48
Cuerpos de agua	53,79	0,19
Páramo	581,81	2,1
Pastizal	10541,91	38,03
Plantación forestal	1556,90	5,62
Vegetación arbustiva	2371,41	8,55
Vegetación herbácea	587,92	2,12
<b>TOTAL</b>	<b>27723,51</b>	<b>100</b>

### **6.1.2. Mapa de cobertura y uso de suelo para la zona norte de la ciudad de Loja para el año 2022**

En la Figura 5 se presenta otro mapa de uso de suelo que se enfoca exclusivamente en el análisis de pastizales, cultivos anuales y mosaicos agropecuarios. Además, se delimitó una zona de interés mediante un polígono correspondiente a la parte norte de la hoya de Loja, con el fin de determinar la extensión de estas áreas. El análisis de la zona norte revela que los pastizales abarcan la mayor parte del área, mientras que los cultivos anuales están distribuidos de manera irregular pero aun así cubren una gran extensión. Los mosaicos agropecuarios, aunque escasos y ubicados en la periferia de la ciudad de Loja, también se consideran debido a su contribución a las emisiones de N<sub>2</sub>O



**Figura 5.** Uso de suelo para las categorías: cultivo, mosaico agropecuario y pastizal de la hoya de Loja del año 2022.

Del total del área correspondiente a la hoya de Loja (27 723,51 ha), a la zona norte le corresponden 18 879,17 ha, del total. En ella los usos de suelo: pastizal, bosque nativo y área poblada tienen el mayor número de hectáreas, mientras que la infraestructura antrópica, mosaico agropecuario y cuerpos de agua tienen el menor número de hectáreas.

En la Tabla 8, se describe la base geográfica de las clases de cobertura y uso del suelo determinadas en el Geoportal del Ministerio del Ambiente para el año 2022 pero haciendo referencia solamente a la parte norte de la hoya, donde, el análisis de las coberturas y uso del suelo está expresado en hectáreas y porcentaje.

**Tabla 8.** Cambios porcentuales de las clases de cobertura y uso del suelo del norte suburbano de la ciudad de Loja para el año 2022.

CLASES DE COBERTURA Y USO DE SUELO	2022	2022
	(ha)	(%)
Área poblada	2290,62	12,13
Bosque nativo	6739,97	35,70
Cultivo	389,02	2,06
Infraestructura	51,01	0,27
Mosaico Agropecuario	112,75	0,60
Cuerpos de agua	112,75	0,60
Páramo	290,17	1,54
Pastizal	7216,09	38,22
Plantación forestal	558,33	2,96
Vegetación Arbustiva	909,21	4,82
Vegetación herbácea	209,26	1,11
<b>TOTAL</b>	<b>18879,17</b>	<b>100,00</b>

## 6.2. Cuantificación de manera indirecta de las emisiones de (N<sub>2</sub>O) provenientes de la gestión del estiércol en la zona suburbana del Norte de Loja

### 6.2.1. Identificación de puntos para la aplicación de encuestas.

Aplicando la fórmula de muestra infinita se logró determinar que el número de encuestas estarán distribuidas en: Zalapa (45), Carigán (20) y Amable María (20) dando un total de 85 encuestas para la zona norte de la ciudad de Loja. En la Figura 6 se permite visualizar las zonas específicas donde se aplicaron las encuestas. Cada punto representa una encuesta a un propietario ya sea de finca agrícola, ganadera o mixta, se trató de distribuir las de manera que cubran la mayor área posible permitiendo de esta manera obtener información relevante y resultados más precisos.

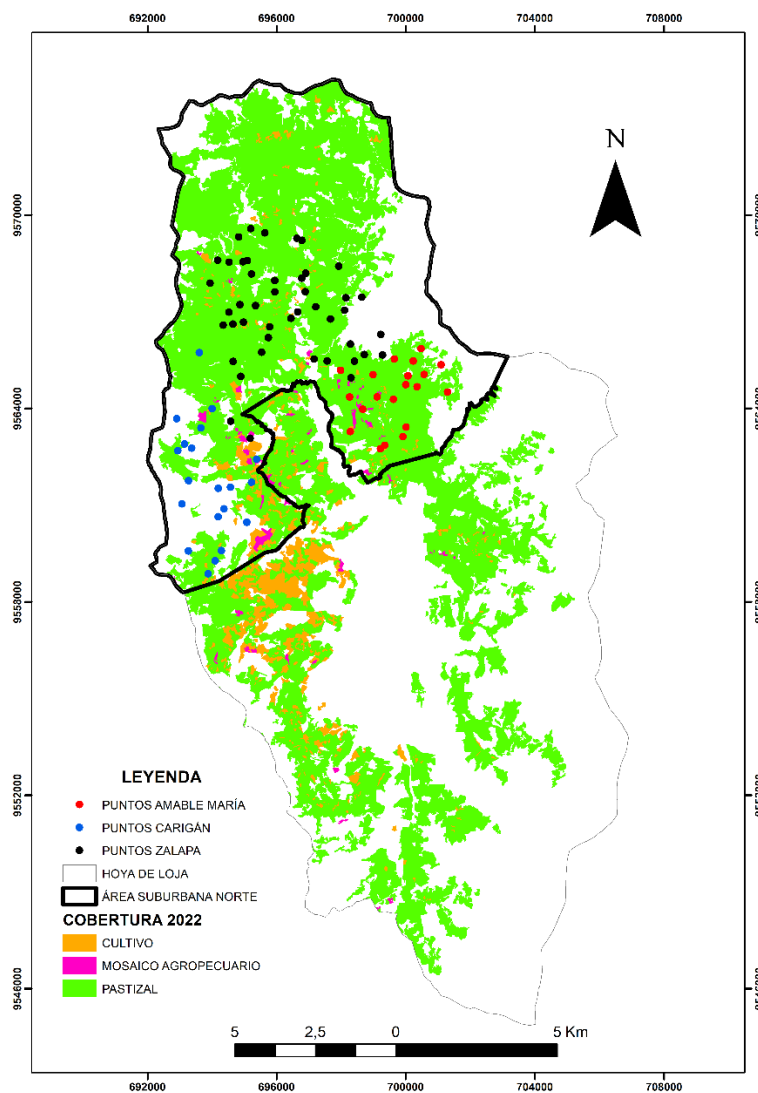
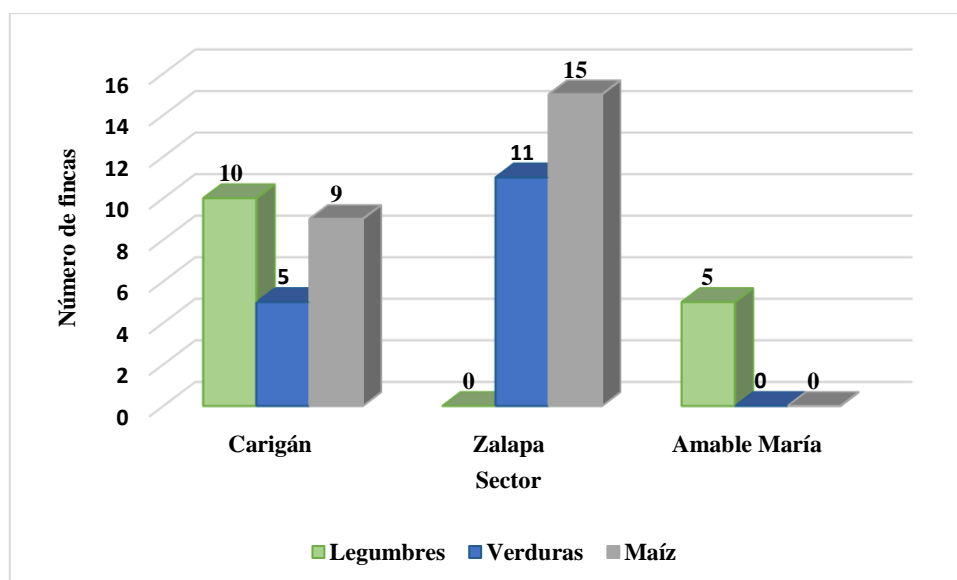


Figura 6. Representación de puntos donde se aplicaron las encuestas.

### 6.2.2. Tabulación y Sistematización de encuestas.

Se procedió a tabular las encuestas con la finalidad de recopilar la información necesaria para el desarrollo de los objetivos de la investigación, (Anexos 10,11 y 12).

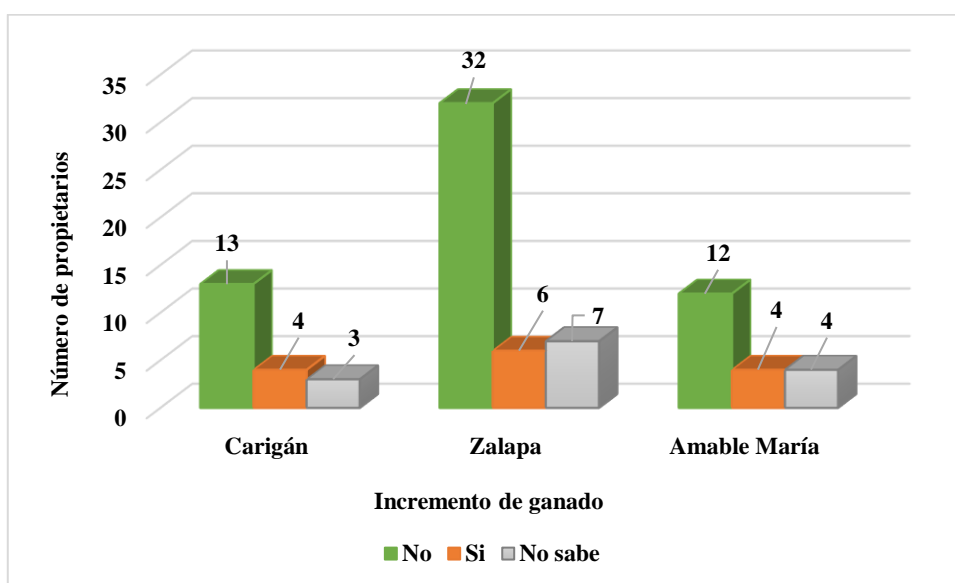
Según las encuestas, los agricultores indican que los cultivos principales son: maíz, legumbres y verduras. En la Figura 7 se representa el número de fincas donde cultivan maíz, legumbres y verduras, dándonos a conocer que en la zona norte de Loja la mayoría de la población se dedican al cultivo de maíz y en menor cantidad a legumbres.



