



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Estimación indirecta de Gases de Efecto Invernadero (CH₄, N₂O), en el sector agrícola y ganadero al sur de la Ciudad de Loja

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

AUTORA:

Ginger Briggithe Merino Galvez

DIRECTOR:

Ing. Vinicio Erasmo Alvarado Jaramillo. *M.Sc.*

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 15 de septiembre de 2022

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo *M.Sc.*

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estimación indirecta de Gases de Efecto Invernadero (CH₄, N₂O), en el sector agrícola y ganadero al sur de la Ciudad de Loja** de autoría de la estudiante **Ginger Brigitte Merino Galvez**, con cédula de ciudadanía N° **1150069100** previa a la obtención del título de **Ingeniera Ambiental**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.



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

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo *M.Sc.*

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Ginger Briggithe Merino Galvez**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**GINGER
BRIGGITHE
MERINO GALVEZ**

Cédula de identidad: 1150069100

Fecha: 22 de marzo del 2023

Correo electrónico: ginger.merino@unl.edu.ec

Teléfono: 0959923200

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

Yo, **Ginger Brigitte Merino Galvez**, declaro ser autora del presente **Trabajo de Integración Curricular** denominado: **Estimación indirecta de Gases de Efecto Invernadero (CH₄, N₂O), en el sector agrícola y ganadero al sur de la Ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera 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 veintidós días del mes de marzo del dos mil veintitrés.



Firma:

Autora: Ginger Brigitte Merino Galvez

Cédula: 1150069100

Dirección: Catamayo, Barrio San Antonio

Correo electrónico: ginger.merino@unl.edu.ec

Teléfono: 0959923200

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo
M.Sc

Dedicatoria

El presente trabajo de integración curricular se lo quiero dedicar a Dios y a mi familia en especial a mis padres Francisco Merino y Mirian Galvez, por tantos años de sacrificio y apoyo incondicional, por su inagotable cariño y amor, por ser mi fuente de inspiración y la razón de ser alguien en la vida.

A mis hermanos Bryan y Domenica, por toda la ayuda brindada, por su confianza, su amor y cariño hacia mi persona.

A mis tres angelitos que siempre han guiado mi camino en el transcurso de mi carrera, a mi hermana Briggithe, bisabuela Josefina y mi abuelo Javier que desde el cielo me bendicen siempre.

A mi querida tía Hna. Mélida y abuela Mercedes por sus oraciones, cariño, consejos y amor que me ayudaron mucho en mi lucha para conseguir mis sueños con responsabilidad y constancia.

Ginger Briggithe Merino Galvez

Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecerle a Dios, por regalarme la vida, la capacidad, perseverancia y responsabilidad para terminar con éxito mis estudios y este trabajo de investigación.

A mis padres Francisco Merino y Mirian Galvez, hermanos, a mis abuelos Mercedes, Fulvio y Cristina, a mi tía Hna. Mérida por sus oraciones, mis tíos, primos y familia por todo el apoyo recibido durante mis estudios y mi vida entera, gracias por confiar en mí.

A los catedráticos de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Loja, por brindarme sus conocimientos y apoyo durante toda mi formación profesional.

A mi director del Trabajo de Integración Curricular Ing. Vinicio Alvarado *M.Sc.*, por la asesoría y experiencia investigativa que permitió el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento a los Ingenieros. Carlos Chuncho, Marjorie Díaz, Aura Paucar, Diana Ochoa, Raquel Hernández, Santiago García quien de manera desinteresada supieron brindarme su ayuda para el desarrollo de la misma.

A mis compañeros de curso por su cariño y amistad brinda en el transcurso de toda la carrera, siempre los recordaré.

Ginger Brigitte Merino Galvez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Calidad del aire	6
4.2. Cambio Climático	7
4.2.1. Efecto Invernadero y Gases de Efecto Invernadero.....	7
4.2.1.1. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	9
4.2.1.2. Metano (CH ₄)	9
4.2.1.3. Óxido nitroso (N ₂ O).....	10
4.3. Emisiones de CH ₄ y N ₂ O a la atmósfera por actividades agrícolas y ganaderas	10
4.4. Proyecciones de los impactos del cambio climático en la salud humana, en la agricultura y en la ganadería.....	11
4.5. Método del IPCC para el cálculo de GEI.....	12

4.5.1. Métodos para estimar emisiones provenientes de la ganadería	13
4.5.2. Métodos para estimar emisiones provenientes de la agricultura.....	14
4.6. Marco Legal	15
5. Metodología	16
5.1. Área de estudio.....	16
5.2. Determinación de la distribución de las fuentes potenciales de emisiones de CH ₄ y N ₂ O en el área agrícola y ganadera en la zona sur de la ciudad de Loja.....	17
5.3. Estimación de las emisiones de CH ₄ y N ₂ O en el área de estudio, aplicando la metodología nivel 1 del IPCC	18
5.4. Elaboración de mapas de inventario de emisiones de CH ₄ y N ₂ O y distribución de fuentes en la zona de estudio	22
5.5. Procesamiento y análisis de datos	22
6. Resultados	23
6.1. Determinación de la distribución de las fuentes potenciales de emisiones de CH ₄ y N ₂ O en el área agrícola y ganadera en la zona sur de la ciudad de Loja.....	23
6.2. Estimación de las emisiones de CH ₄ y N ₂ O en el área de estudio, aplicando la metodología nivel 1 del IPCC	30
6.3. Elaboración de mapas de inventario de emisiones de CH ₄ y N ₂ O y distribución de fuentes en la zona de estudio	34
6.4. Análisis estadístico	39
7. Discusión	40
7.1. Uso de suelo	40
7.2. Estimaciones de metano (CH ₄) y óxido nitroso (N ₂ O) en la zona de estudio	41
7.3. Mapa de inventario de emisiones en el área de estudio.....	42
8. Conclusiones	44
9. Recomendaciones	45
10. Bibliografía	46
11. Anexos	54

Índice de tablas

Tabla 1. Actividades agrícolas y pecuarias generadoras de dichos gases de GEI.....	9
Tabla 2. Cabezas de ganado especie/categoría.....	19
Tabla 3. Factores de emisión por fermentación entérica.....	20
Tabla 4. Factores de emisión por gestión de estiércol.....	21
Tabla 5. Clases de cobertura y uso de suelo de la hoya de Loja 2022.	23
Tabla 6. Cobertura y uso de suelo de la zona suburbana al sur de la hoya de Loja 2022.	25
Tabla 7. Número de animales por tipo de ganado en las zonas de muestreo.	28
Tabla 8. Tipo y cantidad de fertilizante aplicado a los cultivos en las en las zonas de muestr	29
Tabla 9. Fuentes potenciales de emisiones de CH ₄ y N ₂ O.....	29
Tabla 10. Emisiones de CH ₄ , por fermentación entérica en la zona ganadera.	31
Tabla 11. Emisiones de CH ₄ , por gestión del estiércol en la zona ganadera.	33
Tabla 12. Emisiones de N ₂ O por uso de gallinaza y abono azul en la zona agrícola.	34
Tabla 13. Análisis descriptivo para las estimaciones de CH ₄ y N ₂ O.....	39

Índice de figuras

Figura 1. Diferencia entre el efecto invernadero por causas naturales y el aumentado por el hombre.	8
Figura 2. Área de estudio.	17
Figura 3. Cobertura y uso del suelo de la hoya de Loja del año 2022.	24
Figura 4. Cobertura y uso de suelo para el año 2022. Área de estudio, zona sur de la hoya de Loja (polígono azul).	26
Figura 5. Mapa de la zona de estudio donde se identifica los puntos donde se realizaron las encuestas. Área de estudio, zona sur de la hoya de Loja (polígono azul).....	27
Figura 6. Emisiones de CH ₄ por número y tipo de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.....	30
Figura 7. Total, de emisiones de CH ₄ por número de cabezas de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.	31
Figura 8. Emisiones de CH ₄ por número y tipo de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.	32
Figura 9. Total, de emisiones de CH ₄ por número de cabezas de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.	33
Figura 10. Emisiones de N ₂ O, por la agricultura en los sectores de muestreo (uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos).	34
Figura 11. Distribución espacial de las fuentes de emisión de CH ₄ por fermentación entérica en el área de estudio donde se indican las áreas con mayor emisión a) Ubicación en el cantón Loja; b) Mapa de uso del suelo de pastizal.	36
Figura 12. Distribución espacial de las fuentes de emisión de CH ₄ por gestión de estiércol en el área de estudio donde se indican las áreas con mayor emisión a) Ubicación en el cantón Loja; b) Mapa de uso del suelo de pastizal.	37
Figura 13. Distribución espacial de las fuentes de emisión de N ₂ O en el área de estudio donde se indican las áreas con mayor emisión a) Ubicación en el cantón Loja; b) Mapa de uso del suelo de cultivo anual y mosaico agropecuario.	38
Figura 14. Boxplot de diferencias significativas entre los sectores de muestreo	39

Índice de anexos

Anexo 1. Diseño de la encuesta a los propietarios de la tierra.....	54
Anexo 2. Coordenadas de los puntos donde se realizaron muestreos en los tres sectores de muestreo.....	57
Anexo 3. Factor de emisión y número de ganado según la categoría por finca y sector.	59
Anexo 4. Factor de emisión y número de ganado según la categoría por finca y sector.	61
Anexo 5. Factor de emisión y cantidad en kg/ha de gallinaza y abono azul por finca y sector.	62
Anexo 6. Distribución y tendencia de los datos.....	63
Anexo 7. Distribución y normalidad de datos.....	63
Anexo 8. Encuestas dirigidas a los ganaderos y agricultores de la zona sur de la ciudad de Loja.	64
Anexo 9. Certificación de traducción del Abstract.	68

1. Título

Estimación indirecta de Gases de Efecto Invernadero (CH₄, N₂O), en el sector agrícola y ganadero al sur de la Ciudad de Loja

2. Resumen

El cambio climático se refiere a las modificaciones en cualquier aspecto del clima, es ocasionado por Gases de Efecto Invernadero, que tienen como fuentes principales el sector agrícola y ganadero, siendo estos los responsables del 80 % del total de emisiones a nivel mundial. Sin embargo, en la zona sur suburbana de la ciudad de Loja estas son importantes fuentes de ingresos económicos para las familias. La presente investigación se realizó con la finalidad de cuantificar de manera indirecta el CH₄ en la ganadería y N₂O en la agricultura en la zona sur de la ciudad de Loja. Para cumplir los objetivos se utilizó el método de clasificación supervisada para el uso de suelo, y una encuesta dirigida al sector agrícola y ganadero; además, se consideró la metodología nivel 1 propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para estimar las emisiones de GEI; con ayuda de la herramienta Kernel Density del *software ArcGis*, se realizó mapas de calor para identificar la distribución de fuentes en la zona de estudio. Los resultados muestran que para el año 2022 predomina la clase pastizal que son zonas potenciales de potreros con un total de 2 417,87 hectáreas, y el cultivo anual y mosaicos agropecuarios con 146,63 hectáreas que son áreas de posibles emisiones de N₂O; en el sector ganadero se obtuvieron estimaciones de 671,97 kgCO₂eq por fermentación entérica y 11,88 kgCO₂eq por gestión del estiércol, y el sector agrícola emite 189,67 kgCO₂eq a la atmósfera por el uso de gallinaza y abono azul. La distribución de fuentes de emisión se presentó en la zona media y baja al sur de la ciudad de Loja, las emisiones de CH₄ representan apenas el 2,02E-11 % del total nacional por fermentación entérica y por gestión del estiércol (3,57E-13 % del total nacional), en cambio el N₂O para suelos agrícolas obtiene valores de 5,70E-12 % de las emisiones a nivel nacional; en este sentido en comparación con los datos de emisiones totales por fermentación entérica (44,32 %), gestión del estiércol (2,63 %) y suelos agrícolas (46,81 %), de acuerdo al último Reporte del Inventario Nacional de GEI del año 2010, son bajos. Sin embargo, es necesario implementar medidas sostenibles que disminuyan las emisiones de GEI, para contribuir a la disminución global de los efectos del cambio climático.

Palabras clave: Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero (GEI), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

2.1. Abstract

Climate change refers to changes in any aspect of the climate and is caused by greenhouse gases, whose main sources are the agricultural and livestock sectors, which are responsible for 80% of total emissions worldwide. However, in the south suburban area of the city of Loja these are important sources of economic income for families. This research was carried out with the purpose of indirectly quantifying CH₄ in livestock and N₂O in agriculture in the southern area of the city of Loja. To meet the objectives, we used the supervised classification method for land use and a survey directed to the agricultural and livestock sector; we also considered the Tier 1 methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) to estimate GHG emissions; with the help of the Kernel Density tool of the ArcGis software, heat maps were made to identify the distribution of sources in the study area. Results show that for the year 2022, the predominant class is pastureland, which are potential pasture areas with a total of 2 417,87 hectares, and annual crops and agricultural mosaics with 146,63 hectares, which are areas of potential N₂O), emissions. In the livestock sector, estimates were obtained of 671,97 kgCO₂eq from enteric fermentation and 11,88 kgCO₂eq from manure management, and the agricultural sector emits 189,67 kgCO₂eq into the atmosphere from the use of poultry manure and blue manure. The distribution of emission sources was presented in the middle and lower zone south of the city of Loja, CH₄ emissions represent only 2,02E-11 % of the national total due to enteric fermentation and manure management (3,57E-13 % of the national total). On the other hand, N₂O), for agricultural soils obtains values of 5,70E-12 % of emissions at the national level; in this sense, in comparison with the data for total emissions from enteric fermentation (44,32 %), manure management (2,63 %) and agricultural soils (46,81 %), according to the last National GHG Inventory Report of 2010, they are low. Nonetheless, it is necessary to implement sustainable measures to reduce GHG emissions in order to contribute to the global reduction of the effects of climate change.

Keywords: Climate change, Greenhouse gases (GHGs), methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

3. Introducción

En la actualidad, a nivel mundial, existe uno de los fenómenos más extremos, denominado cambio climático, que se caracteriza porque la temperatura promedio global ha aumentado en 0,74°C desde 1850 y se pronostican incrementos de 1°C a 6°C para el 2100 (Harvey, 2008). El calentamiento global ha provocado una mayor frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos como: lluvias intensas, inundaciones, olas de calor, sequías y desertificación en la mayoría de las regiones terrestres (IPCC, 2020). El aumento de cambio climático aún sigue siendo un reto, para todos los países del mundo, dado que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de cualquier fuente (individuo, empresa, país), afectan directamente al bienestar humano y ecológico; un aspecto clave para llevar de mejor manera la reducción de emisiones, es la cooperación internacional de las políticas locales, nacionales y regionales (IPCC, 2014).

La Tierra tiene una temperatura máxima de 33°C, y con un promedio de 15°C de temperatura es idóneo para la vida humana, esto se debe a la presencia de pequeñas cantidades de vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) que son los principales GEI, sin la presencia de estos, la temperatura media de la Tierra sería de -18°C (Gay y Estrada, 2010). Estos gases de manera natural se liberan a la atmósfera por la respiración de las plantas, descomposición de la biomasa vegetal muerta y la materia orgánica del suelo, tienen la capacidad de absorber una porción de las radiaciones solares infrarrojas que se reflejan de la superficie terrestre e impide que sea emitida al espacio, formando así el efecto de invernadero natural del planeta (Denman et al., 2007).

Las condiciones naturales de las emisiones de GEI se han modificado por las formas y estilos de vida de las personas impuestos en la actualidad; por ejemplo, el sistema de consumo. Hoy en día es común observar cómo las megas ciudades continúan en su insaciable consumo de recursos como los productos de la ganadería, de la agricultura y los derivados de los combustibles fósiles, sin que haya conciencia ambiental en sus ciudadanos ni autoridades (Coady et al., 2015). Y en áreas rurales, las actividades agrícolas son la cuarta causa de las emisiones de GEI, incluyendo al N₂O y el CH₄ con un dominio de calentamiento 265, y 28 veces mayor, en comparación con el CO₂ (IPCC, 2013). Se ha estimado que las actividades de la agricultura emiten CO₂ en un 25 %, CH₄ de 55-60 %, y N₂O de 65-80 % (Robertson, 2004).

En el sector agropecuario, las emisiones más altas provienen de la ganadería, con el 14,5 % de las emisiones de GEI, donde el 44 % está compuesto de CH₄, 29 % de N₂O y 27 % de CO₂ (Gerber et al., 2013). Estos gases provocan cambios superpuestos a estos flujos naturales; cuando estos gases aumentan en la atmósfera impiden que los rayos solares vayan al exterior y los absorben, ocasionando el calentamiento global que va de la mano con el cambio climático (IPCC, 2013).

En Ecuador la generación principal de GEI es el sector energético con 11 724,12 Gg de CO₂eq (Giga gramos CO₂ equivalentes), en segundo lugar, se encuentra el sector Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) con 0,020435 Gt de CO₂eq, y en tercer lugar está el sector agricultura con un 0,004571 Gt de CO₂eq, los dos últimos sectores en conjunto constituyen la mitad de emisiones de GEI en el país (MAE, 2016). Así mismo, se contabilizan que las emisiones CH₄ de 44,32 % por fermentación entérica y el 2,63% por gestión del estiércol, además el sector agrícola emite un 14,25 % por cultivo de arroz; con respecto al N₂O por suelos agrícolas se emite a la atmosfera el 46,81 % (MAE, 2016).

En el cantón Loja existen 11 234 personas dedicadas a la agricultura y ganadería, el 75 % vive en la zona rural y el 25 % en la zona urbana. En las zonas sub-urbanas de la ciudad de Loja, la agricultura y ganadería son importantes fuentes de ingresos económicos para las familias (Municipio de Loja, 2014). Sin embargo, estas actividades traen consigo impactos negativos al ambiente, en especial a la atmósfera, ya que emanan GEI (IPCC, 2020).

Sin embargo, en este cantón no existen datos o registros de la cantidad y tipos de GEI que se generan en la agricultura y ganadería, se desconoce cuál es el aporte de la ciudad de estos tipos de gases y sobre todo no hay datos para tomar medidas y acciones para regularlos y contribuir a mejorar el alcance de los objetivos del desarrollo sostenible.

En este sentido, el trabajo de investigación se estimó de manera indirecta las emisiones de los GEI, en especial del CH₄ y N₂O, en el área agrícola y ganadera al sur de la ciudad de Loja, aplicando fórmulas empíricas dadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), además permitió identificar las fuentes potenciales que emiten dichos gases, mismo que sirve como línea base, para el proyecto denominado “*Gestión de gases de efecto invernadero en el sector AFOLU a escala sub-urbana en la ciudad de Loja-Ecuador*”, además, se pretende que la investigación se extrapole a análisis en otros sectores para que se pueda tomar soluciones ante la generación de CH₄ en la ganadería y

N₂O en la agricultura, evitando consecuencias sobre el medio ambiente. Para lograr lo propuesto, el trabajo de investigación tiene la finalidad de:

Estimar de manera indirecta las emisiones de CH₄ y N₂O en el área agrícola y ganadera en la zona sur de la ciudad de Loja.

Objetivos específicos:

- Determinar la distribución de las fuentes potenciales de emisiones de CH₄ y N₂O en el área agrícola y ganadera en la zona sub urbana al sur de la ciudad de Loja.
- Estimar las emisiones de CH₄ y N₂O en el área de estudio, aplicando la metodología nivel 1 del IPCC.
- Elaborar mapas de inventario de emisiones de CH₄ y N₂O y distribución de fuentes en la zona de estudio.

4. Marco teórico

4.1. Calidad del aire

La calidad del aire interior y exterior se refiere al aire que respiramos. Su composición es muy compleja, pues contiene cerca de mil compuestos diferentes, los más importantes son el N, O₂ e H, que son compuestos indispensables para el desarrollo de la vida en la tierra. La calidad del aire en sí está determinada por la composición y presencia de sustancias sólidas o gaseosas, su concentración es el factor principal que afecta la calidad del aire. Una forma de medir la calidad del aire es a través de la concentración de contaminantes, la presencia de microorganismos o la apariencia física del medio ambiente (Wark & Warner, 1998).

La contaminación del aire afecta de manera directa la salud humana, puede causar enfermedades respiratorias (asma, bronquitis e irritación de los ojos). Los grupos más vulnerables frente a la contaminación atmosférica son los niños, adultos mayores, las personas que padecen enfermedades crónicas y las mujeres embarazadas (Vargas, 2008). La exposición a largo plazo o altos niveles de contaminación durante el período prenatal se asocia a complicaciones y retraso del crecimiento intrauterino. Complicaciones que posteriormente pueden afectar la salud y el desarrollo del niño. Los adultos mayores, también pueden sufrir complicaciones en la salud con enfermedades cardiovasculares, cáncer pulmonar y diabetes (Duque, 2017).

4.2.Cambio Climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1, define el “cambio climático” como un cambio de clima causado directa o indirectamente de las actividades del ser humano que perturba la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables (CLIMATICO, 1992).

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, define al término “cambio climático” como un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) mediante un cambio en el valor medio y en la variabilidad de sus propiedades, y que permanece durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos (IPCC, 2007).

Sin embargo, Miller (2007), menciona que el cambio climático global se refiere a las modificaciones en cualquier aspecto del clima del planeta, tales como la temperatura, precipitación e intensidad y las rutas de las tormentas. Por otro lado, según Gutiérrez (2004), el cambio climático es una externalidad negativa que afecta a los sistemas socioeconómicos y ambientales a nivel mundial, que en conjunto establecen emisiones atmosféricas de gases naturales y antropogénicos que son el resultado del crecimiento y el potencial de aumento de la temperatura en la atmósfera más allá del efecto invernadero natural.

4.2.1. Efecto Invernadero y Gases de Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno que ayuda a regular la temperatura del planeta, se compara con la captura térmica que produce un invernadero, sin él, la temperatura media en la tierra sería de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ donde no es posible el desarrollo de la vida (Uzawa, 2010), los gases en la atmósfera actúan como un cristal que retienen parte de la energía solar que debe salir. Es decir, el efecto invernadero es producto del incremento de temperatura por la retención de GEI, atrapados en la atmósfera. Por lo tanto, cuanto mayor sea la cantidad de gases retenidos en la atmósfera, mayor es la energía retenida, lo que impide la salida de las radiaciones que equilibraría la temperatura del planeta (Guayanlema, 2013) (Figura 1).

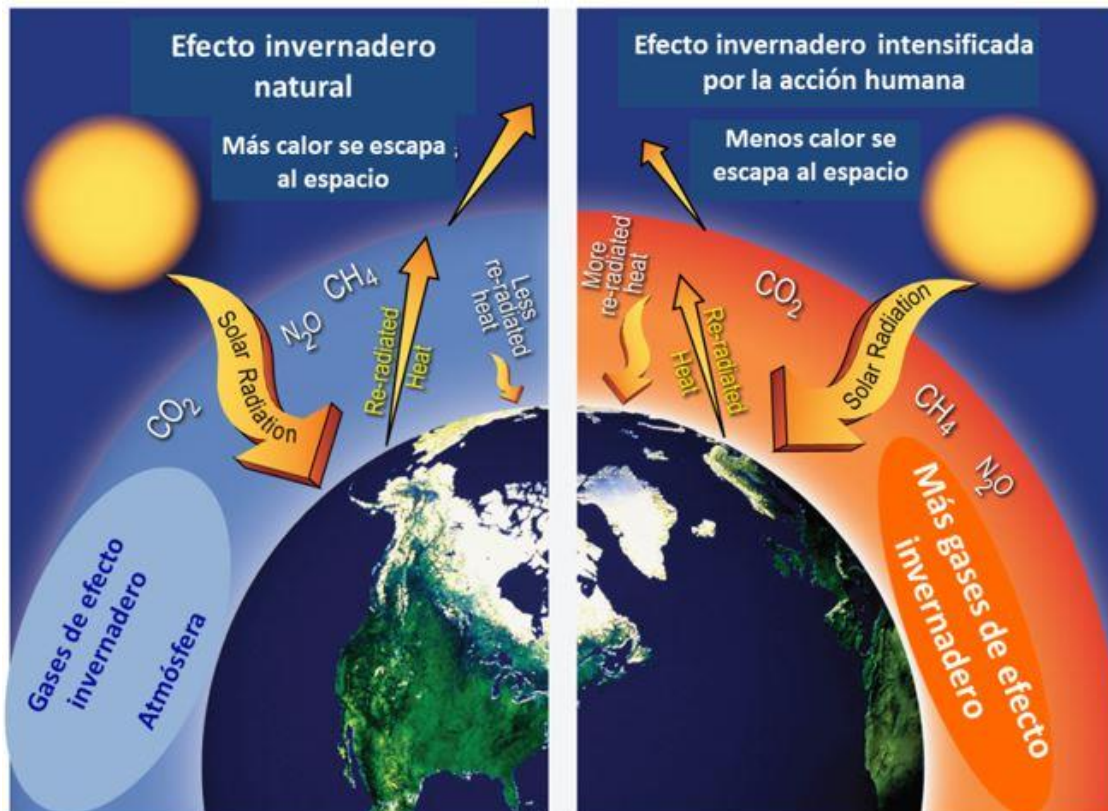


Figura 1. Diferencia entre el efecto invernadero por causas naturales y el aumentado por el hombre.

Fuente: National Park Service, 2018. <http://www.nps.gov/goga/naturescience/climate-change-causes.htm>.

La acumulación de los GEI en la atmósfera es el producto de dos tipos de acciones

- **Efecto invernadero natural:** ocurre por acciones de la naturaleza como erupciones volcánicas, la evaporación de los océanos, los desiertos que emiten al aire material particulado (MP 2.5, MP 10), incendios forestales, descomposición de la biomasa vegetal y otros; esta importante acción ayuda a mantener la temperatura adecuada de la tierra.
- **Efecto invernadero antropogénico:** son producidas por las actividades del hombre, en la cual utiliza combustibles fósiles, realiza actividades persistentes como el cambio de uso de suelo, la industria, utilización de agroquímicos para los cultivos, deforestación, minería, urbanización y otros, que trae como consecuencia el aumento de la temperatura global, modificaciones en los patrones de precipitación, crecida del nivel del mar, reducción de la criósfera y principalmente las modificaciones en los patrones de eventos climáticos extremos (IPCC, 2013).

Los principales GEI emitidos a la atmósfera por actividades agrícolas y ganaderas son el CO_2 , CH_4 y N_2O . Estos gases debido a sus estructuras químicas estables pueden

persistir en la atmósfera a escalas de tiempo muy grandes, desde décadas hasta siglos o más, de modo que estos gases pueden repercutir en el clima a largo plazo (Kansri, 2018).

La categoría cuatro, (agricultura) propuesta en los manuales del IPCC (1995; 2000), detalla que las fuentes emisoras o subcategorías a tratar son: 1) fermentación entérica, 2) manejo de estiércol, 3) suelos de agricultura, 4) quema de residuos de agricultura, 5) quema de pastizales y 6) arroz (Tabla 1).

Tabla 1. Actividades agrícolas y pecuarias generadoras de dichos gases de GEI.

Categorías	Emisión CH₄	Emisión N₂O
Fermentación entérica	X	
Manejo de estiércol	X	X
Suelos agrícolas		X
Quema de residuos agrícolas	X	X
Quema de sabanas (pastizales)	X	X
Arroz – cultivos anegados	X	

Adaptado a partir del IPCC (1995; 2000).

4.2.1.1. Dióxido de Carbono (CO₂)

El CO₂ no tiene un tiempo de residencia específico porque circula continuamente con la atmósfera, océanos y la biosfera terrestre. La eliminación neta de este gas en la atmósfera contiene una amplia gama de procesos con diferentes escalas y tiempos. La mayor parte del movimiento rápido de carbono ocurre, a escala anual, a través de la fotosíntesis y la respiración de los organismos o los incendios forestales, pero también hay un proceso más lento en el que el carbono se almacena en los sedimentos marinos y solares (Gallego, 2012).

El monóxido de carbono es, en cambio, un gas de vida corta, que es químicamente reactivo y habitualmente se elimina naturalmente mediante procesos de oxidación atmosférica, por eliminación superficial o precipitación, por eso su concentración es tan diferente al dióxido de carbono (Kansri, 2018).

4.2.1.2. Metano (CH₄)

El gas CH₄ es el más abundante, tiene un tiempo de residencia en la atmósfera de 9 a 15 años (IPCC, 2013). La emisión del CH₄ se da por fuentes naturales, por ejemplo, los humedales, pero también por actividades antrópicas como las continuas actividades ganaderas y fugas de los sistemas de gas natural (FAOSTAT, 2014). Dentro del sector agropecuario, las emisiones más altas son el CH₄ con el 52 %, y el N₂O con un 44 % y en

menor cantidad está el CO₂ con el 4 % (Montzka et al., 2011). Asimismo, en el sector agropecuario existen emisiones de CH₄ proveniente de la fermentación entérica, los cultivos de arroz, quema de los desechos animales y biomasa (Bousquet et al., 2006)

4.2.1.3. Óxido nitroso (N₂O)

En la actualidad, la concentración atmosférica de N₂O es un 19 % más alta que la concentración antes de la revolución industrial, y el tiempo de residencia en la atmósfera es de 120 años (Flückiger et al., 2004). A nivel mundial, las actividades agrícolas son la fuente más importante de emisiones de N₂O del suelo (Snyder et al., 2009). Estas emisiones provienen del estiércol animal, suelo cultivado y la quema de biomasa (Montzka et al., 2011). En las áreas de la agricultura con suelos cultivados y pastizales, las emisiones de N₂O están relacionadas con el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Snyder et al., 2009).