**Figura 7.** Número de fincas por tipo de cultivo en Carigán, Zalapa y Amable María.

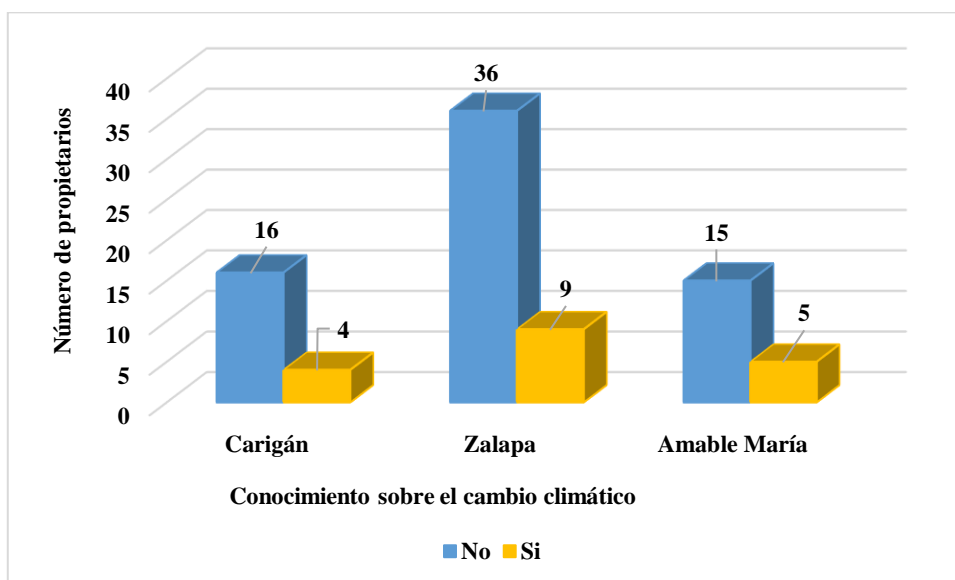
Luego de conversar con agricultores y ganaderos de la zona, se pudo comprender que aquellos que han abandonado el cultivo de sus tierras para dedicarse a la ganadería lo han hecho debido a la falta de recursos y a los cambios en el clima. La mayoría de los propietarios de fincas indican que, en décadas anteriores, la producción agrícola en Carigán, Zalapa y Amable María era muy elevada gracias a la fertilidad de los suelos y a las lluvias estacionales que permitían a los agricultores saber cuándo sembrar. Sin embargo, en la actualidad, las variaciones climáticas han generado incertidumbre y dificultades para la producción agrícola.

En la Figura 8 se muestra el número de propietarios de fincas que planean aumentar o no su cantidad de ganado. Es claro que la mayoría de los propietarios no tienen previsto incrementar su ganado, específicamente solo 57 de ellos lo harán. Por otro lado, 14 ganaderos han decidido no aumentar su cantidad de ganado, mientras que otros 14 todavía no están seguros al respecto.



**Figura 8.** Número de propietarios por afinidad de incremento de ganado.

También es importante destacar que aproximadamente 67 de los propietarios de las fincas agroganaderas carece de conocimiento sobre el cambio climático, según se observa en la Figura 9. Por otro lado, solo 18 de ellos tiene entendimiento de este tema.



**Figura 9.** Gráfico de barras que muestra la distribución de propietarios según su nivel de conocimiento sobre el cambio climático.

En el presente estudio se observó que, en las fincas, los diferentes tipos de ganado no tienen un sistema de manejo del estiércol estructurado, sin embargo, se clasificó este manejo de acuerdo a las directrices del IPCC, (2006) para poder asignarles un valor de volatilización del N de

acuerdo al sistema de manejo del estiércol para poder realizar los cálculos pertinentes. Con esta guía se catalogó al manejo del estiércol para el ganado vacuno y ovino en su mayoría como “líquido fango”; para el ganado porcino el sistema de manejo del estiércol era en su mayoría en “cama profunda” pero también había unos pocos que lo depositaban en “pozos sépticos”. En lo que respecta a las aves de corral el sistema utilizado era “aves de corral sin hojarasca” y finalmente para los cuyes y conejos estos tenían como sistema de manejo del estiércol la “cama profunda”.

En lo que respecta a los tipos de pastos que son utilizados para la alimentación del ganado se encuentran el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), reygrass y trébol blanco (*Trifolium sp.*)

### 6.2.3. Emisiones de N<sub>2</sub>O por gestión del estiércol

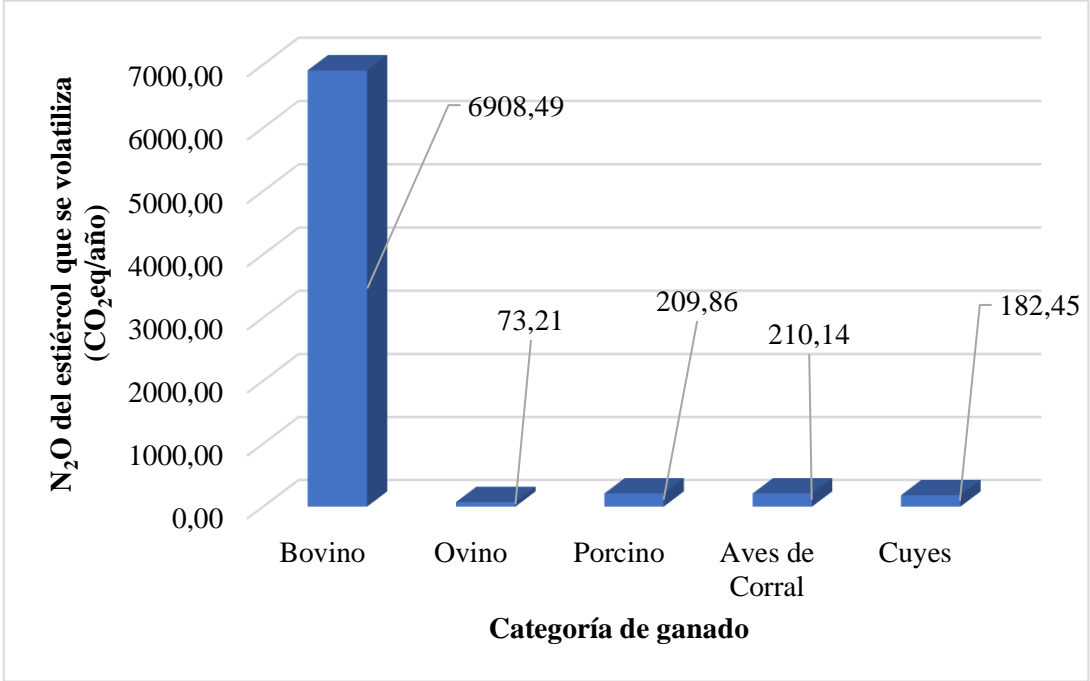
En la Tabla 9 se estimó la emisión indirecta de N<sub>2</sub>O a partir de la gestión de estiércol, utilizando datos del IPCC, encuestas y valores por defecto. Se utilizó el número total de ganado de los 3 sectores obtenidos de las encuestas, así como la cantidad de N excretado, la fracción de N del estiércol, el N del estiércol que se volatiliza y el factor de emisión derivado de la deposición atmosférica, según se detalla en el Capítulo 10 de las directrices del IPCC titulado “Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol”.

**Tabla 9.** Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión del estiércol del ganado doméstico.

MÓDULO	Ganadería							
SUBMÓDULO	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O provenientes de la gestión del estiércol del ganado doméstico							
SUBTEMA	Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol							
Tipo de Ganado	Número de Animales (A)	Nitrógeno Excretado (B)	Fracción de nitrógeno del estiércol por SME (C)	Estiércol gestionado que se volatiliza (D)	N del estiércol que se volatiliza (E)	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O resultantes de deposición atmosférica (F)	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol (G)	Emisiones de N <sub>2</sub> O expresados en CO <sub>2</sub> eq (H)
		(kg/cabeza/año)	(kg N retenido/animal/año)	N-NH <sub>3</sub> y N-Nox (%)	(kgN/año)	kg N <sub>2</sub> O-N	(kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N volatilizado) <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> eq)
	N <sub>(T)</sub>	N <sub>ex (T)</sub>	MS <sub>(T,S)</sub>	Frac <sub>GasMS</sub>	E = (A*B*C*D)	EF <sub>4</sub>	G = (E*F)	H= (G*265)
					N <sub>volatilización-MMS</sub>		N <sub>2</sub> O <sub>G(mm)</sub>	N <sub>2</sub> O (CO <sub>2</sub> eq)
Bovino	465	70,08	0,2	0,4	2 606,98	0,01	26,07	6 908,49
Ovino	77	11,96	0,1	0,3	27,63	0,01	0,28	73,21
Porcino	37	16,76	0,3	0,25	46,51	0,01	0,47	123,25
Aves de Corral	890	0,54	0,3	0,55	79,30	0,01	0,79	210,14
Cuyes	600	4,59	0,1	0,25	68,85	0,01	0,69	182,45



En la Figura 10 se presentan los datos de emisión de N<sub>2</sub>O por tipo de ganado de manera indirecta. En ella se puede observar que el ganado bovino es el que emite la mayor cantidad, con una cifra aproximada de 6 908,49 kgCO<sub>2</sub> eq por año, mientras que el ganado ovino es el que genera la menor cantidad de N<sub>2</sub>O, con una cantidad aproximada de 73,21 kgCO<sub>2</sub> eq por año.



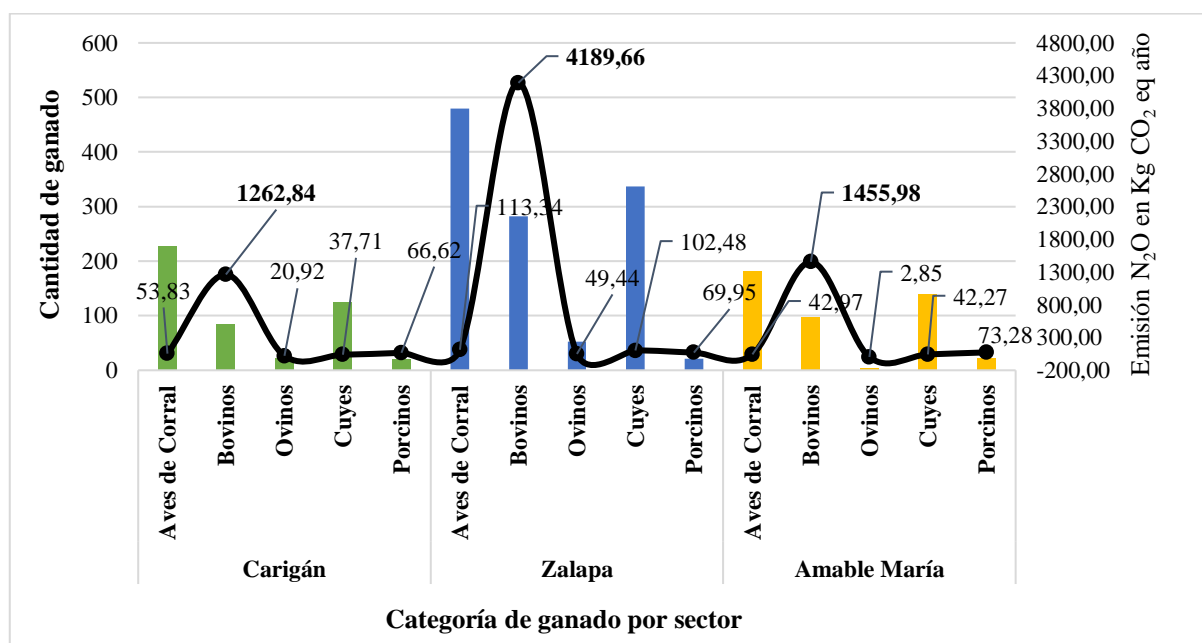
**Figura 10.** Tasa de emisión de N<sub>2</sub>O por gestión del estiércol en Zalapa, Carigán y Amable María.

La misma metodología utilizada en la Tabla 9 se usó para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O, pero en este caso por sector para cada categoría de ganado teniendo como resultado lo que se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por categoría de ganado para cada sector de estudio: Carigán, Zalapa y Amable María.