4.3. Emisiones de CH₄ y N₂O a la atmósfera por actividades agrícolas y ganaderas

Impacto de la agricultura y la ganadería en el cambio climático

Existen múltiples fuentes de emisiones de GEI en la producción ganadera y agrícola (cultivo de plantas) contribuye a la emisión de GEI asociados a los fertilizantes nitrogenados que liberan gases como el óxido nitroso, amoníaco, y fugas de nitrato, así mismo la ganadería (crianza de animales), las principales fuentes de gases de efecto invernadero son: cambios en el uso de los suelos, gestión del estiércol, producción animal, producción de alimentos (Sonesson et al., 2010).

Según, Anwar y coautores (2012) el sector de la agricultura es altamente sensible a los cambios de temperatura y precipitación, que provocarán cambios en los regímenes de agua y en la tierra que traerán consecuencias en la producción de cultivos. Las emisiones de N₂O, se derivan de actividades agrícolas como el manejo de suelos y el uso de fertilizantes (Santillán et al., 2016). El óxido de nitrógeno es un intermedio gaseoso en la reacción en cadena de la desnitrificación y un subproducto de la nitrificación que escapa de las células microbianas, al suelo y finalmente a la atmósfera. Uno de los factores clave que controlan esta respuesta es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo (Suquisupa, 2019). Las emisiones son el resultado de la adición de nitrógeno al suelo mediante fertilizantes nitrogenados sintéticos, desechos animales, residuos de cultivos, la fijación de nitrógeno por parte de los cultivos y la mineralización de nitrógeno en el suelo (Tubiello et al., 2015).

Los GEI predominantes de la ganadería son el CH₄ y el N₂O debido a la fermentación entérica y al manejo de estiércol, que representan el 8 % del total de emisiones de los países que firmaron el Protocolo de Kioto (Cooper et al., 2012). Los esfuerzos para reducir las emisiones de este sector, han sido hasta ahora limitadas debido a los desacuerdos sobre la viabilidad técnica, el potencial de reducción y el costo efectividad de los instrumentos de política, que incluyen las medidas de mercado del carbono. Se estima que un cuarto de las emisiones de GEI emitidos anualmente a nivel mundial provienen de sector agropecuario (IPCC, 2014).

Los rumiantes emiten CH₄ a la atmósfera mediante la eructación y la cantidad liberada está influenciada por factores como consumo de alimento, composición de la dieta, digestibilidad del alimento, procesamiento previo del alimento y periodicidad de alimentación (Bonilla y Flores, 2012). El proceso de metanogénesis dentro del rumen tiene ciertas propiedades que están determinadas por las características fisiológicas de este órgano y lo distinguen de la formación de CH₄ en otros hábitats. Las bacterias ruminales metanogénicas pertenecen a un grupo de microorganismos que utilizan el producto final de la hidrólisis de polímeros para realizar la descomposición de los alimentos que forman metano (Sosa et al., 2007).

El compartimento más grande del estómago del rumiante está formado por el rumen y el tejido reticular. En esta parte del estómago, los microorganismos fermentan los componentes del alimento y consecutivamente proporcionan a los rumiantes la energía y los nutrientes que necesitan. En este proceso, un grupo especial de microorganismos, comúnmente llamados metanógenos, producen metano. Las estrategias para regular los ecosistemas del rumen se enfocan en la manipulación de metanógenos y/u otros microorganismos de rumen involucrados en la producción del metano. Para respaldar este tipo de enfoque, se necesita una mejor comprensión de los ecosistemas microbianos dentro del rumen de los diferentes animales que permanecen bajo diferentes sistemas de manejo (Gerber et al., 2013).

4.4. Proyecciones de los impactos del cambio climático en la salud humana, en la agricultura y en la ganadería

Un estudio delegado por el foro de vulnerabilidad climática, relacionó 400 000 muertos anualmente debido a este fenómeno. La OMS (Organización Mundial de la Salud) ha estimado que entre 2030 y 2050, el cambio climático provocará 250 000 muertos

adicionales debido a la malnutrición, malaria, diarreas y el estrés por calor (Jordá et al., 2019). También el cambio climático ha provocado olas de calor más intensas, aumento de las enfermedades transmitidas por vectores, incremento de la desnutrición, pérdida de capacidad de trabajo y aumento de conflictos sociales derivados de la escasez de recursos (Jordá et al., 2019). Del mismo modo, el cambio climático disminuye la disponibilidad de agua y la higiene, lo que conlleva a efectos indirectos en la cultura y el desarrollo de los pueblos.

La población mundial es actualmente de 7 270 millones y se espera que llegue a 9 100 millones de personas en 2050. La agricultura a nivel global se enfrentará a muchos desafíos en las próximas décadas, puesto que la demanda de alimentos tiende a aumentar rápidamente. Los modelos actuales de pronóstico del clima muestran que la temperatura promedio aumentará a 3-5°C en los próximos 50-100 años, el aumento afectará significativamente los sistemas agrícolas globales. El cambio climático en los últimos años ha reducido la productividad de los cultivos, debido a la disminución del recurso hídrico y la pérdida de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, los factores de la buena gobernanza y la comunidad científica tienen un desafío básico para evaluar el impacto del cambio climático de la agricultura y establecer rutas minimizadas para impactos a corto y mediano plazo (Jordá et al., 2019).

Así mismo, los principales impactos del cambio climático sobre la ganadería se deben a efectos indirectos provocados por el cambio de alimentación del ganado debido a la disminución de los pastos, su calidad y la composición, así como la baja disponibilidad del recurso hídrico. En cuanto a los efectos directos, los más importantes son las olas de calor, que provocan el estrés en los animales que puede alterar su productividad y su comportamiento (Jordá et al., 2019).

4.5.Método del IPCC para el cálculo de GEI

Esta metodología es utilizada para la mayoría de fuentes potenciales de emisión de GEI, se debe multiplicar los datos de la actividad, por los factores de emisión propuestos por el IPCC, convirtiendo los datos de actividad en emisiones de GEI (IPCC, 2014). En las Directrices del IPCC, hay tres niveles de jerarquía para clasificar la complejidad sistemática de los factores de emisión y los datos de rendimiento. El nivel 1 usa ecuaciones simples y datos establecidos, mientras que el nivel 2 y 3 son más estrictos en términos de complejidad y requisitos de datos (IPCC, 2013).

Según Tubiello y coautores (2015):

- Para el Nivel 1, las estimaciones de fuentes de datos operativos generalmente están disponibles a escala global (por ejemplo, tasas de deforestación, estadísticas de producción agrícola, mapas de cobertura terrestre global, fertilizantes, poblaciones de animales, etc.). Cuando no existen datos nacionales suficientes, una buena práctica es utilizar datos de fuentes internacionales oficiales.
- El Nivel 2 puede utilizar la misma metodología que el Nivel 1, pero aplica factores de emisión y cambio de existencias basados en datos específicos del país o región para las categorías más importantes de uso de la tierra o ganado. Los factores de emisión específicos del país son más apropiados para la región climática, el sistema de uso de la tierra y la categoría de ganado del país. Los datos de actividad con mayor resolución espacial y temporal se usan típicamente en el Nivel 2 para corresponder a los coeficientes nacionales definidos para regiones específicas y categorías especializadas de uso de la tierra o ganado.
- En el Nivel 3, se emplean métodos de orden superior, incluidos modelos y sistemas de medición de inventario adaptados a las circunstancias nacionales, replicados a lo largo del tiempo e impulsados por datos de actividad de alta resolución desagregados a nivel sub-nacional. Estos métodos de orden superior proporcionan estimaciones más deterministas que los niveles de orden inferior. Los sistemas avanzados pueden incluir muestreo de campo completo repetido a intervalos regulares y/o sistemas de edad basados en GIS, datos de clase/producción, datos de suelo y datos de actividad del suelo, uso y manejo de la tierra, integración de varios tipos de monitoreo.

4.5.1. Métodos para estimar emisiones provenientes de la ganadería

Las emisiones de CH₄ están relacionadas con actividades pecuarias como la fermentación entérica y manejo de estiércol (Santillán et al., 2016).

- **Emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica**

El método principal para calcular la cantidad de CH₄ se basa principalmente en el número de animales o poblaciones, el tipo de sistema digestivo y la cantidad de alimentos consumidos. Las emisiones de CH₄ se pueden estimar multiplicando el número de cabezas por animal por el factor de emisión. Deben utilizarse factores de emisión específicos según los diferentes grupos de edad. Los datos de rendimiento del ganado se pueden obtener de una variedad de fuentes, incluidos el gobierno y la industria agrícola. Si estos

datos no están disponibles, se pueden hacer estimaciones basadas en datos del censo y uso de la tierra. El ganado debe clasificarse por tipo de animal, de acuerdo con la clasificación del IPCC: bovinos (vacas lecheras y otros); oveja; cabras; camellos; caballos; mulas y asnos; ciervos; alpacas; cerdos; aves de corral; y otros (Dong et al., 2006).

- **Emisiones de CH₄ provenientes de la gestión del estiércol**

En las estimaciones de CH₄ por la gestión del estiércol, para la metodología de nivel 1, se requiere conocer los datos de la población de ganado por especie animal y de la información de temperatura de la región para seleccionar los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC (Dong et al., 2006). El CH₄ es producido mediante la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas, durante el almacenamiento y el tratamiento, mientras que las emisiones directas de N₂O se producen a través de la nitrificación y la desnitrificación combinadas de nitrógeno contenido en el estiércol. El término “estiércol” se utiliza aquí colectivamente para incluir tanto el estiércol como la orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado (Fong et al., 2014).

4.5.2. Métodos para estimar emisiones provenientes de la agricultura

- **Emisiones de N₂O provenientes de los suelos agrícolas (fertilizantes orgánicos e inorgánicos)**

La emisión de N₂O se disipa en el aire cuando hay contribuciones excesivas de N a los suelos agrícolas, por fertilizantes orgánicos e inorgánicos, que luego influyen en los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación ocurre en condiciones aeróbicas y puede describirse como la oxidación de amonio a nitrato. La desnitrificación ocurre en condiciones anaeróbicas y puede describirse como la reducción de nitrato a N molecular (Leip y Winiwarter, 2011). Para la metodología de nivel 1, se requiere conocer la cantidad de nitrógeno activo aplicado al suelo, el EF (factor de emisión) del N₂O que es 0,01 el cual fue obtenido por Klein (2006) y reportado en las guías para el inventario de GEI del Intergovernmental Panel on Climate Change, y el (44/28) que representa el peso molecular de N₂O en relación con las moléculas de nitrógeno contenidas en el óxido nitroso (N₂O/N₂O-N) (Klein, 2006).

4.6.Marco Legal

El Ecuador es parte de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) desde 1994 y también ratificó el Protocolo de Kioto en el año 1999. El Ministerio del Ambiente promueve la participación del país en las negociaciones internacionales de la CMNUCC por medio de un trabajo interinstitucional coordinado con otras Carteras de Estado sectoriales, con el apoyo del Ministerio Coordinador de Patrimonio y el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración y varios Ministerios sectoriales que aportan en el proceso de construcción de los Lineamientos de la posición nacional ante la Convención (MAE, 2009).

El COA (2019), en el “Art. 670, la Gestión del cambio climático se basa en el conjunto de políticas, planes, programas, proyectos, estrategias, medidas y acciones orientadas a abordar el cambio climático, considerando los siguientes aspectos: adaptación; mitigación; fortalecimiento de capacidades; desarrollo, innovación, desagregación y transferencia de tecnología; financiamiento climático; y gestión del conocimiento tradicional, colectivo y saberes ancestrales”.

En el “Art. 806, menciona que los Gobiernos Autónomos Descentralizados pueden acceder al Fondo Nacional para la Gestión Ambiental, para mejorar los indicadores ambientales, en las jurisdicciones, marco del Plan Nacional de Inversiones Ambientales, acorde a los criterios generales, en especial a la mejora de la calidad del aire, agua y suelo” (COA, 2019).

La Política Ambiental Nacional número 3 se refiere específicamente a gestionar la adaptación al cambio climático para disminuir la vulnerabilidad social, económica y ambiental. Esta Política cuenta con tres estrategias: (1) mitigar los impactos del cambio climático y otros eventos naturales y antrópicos en la población y en los ecosistemas; (2) implementar el manejo integral del riesgo para hacer frente a los eventos extremos asociados al cambio climático; y (3) reducir las emisiones de GEI en los Sectores Productivos y Sociales (MAE, 2017).

Actualmente, Ecuador no cuenta con una regulación específica de GEI, y algunos contaminantes si están en la legislación como parte de las normas de Calidad del Aire de la ECAs, es decir, para otros fines. En otros países, como Argentina, existen normas disponibles para su regulación.

5. Metodología

El presente trabajo de investigación es no experimental, posee un enfoque descriptivo, donde las variables se las medirán en un único tiempo y estas no serán manipuladas (Hernández y Mendoza, 2018), ya que se centra en estimar de manera indirecta con fórmulas las emisiones de CH₄ en el sector ganadero basado al número de ganado y las emisiones de N₂O en el sector agrícola mediante la cantidad de abono orgánico y abono sintético aplicado al cultivo por hectárea en la zona sur de la ciudad de Loja. Los sectores de estudio se enmarcaron dentro del área seleccionada.

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó al sur del Ecuador, en la zona suburbana del sur de la ciudad de Loja, considerando como zonas de muestreo los barrios El Capulí, Punzara y Zamora Huayco. Geográficamente, el área estudio se encuentra ubicada en las coordenadas 03° 39' 55" y 04° 30' 38" de latitud Sur (9501249 N - 9594638 N) y, 79° 05' 58" y 79° 05' 58" de longitud Oeste (661421 E -711075 E).

Tiene una superficie aproximada de 10 790 km² equivalente al 4 % de la superficie del país. Su relieve es muy irregular y posee elevaciones que van desde los 700 hasta los 3700 m.s.n.m., la urbe se encuentra entre los 2100 y 2400 metros sobre el nivel del mar (Municipio de Loja, 2014).

El cantón Loja, se caracteriza por poseer pisos altitudinales subtropical, temperado y subtemperado cuya temperatura promedio anual oscila entre los 11°C y 22°C, y precipitación anual en promedio es de 981,82 mm, lo cual determina la generación de diversidad de productos, de acuerdo al clima, altitud, tipo de suelo y precipitaciones (Figura 2) (Municipio de Loja, 2014).

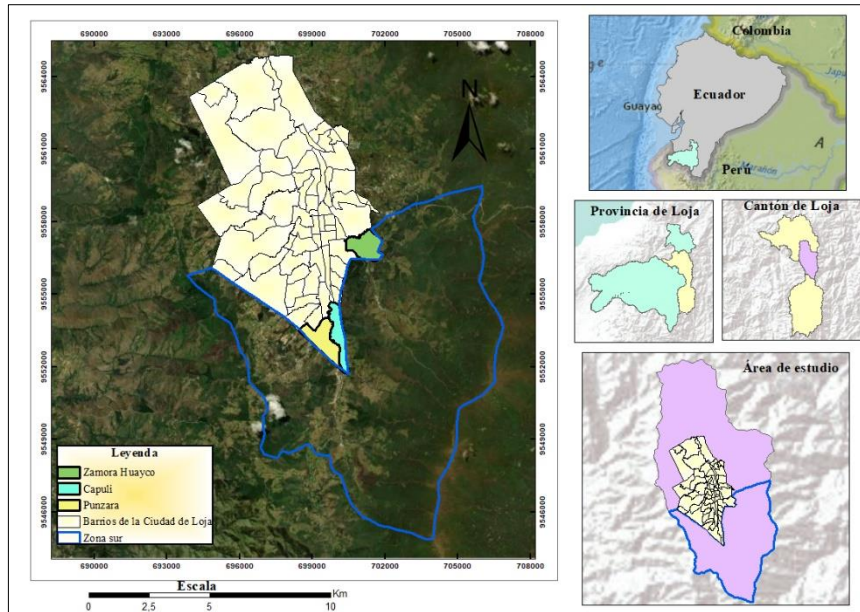


Figura 2. Área de estudio.
Fuente: Autoría propia.

5.2. Determinación de la distribución de las fuentes potenciales de emisiones de CH₄ y N₂O en el área agrícola y ganadera en la zona sur de la ciudad de Loja.

Primera fase: para estimar los Gases de Efecto Invernadero, es necesario conocer el uso de suelo, para lo cual, se utilizó ortofotos de zona suburbana de la ciudad de Loja del año 2022, toda la información digital se descargó del geo portal SIGTIERRAS, mismas que cuentan con una resolución de 30 cm. Con ayuda del *software ArcGis 10.8*, se seleccionó el sistema de referencia WGS-84, además se obtuvo información temática de cobertura y uso de suelo a escala 1:25.000 del Geo Portal del Agro Ecuatoriano, para dar validez a las ortofotos en la zona de estudio.

Para identificar el uso de suelo se utilizó la interpretación visual y trabajo de campo, basándose en la metodología propuesta por el MAG (2020), en la cual, menciona que existen 11 categorías a nivel II de uso de suelo (área poblada, bosque nativo, cultivo anual, infraestructura, mosaico agropecuario, cuerpo de agua, páramo, pastizal, plantación forestal, vegetación arbustiva, vegetación herbácea).

Segunda fase: sondeos a los propietarios, una vez identificado el uso de suelo, se acudió a la zona de estudio a realizar las encuestas a los propietarios de las fincas ganaderas y agrícolas, el diseño de la encuesta se muestra en el anexo 1. Para saber el número de encuestas a aplicar, en las zonas de muestreo se utilizó la fórmula de población infinita descrita por (Aguilar, 2005; Martínez, 2012), (Ecuación 1).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2} \quad [Ec. 1]$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

Z= valor de Z crítico, calculada de la tabla del área de la curva normal o nivel de confianza (1,64).

p= proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia (0,5).

q= proporción de la población de referencia que no representa el fenómeno en estudio (1-p) (0,5).

e= nivel de precisión absoluta, referido a la amplitud del intervalo de confianza en la determinación del valor promedio en la variable de estudio (9 %).

Una vez aplicada la fórmula, se obtuvo una muestra de 83 encuestas, distribuidas 28 en El Capulí, 29 en Punzara y 26 en Zamora Huayco, esto basándose en información previa y visitas de campo a los sectores de muestreo.

5.3. Estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O en el área de estudio, aplicando la metodología nivel 1 del IPCC

El IPCC presenta tres niveles metodológicos: Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3, la presente investigación se la realizó a nivel básico (Nivel 1), basado en la metodología propuesta por el IPCC (2006a), que emplea los factores de emisión y cambio en las existencias.

Emisiones de CH₄ provenientes de la ganadería (fermentación entérica, gestión del estiércol)

▪ Fermentación entérica

El método para estimar la emisión de CH₄ por fermentación entérica requiere tres pasos básicos:

Paso 1: se identificó el tipo de ganado según su categoría como se muestra en la tabla 2.

Paso 2: se utilizó los factores de emisión para cada categoría de ganado (Tabla 3).

Paso 3: se multiplicó los factores de emisión con las distintas categorías para estimar la emisión de cada uno, y luego se realiza la suma de todas las categorías para obtener la fermentación entérica total.

Para los cálculos de emisiones se consideró la siguiente fórmula:

Emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica

$$Emisiones = \sum_{(T)} (N_{(T)} * EF_{(T)}) * 10^{-3} * 28 \text{ [Ec. 2]}$$

Donde:

- **Emisiones**= emisiones de CH₄ por fermentación entérica, en kgCO₂eq.
- **EF_(T)**= factor de emisión para la población de ganado definida, kg de CH₄ por cabeza año (Tabla 3).
- **N_(T)**= cantidad de cabezas de ganado especie/categoría T del país (Tabla 2).
- **T** = especie/categoría de ganado.
- **28** = es el Potencial de Calentamiento Global (PCG), propuesto por el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (CO₂ eq) (Fong et al., 2014).

Tabla 2. Cabezas de ganado especie/categoría.

Categorías principales	Clase
Bovinos	Vacas lecheras
Otros vacunos	Vacas, toros, terneros, novillos/vaquillonas de engorde para carne y ganado alimentado a corral
Ovinos	Corderas para reposición, otros ovinos
Caprinos	Cabras madres, chivas para reposición, otros caprinos
Equinos	Caballar
Mulas	Mular y asnal
Aves de corral	Gallinas criadas a campo, pavos, patos, gansos
Porcinos	Porcinos de carne y de cría
Conejos (cuyes)	Conejas madre

Fuente: (Fong et al., 2014; IPCC, 2006a).

Tabla 3. Factores de emisión por fermentación entérica.

Tipo de ganado	Factor de emisión (kgCH₄/cabeza/año)
Bovinos (vacas lecheras)	63
Ovinos	5
Caprinos	5
Equinos	18
Mulas Asnos	10
Porcinos	1
Aves de corral	1
Conejos (cuyes)	Datos insuficientes

Fuente: (Fong et al., 2014; IPCC, 2006a).

▪ **Gestión del estiércol**

El método para estimar la emisión de CH₄ por gestión del estiércol requiere tres pasos:

Paso 1: se identificó el tipo de ganado según su categoría (Tabla 2).

Paso 2: se utilizó factores de emisión específicos para cada categoría de ganado, según la temperatura y posición del país (Tabla 4).

Paso 3: se multiplicó los factores de emisión con las distintas categorías para estimar la emisión de cada uno, y luego se realiza la suma de todas las categorías para obtener la gestión del estiércol total.

Emisiones de CH₄ provenientes de la gestión del estiércol

$$\text{CH}_4 \text{ Estiércol} = \sum_{(T)} (N_{(T)} * EF_{(T)}) * 10^{-3} * 28 \quad [Ec. 3]$$

Donde:

- **CH₄ Estiércol**= es la emisión de CH₄ por la gestión del estiércol, en kgCO₂eq.
- **EF_(T)**= factor de emisión para la población de ganado definida por la temperatura y posición del país, kg de CH₄ por cabeza año (Tabla 4).
- **N_(T)**= la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país.
- **T**= especie/categoría de ganado.
- **28** = es el Potencial de Calentamiento Global (PCG), propuesto por el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (CO₂ eq) (Fong et al., 2014).

Tabla 4. Factores de emisión por gestión de estiércol.

Tipo de ganado	Factor de emisión Templada 15 a 25°C (kgCH₄/cabeza/año)
Bovinos (Vacas lecheras)	1
Ovinos	0,15
Caprinos	0,17
Equinos	1,64
Mulas y asnos	0,90
Porcinos	1
Aves de corral	0,02
Conejos (cuyes)	0,08

Fuente: (Fong et al., 2014; IPCC, 2006a).

Emisiones directas de N₂O provenientes de la agricultura

▪ **Fertilizantes orgánicos e inorgánicos**

El método para estimar la emisión de N₂O por el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos requiere tres pasos:

Paso 1: se consideró la cantidad de abono que se le aplica a los cultivos.

Paso 2: se identificó la concentración del N presente en el fertilizante orgánico/inorgánico.

Paso 3: con los datos obtenidos en los pasos anteriores se calculó la Cantidad Total de Nitrógeno (Ecuación 4).

$$CTN = \frac{Cant * ha}{Concentración} \quad [Ec. 4]$$

Donde:

- **CTN**= Cantidad Total de Nitrógeno en kg/ha.
- **Cant**= cantidad en kg del abono aplicado a los cultivos.
- **ha**= hectáreas de cultivo.
- **Concentración**= Concentración del N presente en el fertilizante orgánico (gallinaza = 4 %) /inorgánico (abono azul = 12 %).

Emisiones directas de N₂O provenientes de fertilizantes orgánico/inorgánico

Para este apartado se usó el método elaborado por la Agencia para la Protección Ambiental (EPA, 1992) de EE. UU, la FAO (2014) y el Panel Intergubernamental del Cambio climático (Klein, 2006), el cual se resume en la siguiente ecuación de conversión.

$$N_2O = CTN * EF * \frac{44}{28} * 10^{-3} * 265 \text{ [Ec. 5]}$$

Donde:

- **N₂O**= emisión de N₂O por fertilizantes orgánico/inorgánico, en kgCO₂eq.
- **CTN**= Cantidad Total de Nitrógeno en kg/ha.
- **EF**= factor de emisión aquí usado es 0,01 el cual fue obtenido por Klein (2006) y reportado en las guías para el inventario de gases de efecto invernadero del Intergovernmental Panel on Climate Change.
- **(44/28)**= representa el peso molecular de N₂O en relación con las moléculas de nitrógeno contenidas en el óxido nitroso (N₂O/ N₂O-N).
- **265**= es el Potencial de Calentamiento Global (PCG), propuesto por el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (CO₂ eq) (Fong et al., 2014).

5.4.Elaboración de mapas de inventario de emisiones de CH₄ y N₂O y distribución de fuentes en la zona de estudio

Se creó una hoja en el *software Excel de Office* en formato *.csv* Texto delimitado por comas *UTF-8*, donde se llenó con las coordenadas de la ubicación de cada finca, barrio y la concentración de CH₄ en la ganadería y N₂O en la agricultura. Estos datos se recopilaron en una tabla de atributos en el programa *ArcGIS 10.8*. Con toda esta información se creó mapas de calor que se procesaron en el *software ArcGis*, con la ayuda de los siguientes comandos: *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Density - Kernel Density*, donde se consideraron las variables que se pueden categorizar y representar, estableciéndolas de forma puntual, lineal, zonal o polígono (Dávila, 2009). Para que cada uno de los sectores por finca muestre las concentraciones.

5.5.Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se lo realizó en el *software Excel* del paquete *Office* y el análisis de los datos en el *software R*, en el cual, a partir de los resultados obtenidos de la estimación indirecta de CH₄ y N₂O, se realizaron pruebas de estadística descriptiva básica y análisis paramétricos con la finalidad de conocer el comportamiento de los datos, esto

se lo realizará para todas las estimaciones usando el test de Kolmogorov-Smirnov, para verificar si los datos son paramétricos, debido a que el número de datos es mayor a 50.

6. Resultados

6.1. Determinación de la distribución de las fuentes potenciales de emisiones de CH₄ y N₂O en el área agrícola y ganadera en la zona sur de la ciudad de Loja.

Primera fase: con la información geográfica digital del año 2022, en la figura 3 se puede observar las clases de cobertura y uso de suelo que representa toda la hoya de la ciudad de Loja. Se puede evidenciar el crecimiento de pastizal con 10 541,91 hectáreas, el cultivo anual y mosaico agropecuario con 1 198,62 hectáreas, extendiéndose principalmente en la zona norte y sur de la ciudad de Loja (Tabla 5).

Tabla 5. Clases de cobertura y uso de suelo de la hoya de Loja 2022.

Clases de cobertura y uso de suelo	Área (ha)	Área (%)
Área poblada	2 853,95	10,29
Bosque nativo	7 851,64	28,32
Cultivo anual	1 065,87	3,84
Infraestructura	125,28	0,45
Mosaico agropecuario	132,75	0,48
Cuerpo de agua	53,79	0,19
Páramo	581,81	2,10
Pastizal	10 541,91	38,03
Plantación forestal	1 556,90	5,62
Vegetación arbustiva	2 371,41	8,55
Vegetación herbácea	587,92	2,12
Total	27 723,51	100

Fuente: Autoría propia.

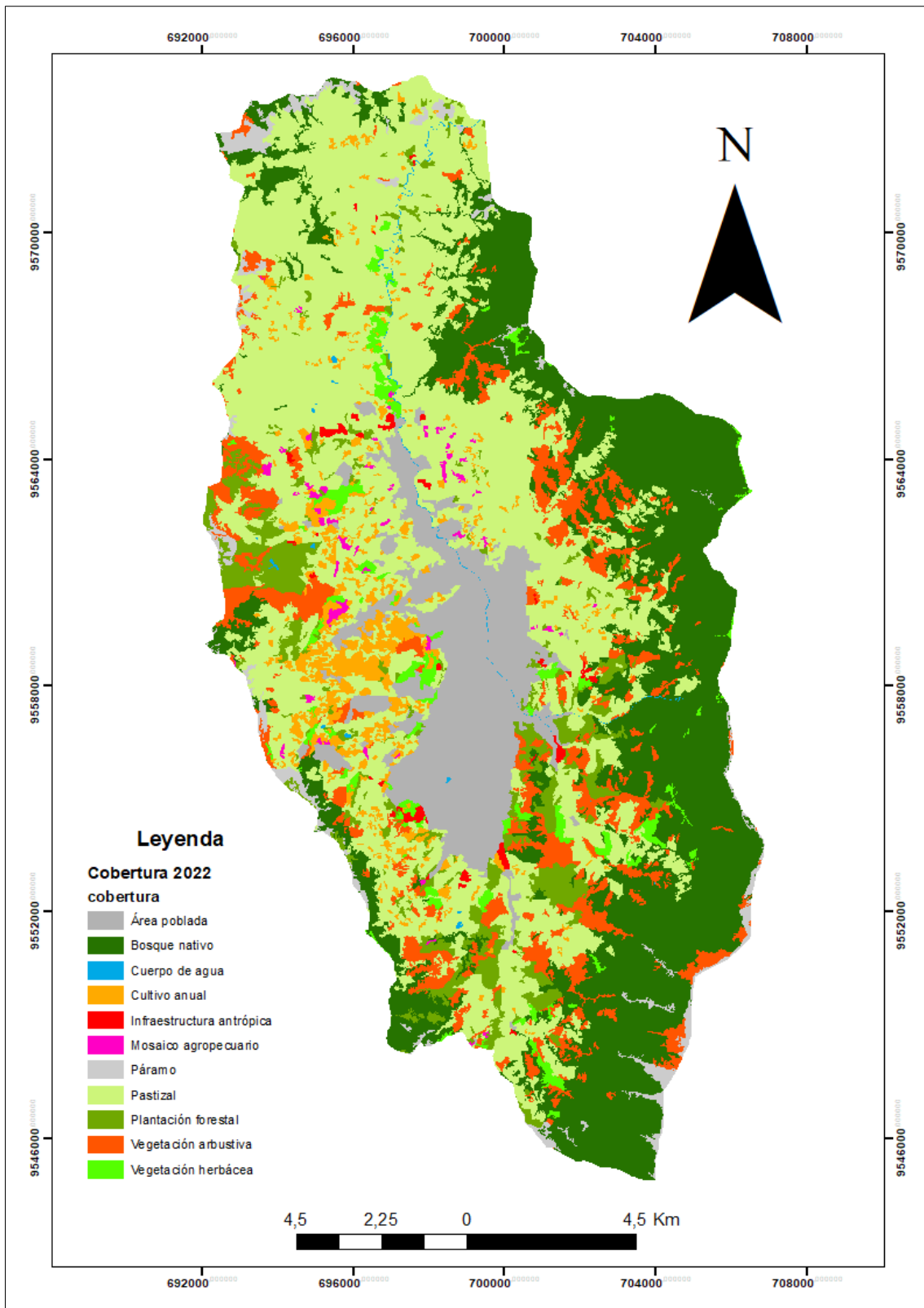


Figura 3. Cobertura y uso del suelo de la hoya de Loja del año 2022.
Fuente: Autoría propia.