Tipo de Ganado	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol (kgCO <sub>2</sub> eq)		
	Carigán	Zalapa	Amable María
<b>Bovino</b>	1262,84	4189,66	1455,98
<b>Ovino</b>	20,91	49,44	2,85
<b>Porcino</b>	66,62	69,95	73,28
<b>Aves de Corral</b>	53,83	113,34	42,97
<b>Cuyes</b>	37,70	102,48	42,27
<b>Total</b>	1 441,92	4 524,87	1 617,36

En la Figura 11 se muestran las tasas de emisión indirecta de N<sub>2</sub>O debido a la volatilización de N en la gestión del estiércol de cada categoría de ganado, específicamente para cada uno de los tres sectores. Es posible observar que, tanto en el barrio Zalapa, Carigán y Amable María, el ganado bovino emite una mayor cantidad de N<sub>2</sub>O, mientras que el ganado ovino emite una menor cantidad. Este patrón se mantiene en los tres sectores.



**Figura 11.** Emisión de N<sub>2</sub>O debido a la volatilización de N de la gestión del estiércol respecto al número de ganado.

### 6.3. Estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de los suelos agrícolas en la zona suburbana del Norte de la Ciudad de Loja.

Al igual que en el objetivo 2 se usó la información recopilada de las encuestas respecto al tipo y extensión de cultivo, cantidad y frecuencia de fertilizante aplicado.

#### 6.3.1. Obtención del contenido de N

De acuerdo con las encuestas realizadas a los agricultores del norte de Loja, se pudo determinar que la mayoría utiliza urea y gallinaza como fertilizantes para abonar sus cultivos. Con base en esta información, se procedió a calcular la cantidad de N disponible para cada uno de estos fertilizantes, y los resultados se presentan detalladamente en las Tablas 11, 12 y 13.

**Tabla 11.** Contenido de N para el fertilizante inorgánico urea

<b>Urea</b>				
<b>Sector</b>	<b>Cantidad de abono aplicado (kg)</b>	<b>Extensión total de las fincas(ha)</b>	<b>Porcentaje de N en el fertilizante (%)</b>	<b>Cantidad total de N (kgN)</b>
Carigán	500	4,5	0,44	264
Zalapa	3 250	21,5	0,44	1430
Amable María	0	0	0	0

**Tabla 12.** Contenido de N para el fertilizante orgánico gallinaza.

<b>Gallinaza</b>				
<b>Sector</b>	<b>Cantidad de abono aplicado (kg)</b>	<b>Extensión de las fincas (ha)</b>	<b>Porcentaje de N en el fertilizante (%)</b>	<b>Contenido total de N (kgN)</b>
Carigán	600	4,5	0,22	110
Zalapa	1950	15,5	0,22	429
Amable María	800	8	0,22	176

**Tabla 13.** Resumen del contenido de N para los dos fertilizantes.

Contenido total de N	
Fertilizante	(kgN)
Gallinaza	715
Urea	1 694

### 6.3.2. Emisión directa de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas

Luego de haber determinado el contenido de N disponible para los dos tipos de fertilizantes en los tres sectores, se procedió a aplicar las fórmulas correspondientes para estimar la emisión de N<sub>2</sub>O procedente de suelos agrícolas, tanto de manera directa como indirecta. En primer lugar, se estimó la emisión tomando en cuenta el contenido total de N de los tres sectores, como se detalla en la Tabla 14.

En la Tabla 14 se presentan los cálculos realizados para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O debidas al uso de fertilizantes nitrogenados en los diferentes cultivos agrícolas de manera directa. Los resultados indican que la urea, un fertilizante inorgánico, emite una mayor cantidad de N<sub>2</sub>O, aproximadamente 7 047,89 kg CO<sub>2</sub>eq al año, mientras que la gallinaza, un abono orgánico, emite una menor cantidad, alrededor de 2 974,75 kg CO<sub>2</sub>eq al año.

**Tabla 14.** Emisiones directas de N<sub>2</sub>O procedentes de suelos agrícolas por uso de fertilizantes.

MÓDULO	Agricultura					
SUBMÓDULO	Emisiones directas e indirectas de N <sub>2</sub> O procedentes de los suelos agrícolas					
SUBTEMA	Emisiones directas (ED) de N <sub>2</sub> O asociadas con la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la agricultura					
Tipo de fertilizante	N activo aplicado (A)	Factor de emisión (B)	Peso molecular de N <sub>2</sub> O (C)	ED (N <sub>2</sub> O) (D)	Potencial de Calentamiento Global GWP (E)	ED(N <sub>2</sub> O)(CO <sub>2</sub> eq) (F)
	CF	CE	44/28	D= (A*B*C)		F=(D*E)
	Kg		(N <sub>2</sub> O/N <sub>2</sub> O-N)		kg (N <sub>2</sub> O)	(CO <sub>2</sub> eq)
Gallinaza	715,00	0,01	1,57	11,23	265	2 974,75
Urea	1694,00	0,01	1,57	26,60	265	7 047,89

### 6.3.3. Emisión indirecta de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas

En la Tabla 15 se muestran aquellos cálculos que se usaron para obtener las tasas de emisión indirectas de N<sub>2</sub>O en donde el fertilizante orgánico gallinaza emite alrededor de 189,78 kg CO<sub>2</sub>eq y la urea alrededor de 449,22 kg CO<sub>2</sub>eq.

**Tabla 15.** Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes de suelos agrícolas por uso de fertilizantes.

MÓDULO	Agricultura								
SUBMÓDULO	Emisiones directas e indirectas de N <sub>2</sub> O procedentes de los suelos agrícolas								
SUBTEMA	Emisiones indirectas (EI) de N <sub>2</sub> O asociadas con la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la agricultura								
Tipo de fertilizante	N activo aplicado (A)	Fracción del fertilizante nitrogenado que se volatiliza (B)	Coefficiente de emisiones indirectas procedentes de la volatilización (C)	N activo que se lixivia (D)	Coefficiente de emisiones indirectas procedentes de la lixiviación (E)	Peso molecular de N <sub>2</sub> O (F)	EI (N <sub>2</sub> O) (G)	Potencial de Calentamiento Global GWP (H)	EI (N <sub>2</sub> O)(CO <sub>2</sub> eq) (I)
	CF	FraccGASF	CE4	FraccLEACH	CE5	44/28	$G = (A)*(B*C)+(D*E)*(F)$		$I = (G*H)$
	kg	(NH <sub>3</sub> y NO <sub>x</sub> )				(N <sub>2</sub> O/N <sub>2</sub> O-N)	(CO <sub>2</sub> eq)	kg (N <sub>2</sub> O)	(CO <sub>2</sub> eq)
<b>Gallinaza</b>	715,00	0,1	0,01	0,1	0,0075	1,57	0,72	265	189,78
<b>Urea</b>	1694,00	0,1	0,01	0,1	0,0075	1,57	1,70	265	449,22

### 6.3.4. Emisiones totales de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas

Las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de suelos agrícolas se pueden dar de manera directa e indirecta. Para obtener las emisiones totales se sumaron las emisiones directas e indirectas. En la Tabla 16 se presentan los valores totales correspondientes a la emisión de N<sub>2</sub>O por tipo de fertilizante, en donde la urea emite mayor cantidad de N<sub>2</sub>O con un valor aproximado de 10 226,45 kg CO<sub>2</sub> eq año y en menor cantidad la gallinaza con un valor aproximado de 3 480, 82 kg CO<sub>2</sub> eq año.

**Tabla 16.** Emisiones totales de N<sub>2</sub>O procedentes de suelos agrícolas.

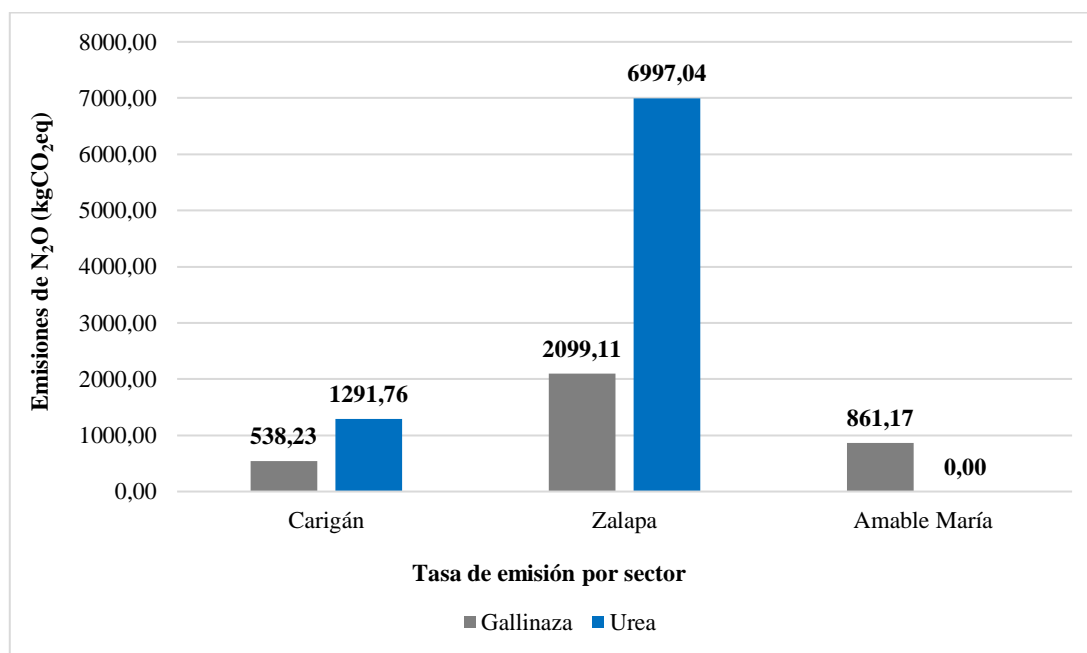
Tipo de abono	N activo	Emisiones de N <sub>2</sub> O (kg)		
		Directas	Indirectas	Total
<b>Gallinaza</b>	715	2 974,75	189,78	3 164,53
<b>Urea</b>	1 694	7 047,89	449,22	7 497,11

En la Tabla 17 se estimaron las emisiones de N<sub>2</sub>O por la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la agricultura para cada uno de los 3 sectores tomando en cuenta el contenido de N por sector.

**Tabla 17.** Emisión de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas.

Emisión de N <sub>2</sub> O procedentes de suelos agrícolas		
Sector	Tipo de abono	Total Emisiones de N <sub>2</sub> O (kgCO <sub>2</sub> eq)
Carigán	Gallinaza	538,23
	Urea	1291,76
Zalapa	Gallinaza	2 099,11
	Urea	6 997,04
Amable	Gallinaza	861,17
María	Urea	00,00

En la Figura 12 se representan las tasas de emisión de N<sub>2</sub>O por sector para cada tipo de fertilizante, en donde la urea es el fertilizante que emite mayor cantidad de N<sub>2</sub>O representado en moléculas de CO<sub>2</sub>eq en los tres sitios de estudio, siendo más notorio en Zalapa con un valor aproximado de 6 997,04 N<sub>2</sub>O kg CO<sub>2</sub> eq año, seguido de Carigán con 1 291,76 N<sub>2</sub>O kg CO<sub>2</sub> eq año y para el sector Amable María no hubo tasa de emisión debido al no uso de este fertilizante. Por otro lado, el sector de Zalapa emite la mayor cantidad de N<sub>2</sub>O por gallinaza con un valor de 2 099,11 N<sub>2</sub>O kg CO<sub>2</sub> eq año, seguido de Amable María con 861,17 N<sub>2</sub>O kg CO<sub>2</sub> eq año y para el sector Carigán un valor de 538,23 kg CO<sub>2</sub>eq.