En la figura 4 se muestra el mapa de clasificación de uso de suelo, de la zona sur de la ciudad de Loja, correspondientes al año 2022. Mediante la clasificación supervisada, en la tabla 6, se muestra que para este año predomina la clase pastizal, con un total de 2 417,87 hectáreas que son zonas potenciales de potreros y posibles áreas de emisiones de CH₄, y el cultivo anual y mosaicos agropecuarios con 146,63 hectáreas que son áreas de posibles emisiones de N₂O, en la zona suburbana al sur de la ciudad de Loja.

Tabla 6. Cobertura y uso de suelo de la zona suburbana al sur de la hoya de Loja 2022.

Cobertura y uso de suelo	Área (ha)	Área (%)
Área poblada	1 744,58	12,35
Bosque nativo	7 139,65	50,55
Cuerpo de agua	41,57	0,29
Cultivo anual	129,53	0,92
Infraestructura antrópica	30,90	0,22
Mosaico agropecuario	17,10	0,12
Páramo	266,66	1,89
Pastizal	2 417,87	17,12
Plantación forestal	854,03	6,05
Vegetación arbustiva	1 220,48	8,64
Vegetación herbácea	261,49	1,85
Total	14 123,86	100

Fuente: Autoría propia.

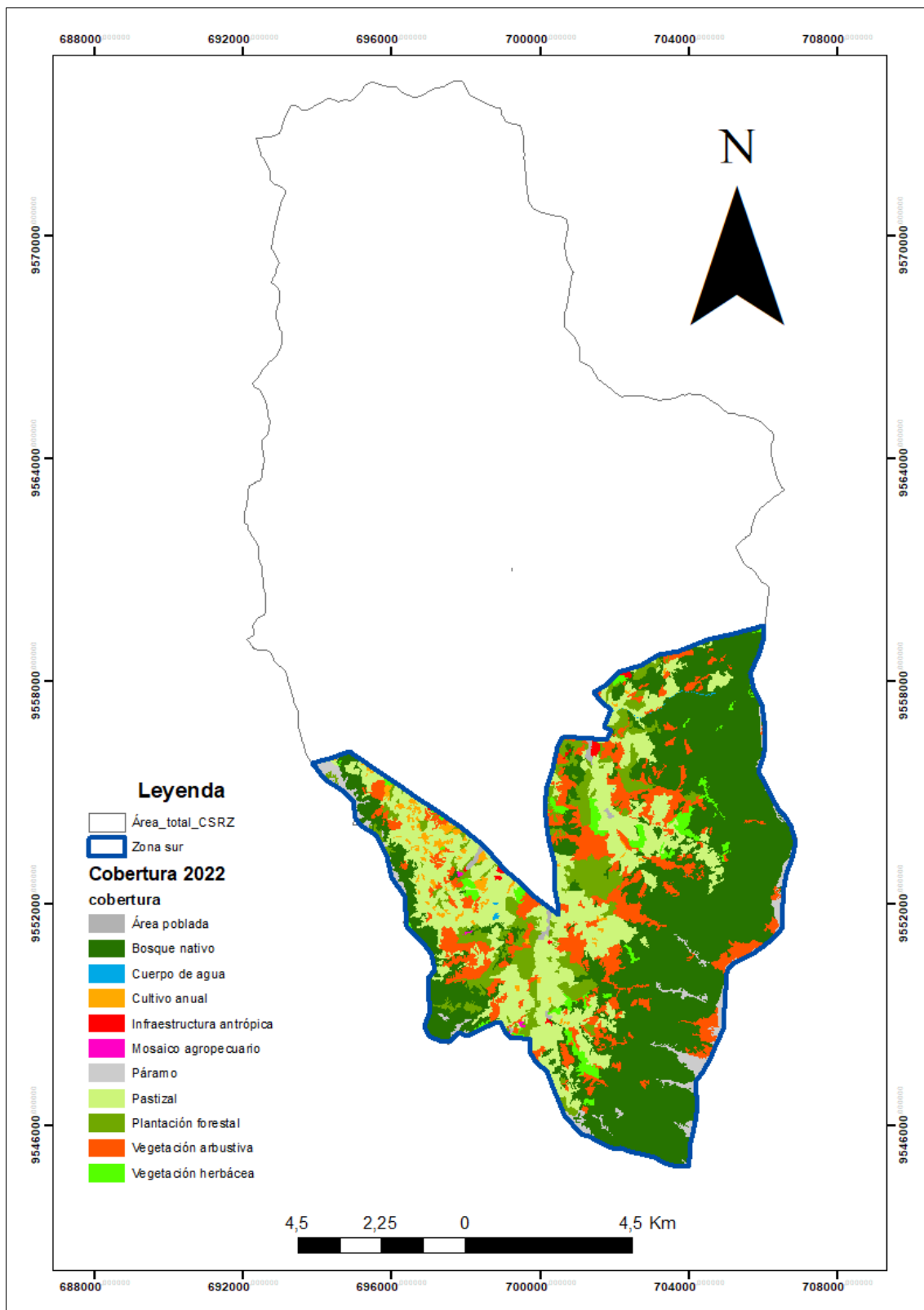


Figura 4. Cobertura y uso de suelo para el año 2022. Área de estudio, zona sur de la hoya de Loja (polígono azul).
Fuente: Autoría propia.

Segunda fase: en la figura 5 se representa un mapa de zonas donde se muestran

los puntos donde se realizaron las 83 encuestas producto de la ecuación 1. En El Capulí se realizaron 28 encuestas, en Punzara 29 encuestas y en Zamora Huayco 26 encuestas. Se identificaron 68 fincas ganaderas y 15 agrícolas. Las coordenadas de los puntos donde se realizaron las encuestas y uso de suelo se muestran en el anexo 2, estas fueron tomadas con ayuda de la aplicación *Epicollect5* (Oxford University, 2021).

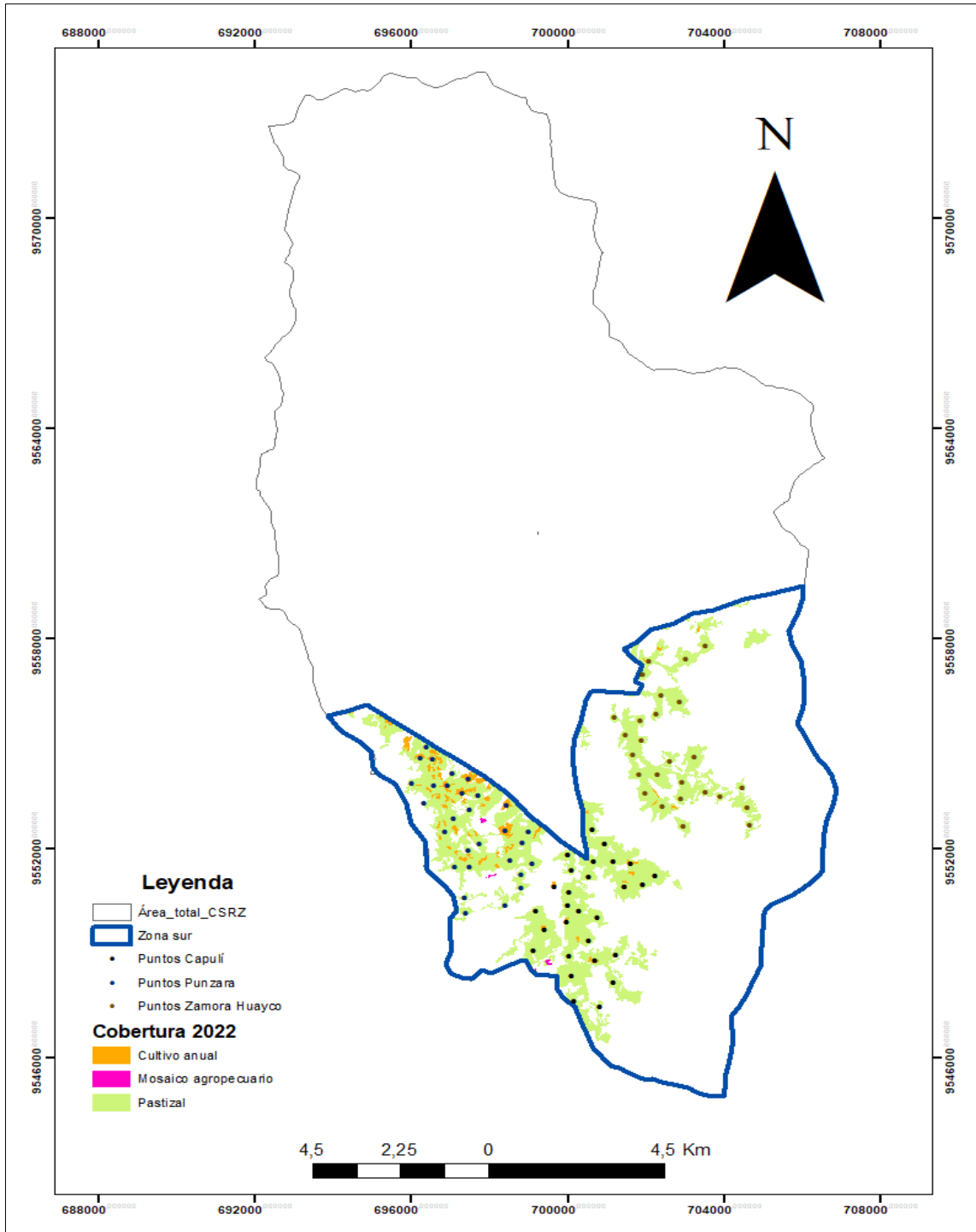







Figura 5. Mapa de la zona de estudio donde se identifica los puntos donde se realizaron las encuestas. Área de estudio, zona sur de la hoya de Loja (polígono azul). Fuente: Autoría propia.

Mediante la información proporcionada en la encuesta por los ganaderos y agricultores, el número de ganado predominante según su categoría son las aves de corral, seguido de los bovinos, cuyes, ovinos y porcinos, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Número de animales por tipo de ganado en las zonas de muestreo.

Tipo de ganado	Capulí (total de cabezas de ganado)	Punzara (total de cabezas de ganado)	Zamora Huayco (total de cabezas de ganado)
Aves de corral * 	303	547	467
Bovinos ** 	157	101	99
Conejos (cuyes) 	10	137	159
Ovinos 	22	3	11
Porcinos 	6	5	0

*Gallinas criadas a campo



**Vacas lecheras

Fuente: Autoría propia.

Asimismo, en la zona agrícola, el 40 % de los encuestados mencionan que siembran maíz y el 60 % hortalizas y verduras; en cuanto a la utilización de fertilizantes se identificó que los agricultores de los tres sectores usan gallinaza (fertilizante orgánico) para abonar los

cultivos; con mayor proporción en el sector de Punzara. Este mismo sector usa el abono azul o Nitrofoska (fertilizante inorgánico), que no es usado en El Capulí ni en Zamora Huayco (Tabla 8).

Tabla 8. Tipo y cantidad de fertilizante aplicado a los cultivos en las en las zonas de muestreo.

Tipo de fertilizante	Capulí (kg/ha)	Punzara (kg/ha)	Zamora Huayco (kg/ha)
Gallinaza* 	479	519	150
Abono azul (Nitrofoska) 	0	840	0

*Aves de corral (gallinas de campo)

Fuente: Autoría propia.

En la tabla 9, según el IPCC (1995; 2000), se muestra las fuentes potenciales de emisión para la zona suburbana al sur de la ciudad de Loja.

Tabla 9. Fuentes potenciales de emisiones de CH₄ y N₂O.

Uso de suelo	Fuente	Descripción	Emisión CH ₄	Emisión N ₂ O
Ganadería	Fermentación entérica	Emisiones por herbívoros, como consecuencia del proceso digestivo durante la descomposición de los hidratos de carbono por la acción de microorganismos.	X	
	Gestión del estiércol	Emisiones generadas por la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas.	X	
Agricultura	Suelos agrícolas	Emisiones directas procedentes de los suelos agrícolas.		X

Fuente: Adaptado a partir del IPCC (1995; 2000).

Por otro lado, la población encuestada indica sobre el aumento del ganado y cultivos, en su mayoría no desean ampliar su producción, por falta de dinero, no tienen terrenos o

espacios para sembrar o crianza de animales, insumos caros, el clima ha variado perjudicado los cultivos y crianza de animales.

6.2. Estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O en el área de estudio, aplicando la metodología nivel 1 del IPCC

En este apartado se presentan los resultados obtenidos sobre la estimación de CH₄ y N₂O al sur de ciudad de Loja.

Emisiones de CH₄ por fermentación entérica y gestión del estiércol

Emisiones de CH₄ por fermentación entérica en la ganadería

A los resultados de las encuestas se le aplicaron los factores de emisión y se obtuvo la cantidad de gas CH₄ por categoría de ganado excluyendo a los cuyes, para cada una de las fincas en los tres sectores de muestreo (Anexo 3).

A estos datos se le aplicó la ecuación 2, para la emisión de CH₄ por fermentación entérica, de acuerdo con el número y tipo de ganado se observa que la mayor emisión corresponde a la categoría de bovinos, debido a que el factor de emisión de las vacas lecheras es de 63 kgCH₄/cabeza/año. Sin embargo, las aves de corral muestran una mayor cantidad de cabezas de ganado, pero el factor de emisión es de 1 kgCH₄/cabeza/año, por ende, tiene baja emisión, en consecuencia (Figura 6).