**Figura 12.** Tasas de emisión equivalentes de N<sub>2</sub>O por suelos agrícolas.

## 7. Discusión

Identificar las fuentes de emisión de  $N_2O$  en un inventario de GEI es un desafío debido a la diversidad de su origen. Para abordar esta problemática en la presente investigación se empleó un mapa de cobertura y uso de suelo para proyectar los sectores identificados por Fong et al. (2014) como fuentes de emisión de  $N_2O$ , los cuales corresponden al sector de agricultura, silvicultura y otros usos de suelo, así como a los subsectores de ganadería y suelos agrícolas. De esta manera, se realizará una aproximación más precisa en la identificación de las fuentes de emisión de  $N_2O$  en la zona de estudio.

El norte de la ciudad de Loja ha sido objeto de un inventario para identificar las principales fuentes de emisión de GEI, específicamente  $N_2O$ . Mediante el mapa se puede evidenciar aquellos usos que el ser humano le da al suelo, de nuestro interés son aquellos usos que según Fong et al. (2014) son fuentes de emisión de  $N_2O$ : cultivos anuales y mosaicos agropecuarios debido al uso de fertilizantes nitrogenados; y pastizales al ser usados como áreas para pastoreo de ganado cuyo estiércol produce  $N_2O$ . En el mapa se indican aquellas extensiones de terreno dedicadas a la agricultura y ganadería siendo las principales fuentes de emisión de  $N_2O$ , tal y como lo menciona Zhang et al. (2019) en su estudio el cual destaca que la producción animal y los fertilizantes nitrogenados son las principales fuentes antropogénicas de emisiones de  $N_2O$ , además señala que la agricultura es responsable del 60 % de sus emisiones globales de  $N_2O$ .

Se ha utilizado el mapa de uso de suelo para observar cómo se distribuyen las áreas agrícolas y ganaderas en la hoya y las extensiones de terreno que corresponden a cada una de ellas. En particular, se ha tomado en cuenta a la ganadería como el uso de suelo pastizales y a la agricultura como uso de suelo: cultivos anuales y mosaicos agropecuarios. La comparación de los resultados de esta investigación con estudios previos realizados en la misma zona ha permitido conocer la evolución de las extensiones de terreno destinadas a la agricultura y ganadería hasta el año 2022.

Tal es el caso de la investigación desarrollada por Medina (2020), en donde analizó el crecimiento urbano de la ciudad de Loja y su influencia sobre los recursos naturales (suelo, recursos hídricos y cobertura vegetal), en el periodo 2009 -2019, sin embargo, para discusión de nuestro estudio solamente se consideró aquel mapa de uso de suelo correspondiente al año

2019, permitiéndonos de esta manera hacer una comparativa entre la expansión de los diversos usos de suelo desde el año 2019 hasta el año 2022.

En el intervalo de tiempo desde el año 2019 hasta el año 2022 en la hoya de Loja se pudo identificar un aumento en las clases de: bosque nativo +1,1 %, cultivo anual +0,73 %, infraestructura +0,35 %, páramo +0,87 %, pastizal +4,24 %, y vegetación arbustiva +3,68 %. Por otro lado, las coberturas que han disminuido son: área poblada -2,95 %, mosaico agropecuario -4,07 %, plantación forestal -0,66 % y vegetación herbácea -3,14 %. En lo que se refiere a las clases de suelo que son de nuestro interés desde el año 2019 hasta el año 2022 los cultivos anuales se han desplazado 202,12 hectáreas. En pastizales ha habido un aumento significativo de alrededor de 1 175,18 hectáreas y para mosaicos agropecuarios estos han disminuido alrededor de 1 129,06 hectáreas. El aumento de las hectáreas de pastizales es preocupante ya que según un estudio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires descubrió que la disminución de la biodiversidad vegetal y el aumento de la productividad de los pastizales determina un incremento de las emisiones de N<sub>2</sub>O.

También, Sotomayor et al. (2021) en su investigación analizó las emisiones de GEI en sistemas agroforestales en la Amazonía Ecuatoriana, utilizando un enfoque de medición directa de las emisiones. Los autores encontraron que los sistemas agroforestales emiten una cantidad significativa de GEI, especialmente CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Sin embargo, también se pueden encontrar que los sistemas agroforestales actúan como sumideros de carbono, lo que puede compensar parte de las emisiones de GEI.

De los tres sectores de estudio los valores de flujo de N<sub>2</sub>O por sistema de gestión del estiércol proveniente del ganado doméstico es de 7,5 t CO<sub>2</sub>eq/año correspondiente a 0,0075 giga gramos (Gg) CO<sub>2</sub> eq, comparando este resultado con el obtenido en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2010, de 185, 3 Gg CO<sub>2</sub>eq, la zona norte de la ciudad de Loja representa el 0,004 % de emisiones de N<sub>2</sub>O a nivel nacional.

Los valores de flujo de N<sub>2</sub>O obtenidos en este estudio a partir de la gestión del estiércol, permitió identificar cual es el ganado que aporta con mayor emisión de N<sub>2</sub>O. De acuerdo con los resultados obtenidos, a pesar de que la categoría de ganado (aves de corral) tiene mayor número, mayor cantidad de estiércol que se volatiliza y mayor fracción de N del estiércol por sistema de manejo del estiércol, el ganado bovino aporta con mayor tasa de emisión debido a



que este tipo de ganado tiene mayor cantidad de N excretado , alrededor de 100 veces mayor, por lo tanto, es normal que el ganado bovino emita mayor emisión de N<sub>2</sub>O (FAO, 2015).

A esto se le acota lo dicho por Groenestein et al. (2018) en su estudio, el cual menciona que el estiércol de las aves de corral tiene una relación C/N más alta que el estiércol del ganado bovino, lo que puede resultar en menores emisiones de N<sub>2</sub>O debido a la limitación de N disponible para la producción de N<sub>2</sub>O. Por otro lado, según un estudio de Ravishankara et al. (2009), el estiércol de vaca tiene un mayor contenido de N (~1.5-2 % de N) que el estiércol de gallina (~1% de N), lo que puede resultar en mayores emisiones de N<sub>2</sub>O, la descomposición microbiana del estiércol también puede influir en la producción de N<sub>2</sub>O, según el estudio de Luo et al. (2017), la descomposición microbiana del estiércol de vaca puede ser diferente a la del estiércol de las gallinas, lo que puede afectar la producción de N<sub>2</sub>O.

En lo que respecta a las tasas de emisión es comparable con la investigación desarrollada por Castro (2018), en el cantón Rumiñahui de la provincia de Pichincha donde obtuvo como resultado 129,40 t CO<sub>2</sub>eq/año por sistema de gestión del estiércol con un número aproximado de ganado de 5 556, incluidos: ganado bovino (lechero y no lechero), aves de corral, ganado ovino, ganado porcino y otros. En nuestra investigación el número de ganado que se tomó en cuenta para la estimación fue de 2 069 cabezas incluyendo el ganado vacuno, porcino, ovino, aves de corral y cuyes, sin embargo, la tasa de emisión fue de solamente 7,9 t CO<sub>2</sub>eq. Este resultado es menor que el obtenido por Castro (2018) esto sucede debido a que en dicha investigación el número de ganado es mayor, sobre todo del ganado bovino que es el responsable de las mayores tasas de emisión de N<sub>2</sub>O por su cantidad de excretas, alrededor de 20 200 kg/año por vaca.

En lo que respecta a las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de suelos agrícolas se pudo evidenciar que la zona norte de la ciudad de Loja contribuye con 11 787,31 kg CO<sub>2</sub>eq año a partir de los fertilizantes gallinaza (fertilizante orgánico) y urea (fertilizante inorgánico), siendo la urea aquella que aporta mayor cantidad, alrededor de 7 497 kg CO<sub>2</sub>eq año y en menor cantidad la gallinaza 3 164,53 kg CO<sub>2</sub> eq año. A nivel nacional representa 0,011Gg es decir el 0,00016 % del total correspondiente de 6 795,00 Gg CO<sub>2</sub>eq según el reporte del Inventario de GEI del año 2010. Este resultado es corroborado por un estudio desarrollado por Tejero (2017), el cual encontró que la aplicación de urea y fertilizantes sintéticos aumenta significativamente las

emisiones de  $N_2O$  en comparación con los fertilizantes orgánicos como la gallinaza. El estudio se llevó a cabo en sistemas agrícolas intensivos en la costa de Hermosillo, México, y se midieron las emisiones de GEI en tres tratamientos: urea, gallinaza y un tratamiento control sin fertilizante. Los resultados mostraron que las emisiones de  $N_2O$  fueron significativamente más altas en el tratamiento de urea en comparación con la gallinaza y control. La razón por la cual la urea y otros fertilizantes sintéticos pueden generar mayores emisiones de  $N_2O$  que los fertilizantes orgánicos como la gallinaza se debe a la forma en que el N es procesado por los microorganismos en el suelo. Cuando se aplica urea, se descompone en amonio, que luego es convertido en nitrato por los microorganismos del suelo en un proceso llamada nitrificación, durante este proceso, se libera  $N_2O$  como subproducto y se emite a la atmósfera. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos como la gallinaza contienen N en forma orgánica que se descompone lentamente en el suelo y es procesado por los microorganismos a través de la mineralización. Este proceso es menos propenso a la emisión de  $N_2O$  que la nitrificación, lo que puede explicar porque los fertilizantes orgánicos generan menos emisiones de  $N_2O$  que los fertilizantes sintéticos.

De igual manera Jordán et al. (2015) concluyó en su estudio que la aplicación de urea y otros fertilizantes sintéticos aumenta significativamente las emisiones de  $N_2O$  en comparación con los fertilizantes orgánicos como el estiércol de gallina. Los autores llevaron a cabo el estudio en México para evaluar las emisiones de GEI en tres tratamientos de N: urea, nitrato de amonio y estiércol de gallina. Los resultados mostraron que la aplicación de urea y nitrato de amonio generó mayores emisiones de  $N_2O$  que el estiércol de gallina, todo esto debido a la forma en que se procesa el N en el suelo.

Dentro de las emisiones de  $N_2O$  por suelos agrícolas existieron emisiones directas e indirectas. Las emisiones directas proceden del N aplicado a los cultivos y /o pasturas y las deyecciones sobre los suelos dedicados a la producción animal, las emisiones indirectas de  $N_2O$  proceden del N aplicado a la agricultura y través del N volatilizado desde los fertilizantes u orina de los animales, así como del lixiviado en profundidad que aparece luego en espejos o cursos de agua (IPCC, 2006). En nuestro estudio las emisiones directas son cuantitativamente superiores a las indirectas. El  $N_2O$  proviene en mayor cantidad de manera directa tanto para la urea como para la gallinaza.

Comparando los resultados obtenidos en nuestra investigación con la investigación desarrollada por Castro, (2018) se pudo constatar que en dicha investigación se emite mayormente N<sub>2</sub>O de manera indirecta, aproximadamente 4 935 kg CO<sub>2</sub>eq año y de manera directa alrededor de 2 424 kg CO<sub>2</sub>eq año. Estos resultados con los obtenidos en nuestra investigación resultan contrarios ya que se obtuvo 10 022 kg de CO<sub>2</sub>eq año de manera directa y 639 kg CO<sub>2</sub>eq año de manera indirecta. Los resultados obtenidos en nuestra investigación son comparables con el estudio de Sainz et al., (2015), el cual encontró que las emisiones directas de N<sub>2</sub>O en los sistemas de cultivo con fertilización nitrogenada fueron mayores que las emisiones indirectas en los sistemas de pastizales. Esto se debe a que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en el suelo puede aumentar la disponibilidad de N, lo que lleva a una mayor producción de N<sub>2</sub>O directamente en el suelo. Por otro lado, en los sistemas de pastizales, la mayor parte del N<sub>2</sub>O se produce indirectamente en la atmosfera a través de la descomposición de la materia orgánica del suelo. Además, los sistemas de pastizales tienden a tener una menor tasa de nitrificación, lo que limita la cantidad de N disponible para producir N<sub>2</sub>O en el suelo. En resumen, la cantidad de emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O en el suelo agrícola puede verse afectada por diversos factores: como el uso del suelo, la fertilización, las prácticas de manejo del suelo y la tasa de nitrificación.

De igual manera para Guerrero et al., (2015), en su investigación descubrió que las emisiones directas de N<sub>2</sub>O aumentan con la cantidad de fertilizante aplicado, mientras que las emisiones indirectas se ven afectadas principalmente por las prácticas de manejo del suelo. Encontró que la mayor parte de las emisiones directas se produjeron principalmente durante la descomposición de la materia orgánica del suelo. Además, que la presencia de un cultivo de cobertura en el sistema agrícola reduce las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O, ya que esta práctica puede aumentar la actividad microbiana del suelo y la retención de carbono orgánico en el mismo.

Las diferentes tasas de emisión presentadas anteriormente se ratificaron con investigaciones desarrolladas en sistemas de producción agrícola en donde demuestran que el N<sub>2</sub>O emitido es respuesta a la fertilización mineral nitrogenada (Kaye et al., 2004), más cuando esta sucede en periodos lluviosos (Ferreira, 2008). Aparte de los cambios en la humedad y temperatura del suelo, el flujo de N<sub>2</sub>O también es influenciado por la disponibilidad de N, ph y la textura del suelo (Horváth et al., 2008).

Esto quiere decir que en su mayoría el  $N_2O$  se produce tras la lixiviación de  $NO_3^-$ , siendo esta una fuente de contaminación para las aguas subterráneas y superficiales desde las cuales pueden producirse también pérdidas de  $N_2O$  gaseoso procedentes de la desnitrificación de  $NO_3^-$  (Cárdenas 2003; Lotero 1993; Mila et al. 1992). El  $NH_3$  volatilizado puede transportarse largas distancias en la atmósfera y reaccionar formando partículas (aerosoles) como nitrato o sulfato amónico (Mészáros, 1999). Además del impacto sobre los ecosistemas naturales: acidificación de suelos, eutrofización de agua y la salud humana, estas partículas depositadas, de forma seca o húmeda vía precipitaciones, suponen una fuente adicional de N susceptible a perderse como  $N_2O$  hacia la atmósfera (Orozco, 1999).

Las directrices del IPCC de 2006 recomiendan que la recopilación de información necesaria para las estimaciones de GEI debe ser llevada a cabo por parte de organismos como las agencias nacionales e internacionales de estadística, sin embargo, también menciona que esta información en algunos casos no está disponible para todos los sitios o a su vez no es actualizada. En la ciudad de Loja la Gerencia de Gestión Ambiental está encargada de dirigir, coordinar y supervisar las actividades técnicas y los procesos de formulación, ejecución, seguimiento, monitoreo y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos para conseguir un ambiente de calidad, sin embargo, este organismo no posee información necesaria que permita la ejecución de proyectos cuyo enfoque esté dado a estimación de GEI, por tal razón en nuestro estudio se recopiló información en campo a partir de encuestas dirigidas directamente a la población responsable de estas actividades, siendo esta información la base para futuras investigaciones.

## 8. Conclusiones

- El estudio de las emisiones de N<sub>2</sub>O en la zona norte de la ciudad de Loja, encontró que la agricultura y la ganadería son las principales fuentes antropogénicas de emisiones de N<sub>2</sub>O, específicamente por el uso de fertilizantes nitrogenados y el estiércol producido por el ganado.
- Durante el periodo de 2019 a 2022, se ha observado un aumento en las extensiones de terreno dedicadas a pastizales y vegetación arbustiva en la hoya de Loja. Además, se ha observado una disminución en las extensiones de terreno dedicadas a mosaicos agropecuarios y plantación forestal.
- La aplicación de fertilizantes sintéticos como la urea contribuye significativamente a las emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas, aumentando la mayor cantidad de emisiones en comparación con los fertilizantes orgánicos como la gallinaza.
- Las emisiones derivadas de la gestión del estiércol son significativamente menores, aproximadamente de 7 497,54 kg CO<sub>2</sub>eq año, en comparación con las emisiones registradas en suelos agrícolas, que alcanzan los 10 661,64 kg CO<sub>2</sub>eq año.
- En los sectores Carigán, Zalapa y Amable María, los diferentes tipos de ganado no tienen un sistema de gestión del estiércol adecuado, por lo que la mayoría de las excretas y purines son vertidos directamente en el suelo.
- En Zalapa, Carigán y Amable María, se ha observado que el ganado bovino es el principal emisor de N<sub>2</sub>O en comparación con los otros tipos de ganado, además, se encontró que Zalapa es el barrio que emite la mayor cantidad de N<sub>2</sub>O, tanto por gestión del estiércol como por emisiones directas e indirectas de suelos agrícolas.

## 9. Recomendaciones

- Realizar mediciones y análisis en períodos más cortos para conocer la acumulación temporal de las emisiones de N<sub>2</sub>O. Así, se pueden identificar patrones y determinar el impacto real de las prácticas de manejo del suelo y del ganado.
- Medir otras variables ambientales como la temperatura, la humedad, el pH y la concentración de nutrientes en el suelo. Estas variables influyen en la producción de N<sub>2</sub>O, por lo que su medición puede ayudar a comprender mejor los mecanismos de emisión de este gas.
- Implementar sistemas de pastoreo rotativo en la ganadería, lo que permite la regeneración del suelo y la reducción de la emisión de N<sub>2</sub>O. Además, puede mejorar la calidad de la hierba y reducir la necesidad de suplementos de alimento, lo que reduce la cantidad de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O.
- Fomentar el uso de técnicas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y la siembra directa para reducir la necesidad de fertilizantes nitrogenados y la emisión de N<sub>2</sub>O. Se debe promover el uso de fertilizantes orgánicos y minimizar la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos.
- Fomentar la investigación en tecnologías innovadoras para reducir la emisión de N<sub>2</sub>O en la producción de ganado y agricultura. Algunas de estas tecnologías podrían incluir: mejorar la calidad del alimento para ganado mediante un menor manejo de los pastizales, especies mejoradas de pasto (mezcla de gramíneas y leguminosas), mezcla de forraje, procesamiento de alimento, fertilización equilibrada, manejo adecuado de los estiércoles (biodigestores), aplicación de rotaciones de cultivos, uso de fertilizantes con inhibidores de procesos microbiológicos, etc.
- Utilizar técnicas de medición más precisas, como cámaras de flujo dinámicas o estáticas cerradas, para obtener datos más precisos y confiables sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O. Estas técnicas deben ser adecuadas para trabajar en campo y minimizar los errores de demostración. Al mejorar la precisión de las mediciones, se pueden actualizar y mejorar los inventarios de gases de efecto invernadero de cada país y ciudad.

## 10. Bibliografía

- Adams, R. (1989). Cambio climático global y agricultura: una perspectiva económica. *Revista estadounidense de economía agrícola*, 71(5), 1272-1279.
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de ingeniería. *Ingeniería En Tabasco*, 11, 333-338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>.
- Arriaga-Jordán, C. M., Velázquez-Martí, B., Saavedra-Márquez, A., González-Pérez, C., y Ojeda-Barrios, D. L. (2015). Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de gases de efecto invernadero en maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1289-1299. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i6.64>.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Recuperado de: [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf).
- Bates, BC, Kundzewicz, S., Wu, S., y Palutikof, JP (Eds.). (2008). El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico VI del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 páginas.
- Bouwman, A., y Boumans, L. (2002). Modelado de las emisiones globales anuales de N<sub>2</sub>O y NO de los campos fertilizados. *Ciclos biogeoquímicos globales*, 16(4), 1080.
- Cárdenas, EA y Panizo, L. (2005). Pasturas sostenibles para el trópico andino de altura de Colombia. En Mara, F., Wilkins, R., Mannelje, L., Lovett, D., Rogers, P., y Boland, T. (Eds.), *Offered papers del XX International Grassland Congress* (p. 704). Dublín, Irlanda: Dublín College University.
- Cardozo, M. (2001). Asimilación del nitrógeno en plantas. Recuperado de [https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion del 20% nitrogeno.pdf](https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion%20del%2020%25%20nitrogeno.pdf).
- Castaño, M., y Medina, M. (2017). Nitrificación: Importancia Medioambiental. Recuperado de <https://www.ugr.es/~cjl/nitrificacion.pdf>.

- Castaño, M., y Medina, M. (2017). Nitrificación: Importancia Medioambiental. Recuperado de <https://www.ugr.es/~cjl/nitrificacion.pdf> .
- Castro, P. (2018). Elaboración de una propuesta de reducción de GEI producidos por la actividad agropecuaria en el cantón Rumiñahui. *UDLA*.
- Davidson, E. A. 2009. The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860. *Nature Geoscience* 2:659-662.
- Delgado, T. (2008). Evolución de la diversidad vegetal en Ecuador ante un escenario de cambio global. Memoria de Tesis Doctoral. Madrid: Departamento de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid. <http://www.kraken.unex.es/krake>.
- Di, H., y Cameron, K. (2006). Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture-key sources and mitigation strategies. *Biol.Fertil. Soils*, 472-480. Editores Internacional Thomson, México.
- EPA (Environmental Protection Agency). (1992). State workbook: methodologies for estimating greenhouse gas emissions and the inventory of US. Greenhouse gas emissions and sinks: 1990- 1994. Washington, D. C. 344 p.
- EPA. (1994). Public Participation Procedures for EPA's Emission Estimation Guidance Materials. *EPA-454/R-94-022*.
- FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura de la Organización de las Naciones Unidas). (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Naciones Unidas. Roma. 97 p. <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/ESPIM/CD-ROM/documents/3B-s.pdf>.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). Estimating greenhouse gas emissions in agriculture. United Nations. Rome. 181 p.
- FAO. (2015). *Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM)*. Obtenido de <https://www.fao.org/gleam/results/es/>.



- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2014). <http://faostat3.fao.org/home/E>. 2014. (Consulta: junio 10, 2015).
- Ferreira, O. (2008). Flujos de gases de efecto invernadero, potencial de calentamiento global y evaluación de emergía del sistema agroforestal quesungual en el sur de Lempira, Honduras. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Palmira, COL.
- Foley, J. A., Ramankutty, K. A., Brauman, E. S., Cassidy, J. S., Gerber, M., Johnston, N. D., Mueller, C. O., Connell, D.K., Ray, P. C., West, C., Balzer, E.M., Bennett, S. R., Carpenter, J., Hill, C., Monfreda, S., Polasky, J., Rockström, J., Sheehan, S., Siebert, D., Tilman., D. P. M., y Zaks, P. (2014). Solutions for a cultivated planet. 2011. *Nature* 478: 337-342.
- Fong, K., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., y Beck, C. (2014). *Protocolo Global para Inventraio de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria*. World Resources Institute.
- Galbally, I., y Meyer, M. (2010). Nitrous oxide emissions from a legume pasture and the influences of liming and urine addition. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 136, 262-272.
- García Alvarez, D., y Camacho Olmedo, M. T. (2022). *Land Use Cover Datasets and Validation Tools* (D. García-Álvarez, M. T. Camacho Olmedo, M. Paegelow, y J. F. Mas (eds.)). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-90998-7>
- García-Tejero, I. (2017). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de agricultura intensiva de la Costa de Hermosillo, México [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Institucional UPCT. <http://hdl.handle.net/10317/6384>.

- Gerber, S., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., y Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gleick, P. H., Cooley, H., y Morikawa, M. (2010). The world's water 2008-2009: The biennial report on freshwater resources. Island Press. Washington, DC, USA.
- Groenestein, CM, Velthof, GL, van Groenigen, JW, van Kessel, C., Kuikman, PJ y Oenema, O. (2018). El destino del nitrógeno en el estiércol durante el almacenamiento y después de la aplicación a la tierra. *Avances en Agronomía*, 150, 139-198. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.05.002>.
- Guayanlema, V. M. (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte al 2012. Tesis en Ing. Química. Carrera de Ingeniería Química, Universidad Central del Ecuador. Ecuador. p 4-6.
- Guerrero, M., Muñoz, C., y Zagal, E. (2015). Direct and indirect N<sub>2</sub>O emissions from soil in a high input agricultural system in Central Chile. *Chemosphere*, 134, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.066>.
- Horváth, L., Grosz, B., Machon, A., Balogh, J., Pintér, K., y Czóbel, S. (2008). Influence of soil type on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> soil fluxes in Hungarian grasslands. *Community Ecol.* 9(S1):75-80. doi:10.1556/ComEc.9.2008. S.11.
- INE -Semarnat, (2011). Recopilación y análisis de los datos de actividad para las categorías de Energía, Procesos Industriales y Utilización de Solventes y otros Productos, para la realización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S.

- IPCC, (2006): Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2006. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K., Plattner, M., Tignor, S.K., Allen, J., Boschung, A., Nauels, Y., Xia, V., y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Jaramillo, M., Núñez, M. E., Ocampo, W., Pérez, D., y Portilla, G. (2004). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*.
- Jordan, A., Zavala, LM, y Gil, J. (2015). Emisiones de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas: efecto de la fertilización nitrogenada. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, (1), 31-38.
- Kaiser, E., y Heinemeyer, O. (1996). Temporal changes in N<sub>2</sub>O-losses from two arable soils. *Plant and soil*, 181: 57-63.
- Kaye, J.P., Burke, I.C., Mosier, A.R., y Guerschman, J.P. (2004). Methane and nitrous oxide fluxes from urban soils to the atmosphere. *Ecol. Appl.* 14:975-981. Doi: 10.1890/03-5115.
- Klein, C. (2006). IPCC. Guidelines for national greenhouse gas inventories. 4 (11):11-54.
- Koops, J., van Beusichem, M. y Oenema, O. Producción de óxido nitroso, su fuente y distribución en parches de orina en pastizales en suelo de turba. *Planta y Suelo* 191, 57–65 (1997). <https://doi.org/10.1023/A:1004285221368>.
- Kramer, SB, Hörtnagl, L., Seidel, SJ, Zechmeister-Boltenstern, S., Butterbach-Bahl, K. y Schnitzler, JP (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero de suelos agrícolas en Austria: 30 años de cambios e impulsores. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 316, 107511.
- Lashof, D., y Ahuja, d. (1990). Relative Contribution of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature*, 344, 529-532.

- Luo, J., Kein, C., Ledgard, S., y Saggar, S. (2010). Management options to reduce nitrous oxide emissions from a dairy farm. *A review. Agr., Ec & Env*, 136, 282-291.
- Luo, J., Chen, D., Zheng, X., Sun, G., Zhang, L., Wang, X. y Wang, C. (2017). Emisiones de óxido nitroso del manejo del estiércol de ganado en China: un metanálisis. *Revista de Gestión Ambiental*, 203, Parte 2, 572-580. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.006>.
- MAE. (2016). Ecuador suscribe Acuerdo de París sobre cambio climático. *Gobierno del Encuentro*, 162.
- MAE. (2016). *Reporte Nacional de Gases de Efecto Invernadero del 2010 de Ecuador*. Quito-Ecuador: DNMCC.
- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Quito, Ecuador: Manthra Comunicación.
- MAG. (2020). *Metodología unificada del levantamiento de Cobertura y Uso de la Tierra y Sistemas Productivos Agropecuarios del Ecuador Continental, escala 1:25.000* (M. de A. y G.-C. G. de I. N. Agropecuaria (ed.)).
- Marschner. (1995). *Uso eficiente del nitrógeno en agricultura: Formas de absorción, aplicación y efectos beneficiosos*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/uso\\_eficiente\\_del\\_nitrogeno\\_agricultura\\_\\_formas\\_absorcion\\_\\_aplicacion\\_y\\_efectos\\_beneficiosos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_nitrogeno_agricultura__formas_absorcion__aplicacion_y_efectos_beneficiosos.asp).
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y Muestreo* (13th ed.).
- Medina, L. (2020). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE LOJA Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES CIRCUNDANTES EN EL PERÍODO 2009 – 2019*. Loja.
- Mendoza de Armas, C., y Jiménez Narváez, G. 2017. Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 70 (2).

- Mengel., y Kirkby. (2001). Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/uso\\_eficiente\\_del\\_nitrogeno\\_agricultura\\_\\_formas\\_absorcion\\_\\_aplicacion\\_y\\_efectos\\_beneficiosos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_nitrogeno_agricultura__formas_absorcion__aplicacion_y_efectos_beneficiosos.asp).
- Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai Kiado.
- Miller, G., 2007, *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, 8va edición.
- Mills, A. J. y Fey, M. V. (2004). SOIL carbon and nitrogen in five contrasting biomes of South Africa exposed to different land uses, *South Africa Journal of Plant and Soil*. Vol. 21. Issue 2. pp 94-103. DOI: 10.1080/02571862.200410635030.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2016). *Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie temporal 1994-2012*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. Quito: Ministerio Del Ambiente.
- Mosier, A. (1998). Closing the global N<sub>2</sub>O budget: Nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle: OEDC/IPCC/IEA phase II development of IPCC guideline for national greenhouse gas methodology. *Nutr.Cycl Agroecosyst*, 52, 225-248.
- Municipio de Loja - Dirección de planificación. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Loja: Municipio de Loja.
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- Oenema, O y Yamulki, S. (1997). Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use Manage*, 13, 288-295.
- Olesen, J., Elsgaard, L., Petersen, S., Ambus, P., y Schjønning, P. (2013). Long-term effects of cropping system on N<sub>2</sub>O emission potential. *Soil Biology and Biochemistry*. 57. 706–712. 10.1016/j.soilbio.2012.08.032.

ONU. (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. New York.

Orozco, H. (1999). Biología del nitrógeno, conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. p. 70-72, 81-84.

Pereyra Cardozo, M. (2001). Asimilación del nitrógeno en plantas., pp.1–16. Available at: [http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion Del nitrogeno.pdf](http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion%20Del%20nitrogeno.pdf).

Poth, M. y D.D. Focht. 1985.  $^{15}\text{N}$  kinetic analysis of  $\text{N}_2\text{O}$  production by *Nitrosomonas europaea*: an examination of nitrifier denitrification. *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 1134-1141.

Pulido, A., Jiménez, R., Turrango, J., y Mendoza, J. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Colombia*. Documentacion.ideam.gov.co. Disponible en: <[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla\\_INGEI.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf)>

Ravishankara, AR, Daniel, JS y Portmann, RW (2009). Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ): La principal sustancia que agota la capa de ozono emitida en el siglo XXI. *Ciencia*, 326 (5949), 123-125. <https://doi.org/10.1126/science.1176985>.

Reay, DS, Davidson, EA, Smith, KA, Smith, P., Melillo, JM, Dentener, F. y Crutzen, PJ (2012). La agricultura mundial y las emisiones de óxido nitroso. *Naturaleza cambio climático*, 2(6), 410-416.

Robertson, P. 2004. Abatement of nitrous oxide, methane, and other non- $\text{CO}_2$  greenhouse gases: The need for a system approach. pp. 493-506. *In*: C. R. Field and M. R. Raupach. (Eds.). *The Global Carbon Cycle Integrating Humans, Climate, and the Nature World*. Scope 62. Island Press. Washington, DC, USA. [Links].

Rodriguez, C., y García, F. (2005). La fijación de nitrógeno atmosférico. *CSIC*, 23-25.

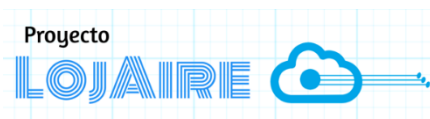
- Sainz, R. D., Díaz-Zorita, M., Blanco-Canqui, H., Lal, R., y Grosso, G. (2015). Direct and indirect nitrous oxide emissions from Argentinean soils under different land uses. *Soil and Tillage Research*, 153, 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.05.008>.
- Schilt, A., Baumgartner, M., Eicher, O., Chappellaz, J., Schwander, J., Fischer, H., y Stocker, T. (2013). The response of atmospheric nitrous oxide to climate variations during the last glacial period. *Geophysical Research Letters*. 40. 1888-1893. 10.1002/grl.50380.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Inventario nacional de emisiones de gases efecto invernadero 1990-2010. México, DF. 384 p.
- Seoáñez Calvo, M. (2000). Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos ilustrada. M.-P. Libros, Ed.
- Shcherbak, I., Millara, N., y Robertson, G. P. (2014). Global meta-analysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions to fertilizer nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Science*. 24(25):9199-9204.
- Smith, K. (Ed.). (2010). *Nitrous Oxide and Climate Change* (1st Ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849775113>.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L., y Fixen, P. E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133: 247-266.
- Spiegel, J., y Maystre, L. (2020). *CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. [en línea]Insst.es. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+55.+Control+de+la+contaminaci%C3%B3n+ambiental>.
- Sotomayor, S., Donoso, P. J., Lascano, C. E., y Cisneros-Zevallos, L. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agroforestales en la Amazonía Ecuatoriana. *Agroecología*, 16(2), 101-111. <https://doi.org/10.18004/agro.v16i2.3372>

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Castel, V., Rosales, M., Rosales, M., y Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Org.
- Taboada, M. (2011). Emisión de gases de efecto invernadero derivados del proceso. 1.
- Taboada, M., Consentino, V., y Constantino, A. (2018). Emisiones de Óxido nitroso desde suelos agrícolas y alternativas para mitigarlas. 1.
- Tejero, I. (2017). Emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en suelos agrícolas. Efecto de los fertilizantes nitrogenados. *Revista de la Asociación Española de Técnicos Cerealistas*, (67), 31-36.
- Tortora, G.J., Funke, B.R., y Case, C.L., 2007. *Introducción a la microbiología* 9, ed., Ed. Médica Panamericana.
- Victoria, M. A. 2019. El cambio climático en la legislación provincial argentina. En V Congreso Nacional de Derecho Agrario Provincial (Corrientes, 3 y 4 de junio de 2019).
- Wang, X., Lin, Y., Shen, G., Chen, X., Chen, Y. y Xie, X. (2019). Exposición ocupacional al óxido nitroso y efectos neurológicos y neuroconductuales: una revisión sistemática y metanálisis. *Perspectivas de salud ambiental*, 127(3), 036003.
- Zhang, Y., Ding, W., Liu, X., Qin, S., y Van Groenigen, J. W. (2019). Agricultural Nitrogen Emissions: A Review of Global Measurement, Reporting, and Mitigation Options. *Environmental Science and Technology*, 53(10), 5649-5663. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06584>.