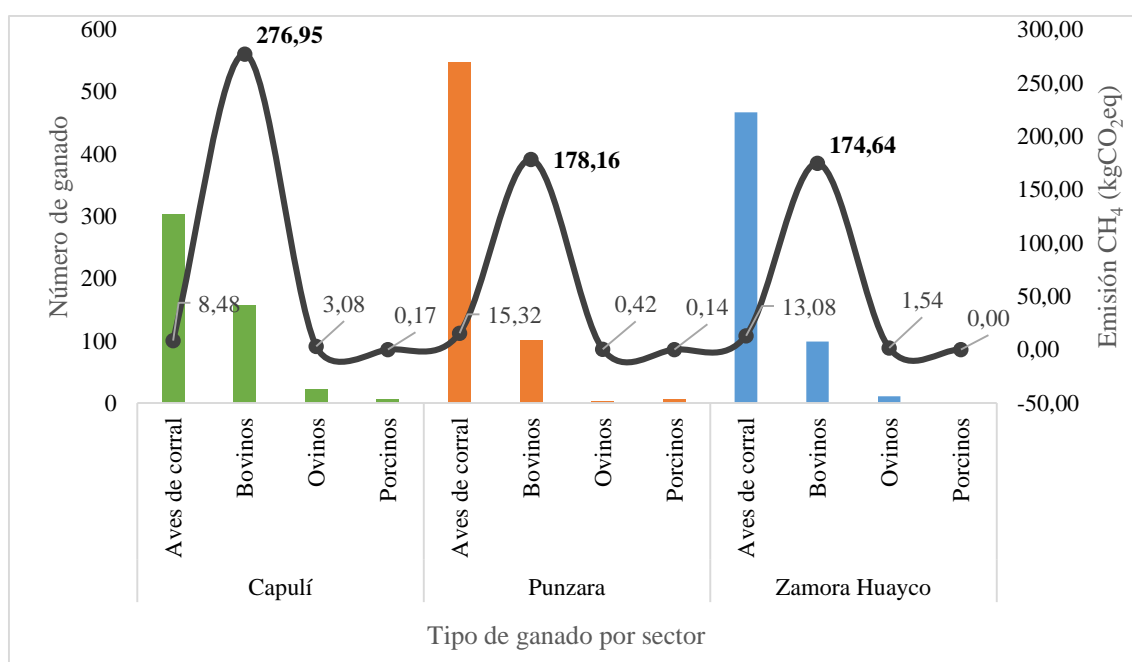


Figura 6. Emisiones de CH₄ por número y tipo de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.
Fuente: Autoría propia.

Por lo tanto, la mayor emisión de CH₄ le corresponde al sector Capulí con 288,68 kgCO₂eq en comparación a la emisión del sector Punzara y Zamora Huayco, tal como se muestra en la figura 7.

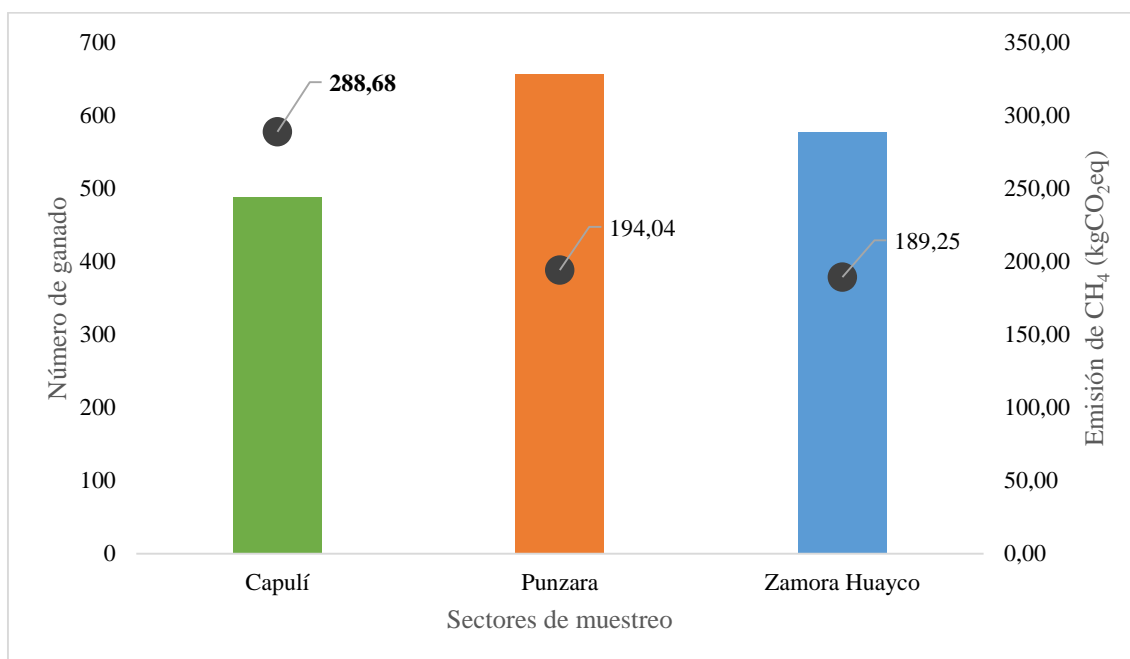


Figura 7. Total, de emisiones de CH₄ por número de cabezas de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.

Fuente: Autoría propia.

En la suma total de CH₄ por fermentación entérica de las zonas de muestreo se indica que la zona sur de la ciudad de Loja emite **671,97** kgCO₂eq a la atmósfera, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Emisiones de CH₄, por fermentación entérica en la zona ganadera.

Sector	Emisión de CH ₄ (kgCO ₂ eq)
Capulí	288,68
Punzara	194,04
Zamora Huayco	189,25
Total	671,97

Fuente: Autoría propia.

Emisiones de CH₄ por gestión del estiércol en la ganadería

A los resultados de las encuestas se le aplicaron los factores de emisión y se obtuvo la cantidad de gas CH₄ por categoría de ganado para cada una de las fincas en los tres sectores de muestreo (Anexo 4).

A estos datos se le aplicó la ecuación 3, en la gestión del estiércol, la mayor emisión de CH₄ en relación con el número de ganado le corresponde a la categoría de bovinos, debido a que el factor de emisión es de 1 kgCH₄/cabeza/año. Sin embargo, las aves de corral muestran una mayor cantidad de cabezas de ganado, pero el factor de emisión es de 0,02 kgCH₄/cabeza/año, por ende, tiene baja emisión, en consecuencia (Figura 8).

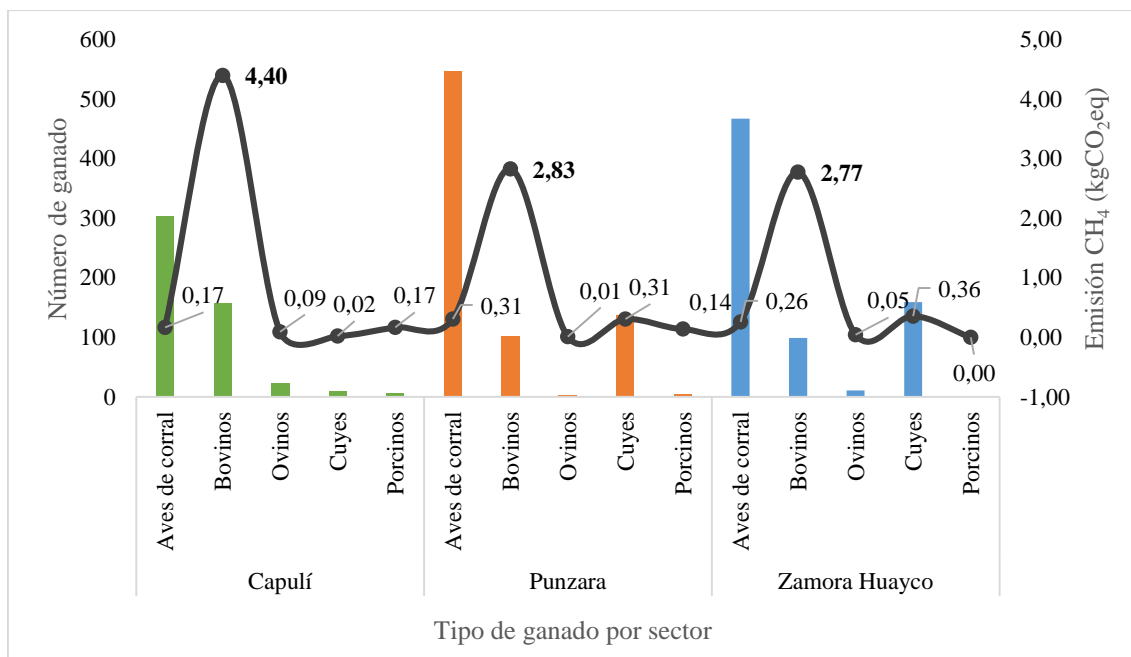


Figura 8. Emisiones de CH₄ por número y tipo de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.
Fuente: Autoría propia.

Por ende, el sector Capulí es el que más emisión de CH₄ aporta a la atmósfera, con 4,85 de kgCO₂eq en comparación al sector Zamora Huayco y El Capulí, véase en la figura 9.

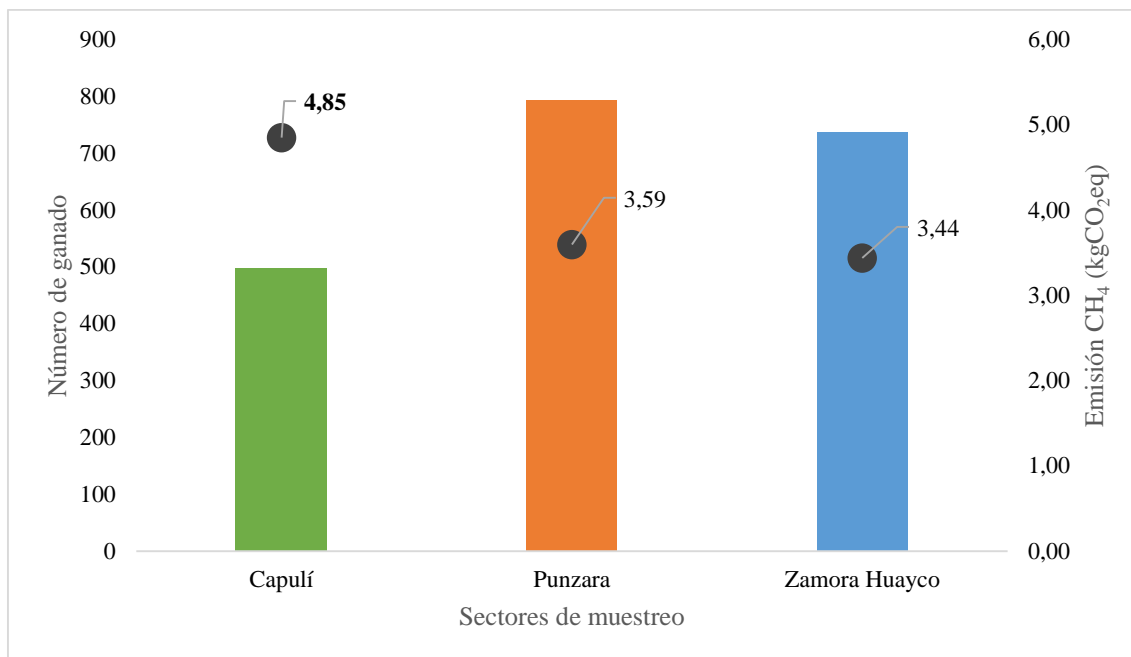


Figura 9. Total, de emisiones de CH₄ por número de cabezas de ganado registradas por área de estudio: Capulí, Punzara y Zamora Huayco.
Fuente: Autoría propia.

En la tabla 11 se observa que la zona sur de la ciudad de Loja emite de CH₄ un total de **11,88** kgCO₂eq a la atmósfera por gestión del estiércol.

Tabla 11. Emisiones de CH₄, por gestión del estiércol en la zona ganadera.

Sector	Emisión de CH ₄ (kgCO ₂ eq)
Capulí	4,85
Punzara	3,59
Zamora Huayco	3,44
Total	11,88

Fuente: Autoría propia.

Emisiones de N₂O por la agricultura

Emisiones directas de N₂O por fertilizante orgánico (gallinaza) e inorgánico (abono azul)

A los resultados de las encuestas se le aplicaron los factores de emisión y se obtuvo la cantidad de N₂O emitido por la gallinaza y el abono azul para cada una de las fincas en los tres sectores de muestreo (Anexo 5).

A estos datos se le aplicó la ecuación 5, en la figura 10 se observa que existe una mayor emisión de N₂O por el uso de la gallinaza y abono azul en el sector Punzara con 129,15 kgCO₂eq en comparación a la emisión del sector El Capulí y Zamora Huayco.

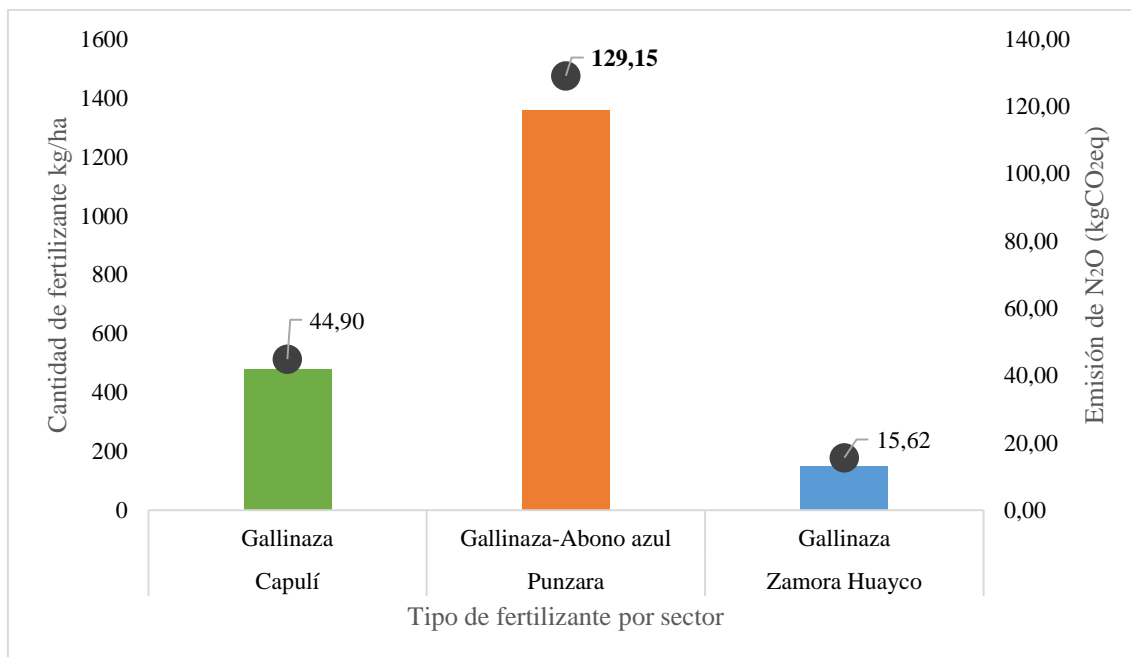


Figura 10. Emisiones de N₂O, por la agricultura en los sectores de muestreo (uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos).