## 11. Anexos

**Anexo 1.** Encuesta aplicada a los propietarios de las fincas agroganaderas.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**PROYECTO LOJA AIRE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

La presente encuesta se efectúa con fines académicos para recopilar información agropecuaria y de gestión de la tierra en el sector sub urbano de la ciudad de Loja

**Sondeos a los propietarios de la tierra en el sector de estudio**

Código		
UNL	AM	01

**Datos generales**

**Fecha de aplicación:** \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ -2022

**Sector:** \_\_\_\_\_

**1. Dentro de su predio (propiedad), ¿Qué usos le da a su terreno?**

Tipos	Extensión (ha)
Agrícola	
Ganadero	
Mixto	

**Ganadero**

**2. ¿Cuántos animales tiene según la categoría de ganado, y qué edad tienen?**

Categorías principales	Clase	Edades (años)			Raza
		Juvenil	Maduro	Viejo	
Vacuno	Lechero				
	Cárnico				
	Doble propósito				
Ovino	Ovejas maduras				
	Otros ovinos				
Porcino	Maduros				

	En crecimiento				
Aves de corral	Pollo parrillero				
	Ponedoras (gestión en seco)				
	Ponedoras (gestión en húmedo)				
	Aves criadas a campo				
Pavos	Pavos reproducción confiando				
	Pavos para producción carne (confiando)				
	Pavos criados a campo (carne)				
Patos	Patos para reproducción				
	Patos para carne				
Otro ganado	Mulas y asnos				
	Conejos				
	Equinos				
	Gansos				

### 3. ¿Cómo es la gestión del estiércol del ganado?

Tipo de Animales	Sistema de gestión del estiércol	Selección de ítem
Porcinos	Laguna anaeróbica	
	Almacenamiento en pozos	
	Cama profunda	
	Líquido/fango	
	Almacenaje/fango	
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	
	Líquido/Fango	
	Almacenamiento en pozos	
	Corral de engorde	

	Almacenaje de sólidos	
	Distribución diaria	
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	
	Laguna anaeróbica	
	Aves de corral con hojarasca	
Otros vacunos	Corral de engorde	
	Almacenaje de sólidos	
	Cama profunda	
Otros	Cama profunda	
	Almacenaje de sólidos	

#### 4. Usos de la tierra presentes en la finca

Usos de la tierra	Área (ha)	Especies
Pastura natural		
Pastura mejorada		
Granos básicos		
Cultivos perennes		
Bosque secundario		
Instalaciones		
Otro		

#### 5. ¿Piensa en incrementar el número de animales en la ganadería y en qué cantidad? Por tipo de ganado

Sí       No

Cantidad: \_\_\_\_\_

**Agrícola**

**6. ¿Qué tipo de cultivo siembra?**

Tipo de cultivo	Cantidad de terreno (ha)	Tiempo de siembra	Fecha de siembra

**7. ¿Usa algún tipo de fertilizante para sus cultivos, que tipo?**

Tipo de cultivo	Tipo de fertilizante	Fertilizante sintético		Urea		Cal		Abonos orgánicos (desechos, guano)	
		Cant	Frec	Cant	Frec	Cant	Frec	Cant	Frec

**Cant:** Cantidad

**Frec:** Frecuencia

**8. ¿Cree Ud. que el clima ha cambiado a lo largo de su vida?**

Sí       No       No sabe

**9. Ha tenido problemas en la producción de pastizal, explique**

\_\_\_\_\_

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Fuente:** Autoría propia.

## Anexo 2. Valores por defecto para la tasa de excreción de nitrógeno.

CUADRO 10.19 VALORES POR DEFECTO PARA LA TASA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO <sup>a</sup> (KG N (1000 KG MASA ANIMAL) <sup>-1</sup> DÍA <sup>-1</sup> )								
Categoría de animal	Región							
	América del Norte	Europa Occidental	Europa Oriental	Oceanía	América Latina	África	Oriente Medio	Asia
Ganado vacuno	0,44	0,48	0,35	0,44	0,48	0,60	0,70	0,47
Otros vacunos	0,31	0,33	0,35	0,50	0,36	0,63	0,79	0,34
Porcinos <sup>b</sup>	0,50	0,68	0,74	0,73	1,64	1,64	1,64	0,50
Mercado	0,42	0,51	0,55	0,53	1,57	1,57	1,57	0,42
Cria	0,24	0,42	0,46	0,46	0,55	0,55	0,55	0,24
Aves de corral	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Gallinas >= 1 año	0,83	0,96	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Pollas	0,62	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Otros pollos	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Parrilleros	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Pavos	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Patos	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Ovinos	0,42	0,85	0,90	1,13	1,17	1,17	1,17	1,17
Caprinos	0,45	1,28	1,28	1,42	1,37	1,37	1,37	1,37
Caballos (y mulas, asnos)	0,30	0,26	0,30	0,30	0,46	0,46	0,46	0,46
Camélidos <sup>c</sup>	0,38	0,38	0,38	0,38	0,46	0,46	0,46	0,46
Búfalos <sup>c</sup>	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Visón y turón (kg N cabeza <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
(kg CH <sub>4</sub> cabeza <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
Zorro y mapache (kg N cabeza <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09

La incertidumbre de estas estimaciones es de  $\pm 50\%$ .

<sup>a</sup> Resumen de las *Directrices del IPCC de 1996, 1997*; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH<sub>3</sub> Inventory Draft Report, 2004; y datos de inventarios de GEI del Anexo I que las Partes presentaron ante la Secretaría de la CMNUCC en 2004.

<sup>b</sup> La excreción de nitrógeno de los porcinos está basada en una población del país estimada en 90% de porcinos de mercado y 10% de cria.

<sup>c</sup> Modificado de la Agencia Europea de Medio Ambiente, 2002.

<sup>d</sup> Datos de Hutchings *et al.*, 2001.

**Fuente:** Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC.

## Anexo 3. Número de ganado recopilado de las encuestas.

Sector	Categoría de ganado				
	Vacunos	Ovinos	Porcinos	Aves de corral	Cuyes y Conejos
<b>Zalapa</b>	282	52	21	480	337
<b>Carigán</b>	85	22	20	228	124
<b>Amable María</b>	98	3	22	182	139
<b>Total</b>	465	77	63	890	600

**Fuente:** Autoría propia.

**Anexo 4.** Valores por defecto para la fracción de N en la ingesta del ganado.

<b>CUADRO 10.20</b>	
<b>VALORES POR DEFECTO PARA LA FRACCIÓN DE NITRÓGENO EN LA INGESTA DEL GANADO QUE RETIENEN LAS DIFERENTES ESPECIES/CATEGORÍAS DE GANADO (FRACCIÓN DE INGESTA DE N RETENIDA POR EL ANIMAL)</b>	
<b>Categoría de ganado</b>	<b><math>N_{\text{retención(T)}}</math> (kg N retenido/animal/año) (kg ingesta N/animal/año)<sup>-1</sup></b>
Vacas lecheras	0,20
Otros vacunos	0,07
Búfalo	0,07
Ovinos	0,10
Caprino	0,10
Camélidos	0,07
Porcinos	0,30
Equinos	0,07
Aves de corral	0,30
La incertidumbre de estas estimaciones es de $\pm 50\%$ .	
Fuente: Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC (véase Co-chairs, Editors and Experts; N <sub>2</sub> O emissions from Manure Management).	

**Fuente:** Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC.

**Anexo 5.** Valores por defecto para la pérdida de N debido a su volatilización.

<b>CUADRO 10.22</b> <b>VALORES POR DEFECTO PARA PÉRDIDA DE NITRÓGENO DEBIDA A VOLATILIZACIÓN DE NH<sub>3</sub> Y NO<sub>x</sub> DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL</b>		
<b>Tipo de animales</b>	<b>Sistema de gestión del estiércol (MMS)<sup>a</sup></b>	<b>Pérdida de N del MMS debido a la volatilización de N-NH<sub>3</sub> y N-NO<sub>x</sub> (%)<sup>b</sup></b> <b>Frac<sub>GasMS</sub> (Rango de Frac<sub>GasMS</sub>)</b>
Porcinos	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Almacenamiento en pozos	25% (15 – 30)
	Cama profunda	40% (10 – 60)
	Líquido/fango	48% (15 – 60)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	35% (20 – 80)
	Líquido/Fango	40% (15 – 45)
	Almacenamiento en pozos	28% (10 – 40)
	Corral de engorde	20% (10 – 35)
	Almacenaje de sólidos	30% (10 – 40)
	Distribución diaria	7% (5 – 60)
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)
	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Aves de corral con hojarasca	40% (10 – 60)
Otros vacunos	Corral de engorde	30% (20 – 50)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
	Cama profunda	30% (20 – 40)
Otros <sup>c</sup>	Cama profunda	25% (10 – 30)
	Almacenaje de sólidos	12% (5 – 20)

<sup>a</sup> Aquí, el sistema de gestión del estiércol incluye las pérdidas asociadas de N en el ámbito de los animales y en el sistema de almacenamiento final.

<sup>b</sup> Tasas de volatilización basadas en el Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y en las siguientes fuentes: Rotz (2003), Hutchings *et al.* (2001), y U.S EPA (2004).

<sup>c</sup> Otros incluye ovinos, equinos y pelíferos.

**Fuente:** Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC.

**Anexo 6.** Fracción de fertilizante nitrogenado sintético que se volatiliza.

IPCC Area	Frac_GASF
Indian Subcontinent	0.10
Eastern Europe	0.10
Africa	0.10
Oceania	0.10
Western Europe	0.10
Latin America	0.10
Asia	0.10
Middle east	0.10
Northern America	0.10

**Fuente:** (IPCC, 2006)

**Anexo 7.** Factor de emisión para las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de la deposición atmosférica.

IPCC Area	EF4
Indian Subcontinent	0.01
Eastern Europe	0.01
Africa	0.01
Oceania	0.01
Western Europe	0.01
Latin America	0.01
Asia	0.01
Middle east	0.01
Northern America	0.01

**Fuente:** (IPCC, 2006)

**Anexo 8.** Porcentaje de pérdidas de nitrógeno debido a la escorrentía y la lixiviación en MS, por área del IPCC.

IPCC Area	FracLeachMS
Indian Subcontinent	0.10
Eastern Europe	0.10
Africa	0.10
Oceania	0.10
Western Europe	0.10
Latin America	0.10
Asia	0.10
Middle east	0.10
Northern America	0.10

**Fuente:** (IPCC, 2006)



**Anexo 9.** Factor de emisión para las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por lixiviación y escorrentía.