Fuente: Autoría propia.

La emisión total de N₂O por uso de gallinaza y abono azul para la zona sur de la ciudad de Loja es de **189,67** kgCO₂eq que llega a la atmósfera, como se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. Emisiones de N₂O por uso de gallinaza y abono azul en la zona agrícola.

Sector	Emisión N ₂ O por gallinaza (kgCO ₂ eq)	Emisión N ₂ O por abono azul (kgCO ₂ eq)
Capulí	44,90	0
Punzara*	77,13	52,02
Zamora Huayco	15,62	0
Total, de todas las emisiones	189,67	

*Uso en mayor cantidad de gallinaza y abono azul.

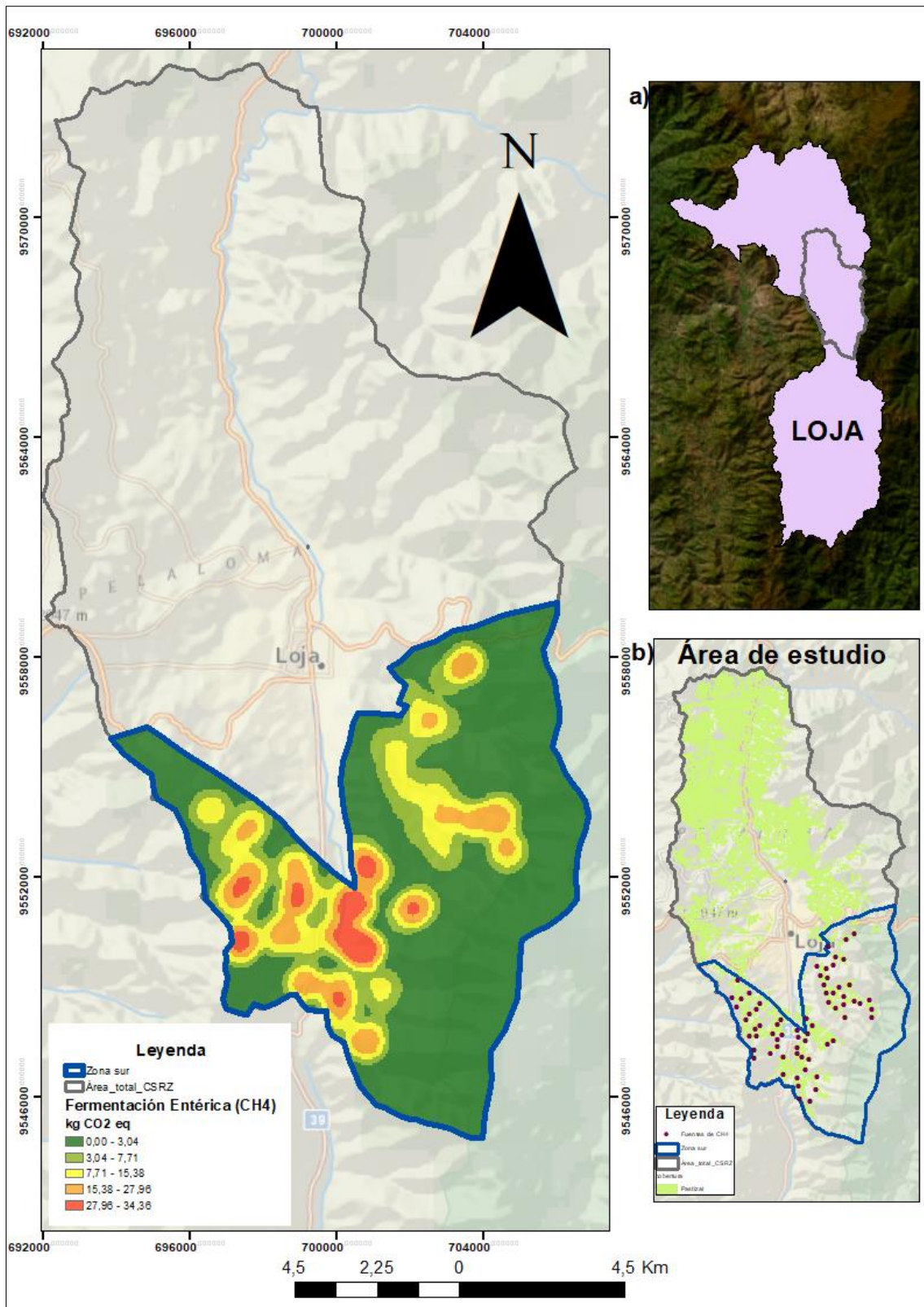
Fuente: Autoría propia.

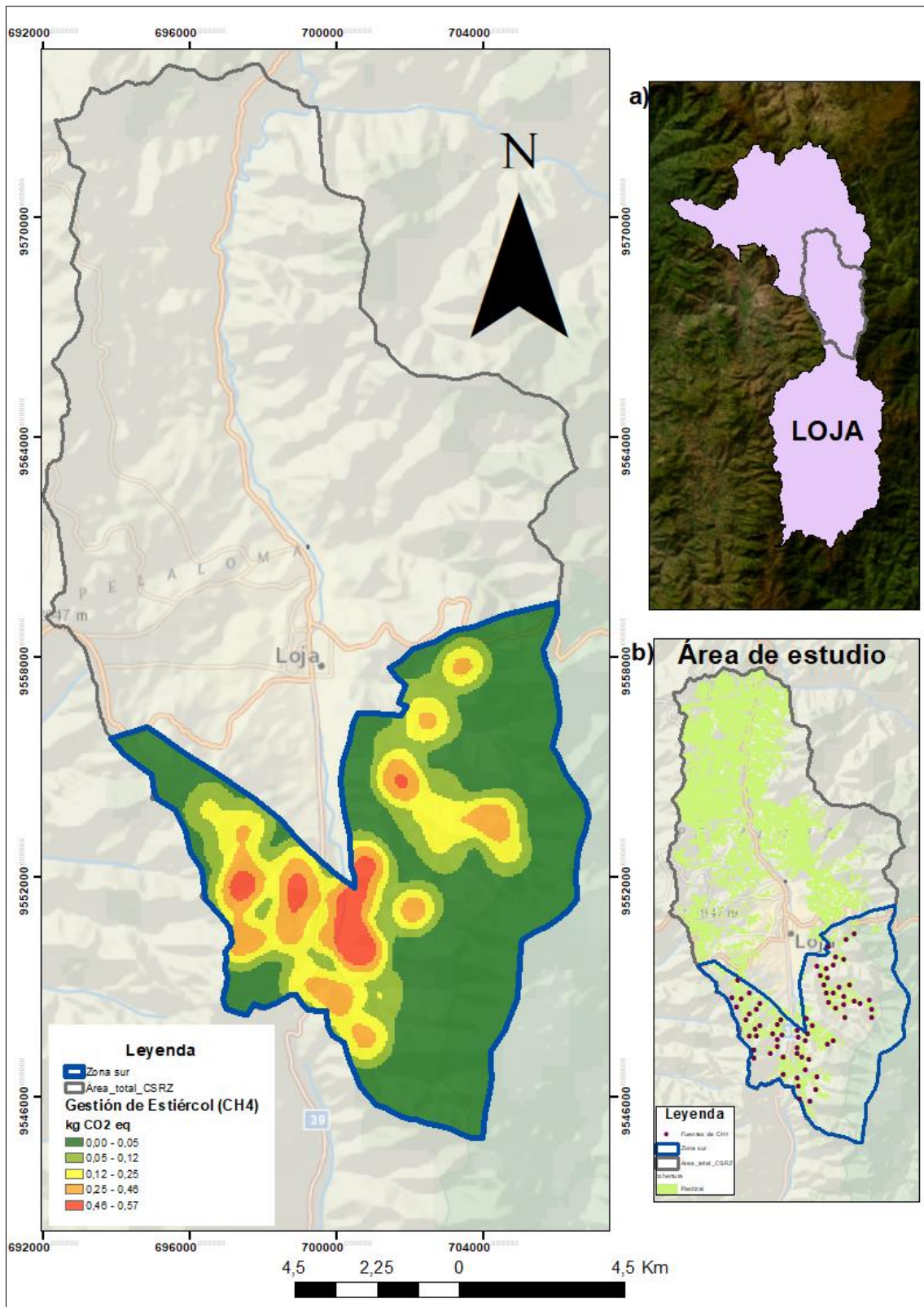
6.3. Elaboración de mapas de inventario de emisiones de CH₄ y N₂O y distribución de fuentes en la zona de estudio

La emisión de CH₄ en el sector ganadero por fermentación entérica es de 671,97 kgCO₂eq y gestión del estiércol fue de 11,88 kgCO₂eq y la emisión de N₂O en el sector agrícola por el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos con un total de 189,67 kgCO₂eq. Por lo tanto, las emisiones de CH₄ representan apenas el 2,02E-11 % del total nacional por fermentación entérica y por gestión del estiércol (3,57E-13 % del total nacional), en cambio el N₂O para suelos agrícolas obtiene valores de 5,70E-12 % de las emisiones a

nivel nacional; en este sentido en comparación con los datos de emisiones totales por fermentación entérica (44,32 %), gestión del estiércol (2,63 %) y suelos agrícolas (46,81 %), de acuerdo al MAE (2016) en el último Reporte del Inventario Nacional de GEI del año 2010, son bajos.

Por otro lado, el mapa de inventario de emisiones muestra que las mayores concentraciones de CH₄ se representaron en El Capulí por fermentación entérica y gestión del estiércol, dentro del sector ganadero; con respecto al N₂O por suelos agrícolas Punzara tiene mayor representatividad. Además, se puede evidenciar que la mayor concentración de estos gases según las curvas de nivel, se dio en la zona media y baja al sur de la ciudad de Loja, véase en la figura 11, figura 12 y figura 13 respectivamente.





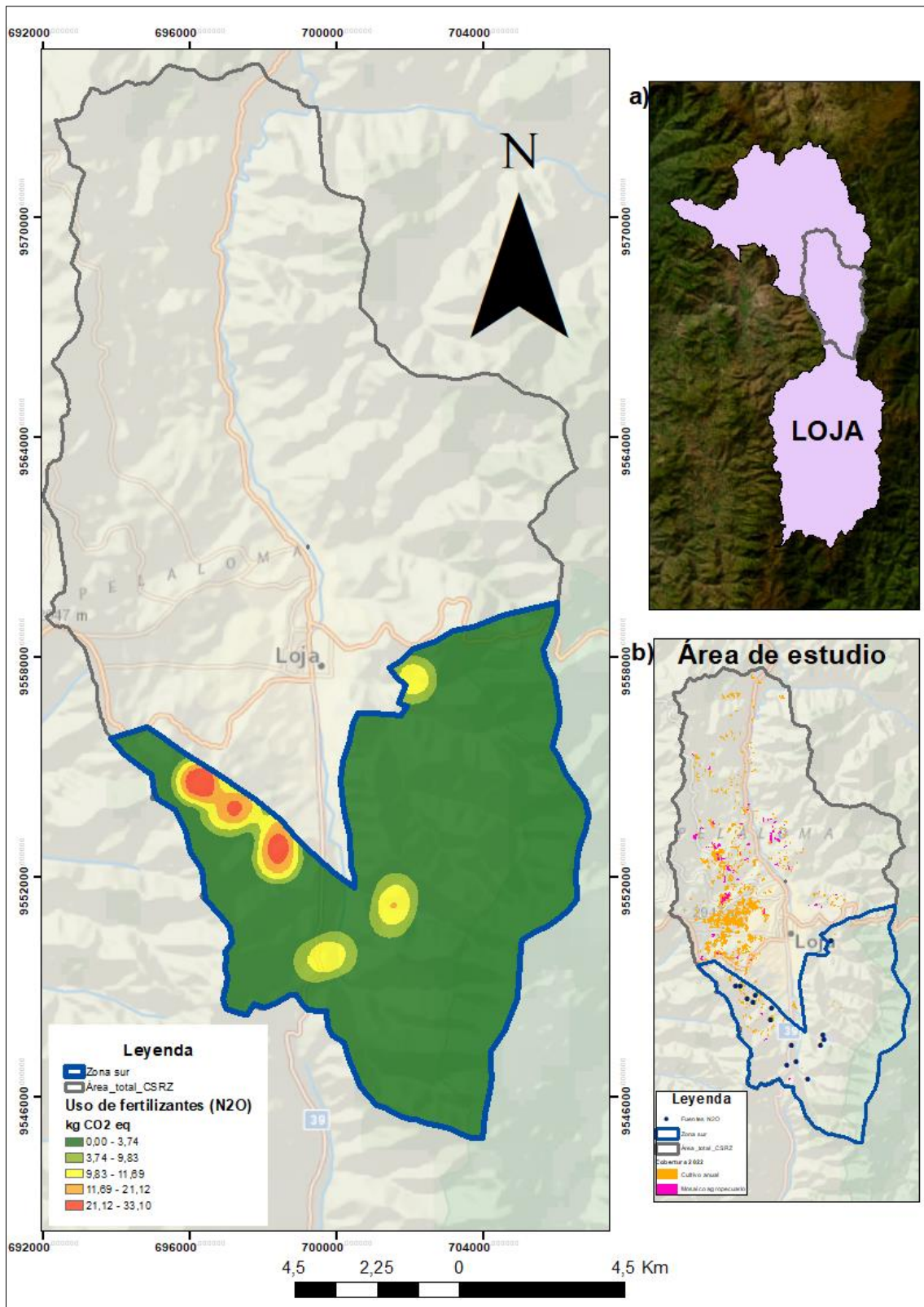


Figura 13. Distribución espacial de las fuentes de emisión de N₂O en el área de estudio donde se indican las áreas con mayor emisión a) Ubicación en el cantón Loja; b) Mapa de uso del suelo de cultivo anual y mosaico agropecuario.

Fuente: Autoría propia.

6.4. Análisis estadístico

En la tabla 13, se muestran las medidas de resumen basadas en las estimaciones, para CH₄ en la ganadería y N₂O en la agricultura, mostrando variaciones significativas en cuanto a los máximos y mínimos respecto a la mediana y media, el cual se puede observar de mejor forma en el anexo 6.

Tabla 13. Análisis descriptivo para las estimaciones de CH₄ y N₂O

Parámetro	CH ₄ FE kgCO ₂ eq	CH ₄ GE kgCO ₂ eq	CH ₄ T kgCO ₂ eq	N ₂ O kgCO ₂ eq
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	33,51	1,40	34,04	33,09
Media	1,61	0,11	1,73	2,28
Mediana	0	0	0	0

FE: Fermentación entérica; GE: Gestión de estiércol; T: Total

Al realizar la prueba de normalidad para las estimaciones totales de CH₄, se obtiene que son datos no paramétricos ya que al comparar con el p-valor 0,05 da como resultado un valor menor, de igual forma para N₂O, fue menor que el p-valor 0,05 lo que muestra que son datos no paramétricos, (Anexo 7). La prueba de Kruskal-Wallis dio como resultado un p-valor mayor a 0,05, demostrando que no hay diferencias significativas entre los sectores, evidenciándose esto en la figura 14.