IPCC Area	EF5
Indian Subcontinent	0.0075
Eastern Europe	0.0075
Africa	0.0075
Oceania	0.0075
Western Europe	0.0075
Latin America	0.0075
Asia	0.0075
Middle east	0.0075
Northern America	0.0075

**Anexo 10.** Información general de los tres sectores de estudio obtenida a partir de las encuestas.

N° de encuesta	Sector	Coordenadas		Tipo de Finca
		Latitud	Longitud	
1	Carigán	694666,14	9557171,27	Mixta
2	Carigán	694008,91	9556051,82	Ganadera
3	Carigán	693850,16	9557115,45	Mixta
4	Carigán	694385,15	9557950,47	Ganadera
5	Carigán	693470,75	9557779,02	Ganadera
6	Carigán	693778,72	9558582,83	Agrícola
7	Carigán	693048,47	9558475,67	Ganadera
8	Carigán	692738,91	9559281,33	Ganadera
9	Carigán	693810,47	9559146,39	Agrícola
10	Carigán	694905,85	9559590,89	Ganadera
11	Carigán	693739,03	9560011,58	Ganadera
12	Carigán	693466,78	9560714,53	Ganadera
12	Carigán	694846,12	9560943,51	Agrícola
14	Carigán	692679,38	9562479,83	Ganadera
15	Carigán	694279,05	9562178,47	Agrícola
16	Carigán	693641,40	9563363,81	Ganadera
17	Carigán	694236,72	9565284,69	Ganadera
18	Carigán	696525,37	9564977,77	Ganadera
19	Carigán	694800,33	9564399,00	Agrícola
20	Carigán	693212,25	9565204,78	Ganadera
1	Zalapa	695360,23	9565218,01	Mixta
2	Zalapa	694659,08	9565773,64	Ganadera
3	Zalapa	693891,79	9565727,33	Mixta
4	Zalapa	693190,64	9566005,15	Ganadera
5	Zalapa	693838,87	9566693,07	Ganadera
6	Zalapa	695320,54	9566282,96	Mixta
7	Zalapa	694606,16	9566825,36	Agrícola
8	Zalapa	695320,54	9566984,11	Ganadera

9	Zalapa	696074,60	9565733,95	Agrícola
10	Zalapa	696140,75	9566706,30	Ganadera
11	Zalapa	697371,07	9566177,13	Ganadera
12	Zalapa	697000,65	9567261,92	Mixta
13	Zalapa	697820,86	9567903,54	Mixta
14	Zalapa	699183,46	9567956,45	Ganadera
15	Zalapa	694628,21	9567536,65	Mixta
16	Zalapa	695949,02	9567825,04	Ganadera
17	Zalapa	693527,54	9568146,78	Agrícola
18	Zalapa	696016,75	9568648,43	Mixta
19	Zalapa	694784,85	9568832,58	Mixta
20	Zalapa	697566,15	9568877,03	Ganadera
21	Zalapa	698658,35	9569258,03	Ganadera
22	Zalapa	697451,85	9570000,98	Ganadera
23	Zalapa	699483,86	9570159,73	Mixta
24	Zalapa	696385,05	9569810,48	Agrícola
25	Zalapa	694657,85	9569937,48	Mixta
26	Zalapa	693171,94	9570153,38	Ganadera
27	Zalapa	694226,04	9570851,88	Ganadera
28	Zalapa	695943,72	9571228,44	Agrícola
29	Zalapa	698385,30	9570928,40	Mixta
30	Zalapa	699464,81	9571518,95	Ganadera
31	Zalapa	698550,40	9572052,35	Ganadera
32	Zalapa	698055,10	9571531,65	Mixta
33	Zalapa	699337,81	9572674,65	Ganadera
34	Zalapa	697051,80	9571607,85	Mixta
35	Zalapa	695324,60	9571861,85	Mixta
36	Zalapa	694194,29	9571957,10	Mixta
37	Zalapa	693127,49	9571658,65	Mixta
38	Zalapa	693965,69	9572960,40	Mixta
39	Zalapa	696010,40	9572509,55	Mixta
40	Zalapa	695146,80	9572642,90	Ganadera
42	Zalapa	697191,50	9572325,40	Mixta
42	Zalapa	695438,90	9573506,51	Mixta
43	Zalapa	696478,30	9573481,57	Ganadera
44	Zalapa	697650,82	9573747,81	Mixta
45	Zalapa	698812,66	9573209,85	Ganadera
1	Amable María	701194,04	9561462,89	Mixta
2	Amable María	701962,57	9561016,53	Ganadera
3	Amable María	702999,74	9561831,45	Ganadera
4	Amable María	703473,34	9562690,03	Ganadera

5	Amable María	701343,44	9562425,44	Ganadera
6	Amable María	700286,70	9561957,13	Ganadera
7	Amable María	702190,11	9563966,64	Ganadera
8	Amable María	700020,59	9562671,33	Mixta
9	Amable María	699032,10	9563140,17	Mixta
10	Amable María	700249,72	9563463,76	Ganadera
11	Amable María	700814,34	9564465,74	Ganadera
12	Amable María	701555,35	9565417,36	Mixta
13	Amable María	700376,37	9565077,63	Mixta
14	Amable María	699361,07	9564607,66	Agrícola
15	Amable María	698343,48	9564203,96	Mixta
16	Amable María	699850,02	9565979,58	Mixta
17	Amable María	699879,13	9564502,67	Mixta
18	Amable María	699068,97	9565260,44	Ganadera
19	Amable María	698145,57	9565432,16	Mixta
20	Amable María	697205,24	9565638,88	Ganadera

**Anexo 11.** Cantidad de ganado por categoría para los 3 sectores de estudio.

N° de encuesta	Sector	Tipo de Ganado				
		Bovino	Ovino	Porcino	Aves de corral	Cuyes
1	Carigán	8	2		25	15
2	Carigán	14				13
3	Carigán	7			13	11
4	Carigán	18			15	18
6	Carigán	22			23	8
7	Carigán	10				
9	Carigán	9	9		14	
10	Carigán	22			10	13
11	Carigán	10			17	17
13	Carigán	2			10	14
15	Carigán	7			17	
16	Carigán	1			18	
17	Carigán	8	3		13	

19	Carigán	3	9			
0	Zalapa	5		3	10	
1	Zalapa	5			30	
2	Zalapa	4				
3	Zalapa	5	4	4	13	
4	Zalapa	7				
7	Zalapa	5			15	10
9	Zalapa	10	5			
10	Zalapa	6			13	
11	Zalapa	4			11	
12	Zalapa	2				
13	Zalapa	20		3	20	30
15	Zalapa	15			30	
17	Zalapa	2	5	4	10	
19	Zalapa	3		3		
20	Zalapa	8			9	
21	Zalapa	12				
22	Zalapa	11			10	
24	Zalapa	6				11
25	Zalapa	5	7		10	
26	Zalapa	7			17	
28	Zalapa	4				
29	Zalapa	4			15	
30	Zalapa	9				
31	Zalapa	2			15	
32	Zalapa	6			20	
33	Zalapa	19				
34	Zalapa	11	2	3	17	
35	Zalapa	4	9		13	
36	Zalapa	8	4		11	
37	Zalapa	2	3		5	
39	Zalapa	4			13	
40	Zalapa	7				
41	Zalapa	4	4		9	
42	Zalapa	5	4		7	
43	Zalapa	5				
44	Zalapa	7				
1	Amable María	1			7	18
2	Amable María	5			5	
3	Amable María	2				
4	Amable María	4			15	15
5	Amable María	40				

6	Amable María	7			15	50
7	Amable María	4		1	5	
9	Amable María	2			10	15
10	Amable María	1		10	12	25
11	Amable María	15	4	1		
12	Amable María	7			20	
13	Amable María	5				
14	Amable María	6			10	16
15	Amable María	5	2	4	8	
16	Amable María	4			15	
17	Amable María	5		1		
Total		465	77	37	890	600

**Anexo 12** Tipo de fertilizante usado más frecuente en los tres sectores de estudio.

N° de encuesta	Sector	Tipo Cultivo	(Ha)	Tipo de fertilizante	Abono aplicado (kg)
1	Carigán	Maíz	1,5	Urea	150
6	Carigán	Legumbres	1	Gallinaza	100
3	Carigán	Verduras	1	Gallinaza	150
9	Carigán	Maíz	3	Urea	1350
13	Carigán	Legumbres	1	Gallinaza	50
15	Carigán	Verduras	1	Gallinaza	150
19	Carigán	Verduras	0,5	Gallinaza	50
1	Zalapa	Verduras	1	Gallinaza	100
3	Zalapa	Legumbres	0,5	Gallinaza	100
6	Zalapa	Legumbres	0,5	Gallinaza	200
7	Zalapa	Maíz	1	Urea	350
9	Zalapa	Maíz	2	Urea	450
12	Zalapa	Maíz	0,5	Urea	150
13	Zalapa	Legumbres	0,5	Gallinaza	100
15	Zalapa	Verduras	1	Gallinaza	100
17	Zalapa	Verduras	2	Gallinaza	150

18	Zalapa	Maíz	3	Urea	350
19	Zalapa	Verduras	0,5	Gallinaza	100
23	Zalapa	Legumbres	1	Gallinaza	150
24	Zalapa	Maíz	6	Urea	650
25	Zalapa	Verduras	1	Gallinaza	100
28	Zalapa	Verduras	1,5	Gallinaza	200
29	Zalapa	Legumbres	1,5	Gallinaza	200
32	Zalapa	Maíz	3	Urea	350
34	Zalapa	Maíz	1,5	Urea	250
35	Zalapa	Legumbres	2	Gallinaza	200
36	Zalapa	Maíz	3	Urea	350
37	Zalapa	Legumbres	1	Gallinaza	100
38	Zalapa	Maíz	0,5	Urea	100
39	Zalapa	Legumbres	1	Gallinaza	100
41	Zalapa	Maíz	0,5	Urea	150
42	Zalapa	Verduras	0,5	Gallinaza	50
44	Zalapa	Maíz	0,5	Urea	100
1	Amable María	Legumbres	1,25	Gallinaza	100
8	Amable María	Legumbres	1	Gallinaza	100
9	Amable María	Verduras	0,5	Gallinaza	50
12	Amable María	Legumbres	1	Gallinaza	100
13	Amable María	Verduras	0,5	Gallinaza	100
14	Amable María	Verduras	0,5	Gallinaza	50
15	Amable María	Verduras	0,25	Gallinaza	50
16	Amable María	Verduras	1,5	Gallinaza	100
17	Amable María	Legumbres	1	Gallinaza	100
19	Amable María	Legumbres	0,5	Gallinaza	50

**Anexo 13.** Encuestas a propietarios de las fincas.



**Anexo 14.** Toma de puntos de control.



**Anexo 15.** Afiches dirigidos a las comunidades sobre la aplicación de encuestas.



**Anexo 16.** Cultivos Agrícolas en la zona norte de la ciudad de Loja.





**Anexo 17.** Pastizales en la zona norte de la ciudad de Loja.



**Anexo 18.** Presencia de excretas procedentes del ganado bovino.



**Anexo 19.** Certificado de traducción del Abstract.



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza  
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés  
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087  
Email: [yaniges@icloud.com](mailto:yaniges@icloud.com)  
Loja, Ecuador 110104

Loja, 13 de abril 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de Trabajo de Integración Curricular **Emisiones de Óxido Nitroso producidas por actividades agroganaderas en la zona norte de la ciudad de Loja**, cuya autoría del estudiante Marco Starman Zeas Sarango, con cédula 1105314494, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA  
BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZ  
A  
Firmado digitalmente por  
YANINA BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Fecha:  
2023.04.16  
22:01:02 -05'00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora freelance**

*Full text translator: servicios de traducción*