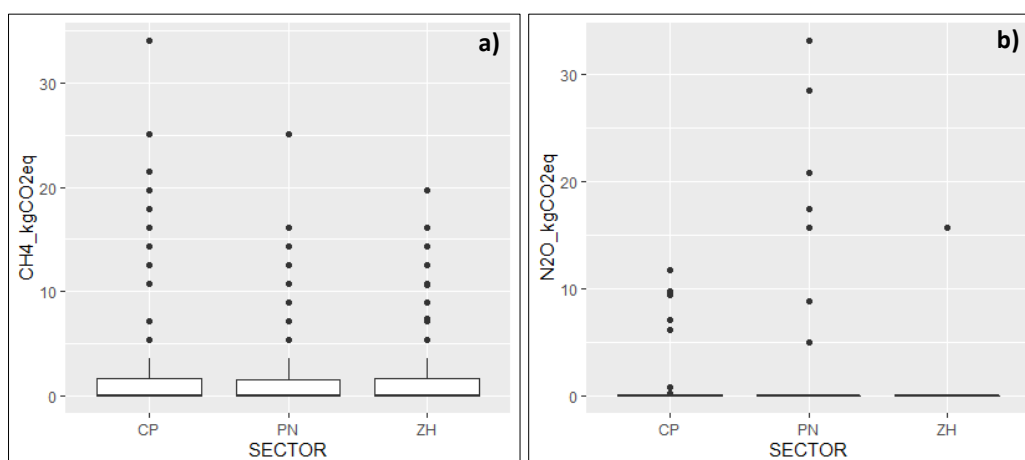


Figura 14. Boxplot de diferencias significativas entre los sectores de muestreo
a) Boxplot para CH₄; b) Boxplot para N₂O; CP: Capulí; PN: Punzara; ZH: Zamora Huayco.

7. Discusión

7.1. Uso de suelo

Con respecto a las clases de cobertura y uso de suelo que están dentro de la hoya de Loja para el año 2019, el área de pastizal fue de 9 366,73 hectáreas, lo que corresponde a un 33,79 % del área total de la ciudad de Loja, el cultivo anual de 862,83 con un 3,11 % y mosaicos agropecuarios 1 261,81 hectáreas, con 4,55 % (Medina y González, 2020). Sin embargo, según la clasificación supervisada en esta investigación para el año 2022 se identificó que el pastizal (10 541,91 = 38,03 %) y cultivo anual (1 065,87 = 3,84 %) han aumentado; pastizal fue de 1 175,18 hectáreas y cultivo anual 203,04 hectáreas. Por otra parte, la clase de mosaicos agropecuarios (132,75 = 0,48 %) ha disminuido 1 129,06 hectáreas en el área total de la hoya de Loja; por lo señalado, podría existir un incremento de N₂O por el incremento de las áreas de cultivo anual que demandan la utilización de fertilizantes nitrogenados. Debido a que el 60 % del nitrógeno aplicado a los cultivos viene del proceso industrial, de este 60 %, del 10-40 % es asimilado por el cultivo; mientras que el resto es exportado a las masas de agua produciendo: contaminación, eutrofización o toxicidad; o a la atmosfera, contribuyendo a la generación de ozono troposférico y favoreciendo el efecto invernadero (Lassaletta y Rovira, 2005).

En el caso de los pastizales, el incremento de más de 1 175 hectáreas es un indicador de un posible incremento de ganado en el área de estudio, lo que contribuiría a un incremento de emisiones de CH₄. Según Flores y coautores (2018), el continuo sobrepastoreo en la ganadería ha reducido la densidad y cobertura de gramíneas, reduciendo el potencial de producción y transformando la condición del pastizal de buena a pobre. Las áreas de pastizales en el lugar de estudio tienen una predominancia, como ocurre en varios países, que reportan incrementos sobre el 20 % de GEI en estas áreas, como lo reporta el INEC (2014) en un estudio en Costa Rica, que la producción bovina es la más difundida de las actividades agropecuarias, con la mayor área en uso agrícola bajo cobertura de pastizales. Por otro lado, en una investigación en la provincia de Buenos Aires de la cuenca baja del río Salado comprende 6,5 millones de ha, y de estas aún se conserva entre el 53 % y el 89 % de pastizales naturales o seminaturales según la subregión (Vázquez y Rojas, 2006), se estimaron las emisiones de CH₄ según el IPCC para el área de pastizal natural emite 4 500 kgCO₂eq a la atmósfera (Jacobo et al., 2020).

En lo referente a la distribución de posibles fuentes potenciales de emisión de GEI, estas se encuentran alrededor del perímetro urbano, zonas aptas que brindan las condiciones de

espacio para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas. En esta investigación en la zona suburbana al sur de la ciudad, los datos indican que la clase predominante para este año es el pastizal, con 2 417,87 hectáreas, el cultivo anual 129,53 hectáreas y mosaicos agropecuarios con 17,10 hectáreas. Según el Municipio de Loja (2014) las actividades de agricultura y ganadería se las realiza de forma tradicional, sin innovaciones tecnológicas. Por otro lado, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Municipio de Loja, menciona que estas actividades surgen de pequeños y medianos propietarios de tierras y con ello se produce un cambio en el uso del suelo: los grandes propietarios, al no contar con mano de obra, deciden cambiar la actividad de la agricultura por la ganadera, y las zonas de cultivos pasan a ser pastizales. En contraste, las pequeñas extensiones de tierra entregadas a los campesinos, que antes eran utilizadas en pastoreo y bosque secundario, pasan a ser utilizadas en cultivos de ciclo corto y temporal (Municipio de Loja, 2014).

7.2. Estimaciones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) en la zona de estudio

Los resultados obtenidos de CH₄ en la zona sur de la ciudad de Loja por fermentación entérica, mostró que el sector ganadero emite 671,97 kgCO₂eq a la atmósfera, proveniente de la subcategoría de bovinos, aves de corral, ovinos y porcinos, representando apenas el 2,02E-11 %; por gestión del estiércol la emisión de CH₄ fue de 11,88 kgCO₂eq para las categorías de bovinos, cobayos, aves de corral, ovinos y porcinos, con el 3,57E-13 %; en este sentido en comparación con los datos de emisiones totales por fermentación entérica (44,32 %), gestión del estiércol (2,63 %), de acuerdo al último Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010 son bajos (MAE, 2016). Estos resultados superan las estimaciones hechas por Torres y Santín (2016) en un estudio planteado en el Centro Binacional Experimental Zapotepamba del cantón Platas, provincia de Loja, quien registró en CH₄ 9,33 kgCO₂eq por fermentación entérica, proveniente de la subcategoría de bovinos y caprinos, con respecto a la gestión del estiércol fue de 107,43 kgCO₂eq para las subcategorías de bovinos, aves de corral y caprinos, esto se debe fundamentalmente a la metodología de cálculo empleada por el autor, el mismo que utiliza un distinto factor de emisión que no se ajusta a los lineamientos del IPCC. En un estudio en el departamento de Antioquia, Colombia, se estimó que las emisiones de CH₄ entérico provenientes de la población bovina lechera a partir de la información generada con los pastos y dietas fue de 796 kgCO₂eq (Marín, 2013). Al comparar las emisiones se puede identificar que en Colombia existe mayor

emisión de CH₄ porque influyen las variables como el clima, la dieta animal y la producción de pastos.

Con respecto al N₂O, las principales emisiones se centran en el sector agrícola, donde se produce principalmente maíz, verduras y hortalizas, en dichas áreas se utilizan fertilizantes nitrogenados y abonos orgánicos; las estimaciones basadas en el consumo de fertilizantes (Nitrofoska azul = 840 kg/ha) y abonos (gallinaza = 1 148 kg/ha) mostraron emisiones de 189,67 kgCO₂eq, debido a la concentración del N presente en el fertilizante orgánico (gallinaza = 4 %) /inorgánico (abono azul = 12 %), estas emisiones representan el 5,70E-12 %; en este sentido en comparación con las emisiones totales del país por suelos agrícolas (46,81 %), de acuerdo al último Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010, es bajo (MAE, 2016). Por otro lado, en un estudio, el estiércol de pollo o gallinaza mostró una nitrificación rápida en un cultivo de maíz, dando como resultado la emisión de N₂O un total de 12 kgCO₂eq (Khalil et al., 2001). Es imperante realizar estudios sobre emisión de N₂O porque, por ejemplo, en un estudio propuesto en un cafetal en Costa Rica, consideran una relación entre emisión de N₂O y área sembrada de café, al cultivo se le aplicó nitrato de amonio en una cantidad de 1 277 kg/ha, según la metodología del IPCC nivel 1 emite de N₂O a la atmósfera un total de 798 kgCO₂eq (Ballesteros, 2013), es decir que las áreas cultivadas emiten altos niveles de N₂O. Al comparar las emisiones de N₂O en abono orgánico son menores debido a que la concentración de N es menor, por ende, existe una baja emisión, sin embargo, la concentración del N en el abono sintético es mayor, por eso el N mineral se retuvo durante 2 a 4 semanas, esto es según el tipo y la cantidad de aplicación de N, por su parte va a existir mayor emisión (Khalil et al., 2001). Por ello es necesario buscar alternativas que consideren de manera inteligente la aplicación de N.

Por lo tanto, la emisión de CH₄ y N₂O en la zona sur de la ciudad de Loja es muy baja en comparación a los estudios en otros países, pero contribuyen al inventario de GEI a nivel nacional.

7.3. Mapa de inventario de emisiones en el área de estudio

Con respecto a los mapas de inventarios de emisiones de CH₄ y N₂O y distribución de fuentes en la zona de estudio, se mostró que la concentración de CH₄ en 68 fincas ganaderas emiten a la atmósfera 683,85 kgCO₂eq por fermentación entérica y gestión del estiércol; y la concentración de N₂O en 15 fincas agrícolas emite 189,67 kgCO₂eq. La

ubicación espacial y características fisiográficas de la zona sur de la ciudad de Loja según las curvas de nivel hacen que en la parte media y baja de la zona de estudio exista mayor concentración de CH₄ y N₂O porque las fincas se encuentran cerca de la vía y es de fácil acceso. Cabe resaltar, que estas zonas son muy sensibles para estas actividades, no son aptas para la actividad ganadera y agrícola porque existen viviendas que pueden ser afectadas. Bendini y coautores (2005), mencionan que la concentración y distribución de fuentes de emisión, están condicionadas a la alimentación, al número de ganado, a la composición del rodeo, y a las características del relieve (Bendini et al., 2005). Por otro lado, el incremento en las emisiones de CH₄ y N₂O se relaciona con una alta demanda de alimentos de origen animal y vegetal debido al crecimiento de la población humana (Núñez y Rodríguez, 2019).

Mediante las encuestas aplicadas a los ganaderos y agricultores de los tres sectores de muestreo, se pudo conocer la percepción que tienen con respecto al cambio climático; el 100 % de la población encuestada mencionó que en los últimos años existió mucha lluvia que afectó a los cultivos y pastos por la presencia de plagas, que provocaban que el cultivo no crezca y el pasto se seque. El clima en Ecuador está definido por la estación cálida y fría, también conocidas como verano e invierno, por su ubicación en la línea ecuatorial y la influencia de la humedad procedente de la región Amazónica. Por tal motivo, es preciso resaltar la vulnerabilidad del país frente posibles alteraciones ocasionadas por el calentamiento global (Farfán, 2018). Los efectos observados en Ecuador se demuestran en la percepción biofísica del territorio, como el deshielo de los nevados andinos, aumento de la temperatura, inundaciones, sequías, aumento del nivel del mar, afectaciones negativas de las actividades productivas y en la biodiversidad, entre otros (Aguilar et al., 2020).

Según Wuebbles y Hayhoe (2002), la emisión de CH₄ y N₂O son los principales contaminantes que agotan la capa de ozono, y se espera que siga siendo mayor a lo largo del siglo XXI. El CH₄ y el N₂O no están regulados por el Protocolo de Montreal (Secretaría, 2000). Por lo tanto, al limitar las futuras emisiones de estos gases, se podría mejorar la recuperación de la capa de ozono de su estado de agotamiento y también reduciría el forzamiento antropogénico del sistema climático, lo que representa una situación beneficiosa tanto para el ozono como para el clima.

Lamentablemente, la reglamentación ambiental en Ecuador no menciona la actividad agropecuaria, no existen LMP (Límites Máximos Permisibles) de emisión para estos

gases (Constitución Ecuador, 2008). Sería necesario generar estos valores para que se justifiquen y se exijan las buenas prácticas agrícolas y ganaderas.

8. Conclusiones

- En la zona suburbana al sur de la ciudad de Loja mediante clasificación supervisada demostró que la clase predominante para el año 2022 es el pastizal, con 2 417,87 hectáreas, en comparación al sector agrícola, el cual presentó una superficie de 146,63 hectáreas de cultivo anual y mosaicos agropecuarios, por lo tanto, dicha expansión se puede ver traducida en mayores tasas de emisiones de GEI.
- Se determinó que la fermentación entérica es el principal aporte de CH₄ en el sector ganadero y en menor cantidad se encuentra la gestión del estiércol, el mismo que se ve influenciado por el factor de emisión de acuerdo a la cantidad y tipo de ganado.
- Los mapas de inventarios de emisiones demostraron que la distribución espacial del CH₄ en el sector ganadero se concentró mayormente en El Capulí, ya sea por fermentación entérica como para gestión del estiércol y el N₂O en el sector agrícola, se concentró mayormente en Punzara por el uso de gallinaza y abono azul.
- Las ecuaciones para las estimaciones de GEI de acuerdo al IPCC, brindan información rápida e idónea sobre los factores de emisión utilizadas en el presente estudio, lo cual contribuye a la generación de información para el Inventario Nacional de GEI.

9. Recomendaciones

- Incentivar a que la presente investigación se extrapole a análisis en otros sectores para que se pueda tomar soluciones ante la generación de CH₄ y N₂O; en base a los estudios para los dos gases se pudiera establecer cuáles son los rangos mínimos en los cuales deben mantener la producción ganadera y agrícola para así evitar consecuencias sobre el ambiente.
- Medir los GEI con equipos específicos que sean más precisos y comparar con las estimaciones nivel 1 que se han hecho de manera indirecta, ya que solo son un punto de partida para el nivel 2 y nivel 3 propuestos por el IPCC.
- Considerar al hacer los cálculos de manera indirecta para la estimación de N₂O en la agricultura se pudiera realizar la estimación para diferentes tipos de fertilizantes aplicados a varios cultivos.

10. Bibliografía

- Aguilar, S. A. V., Ceferino, C. C. M., & Copo, H. F. B. (2020). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 72-76.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11– <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>.
- Anwar M., Muhuddin R., Liu D., Macadan I., and Kelly G. (2012). Adapting agriculture to climate change: A review. Australia. *Theor appl climatol*. p 21.
- Ballestero, J. M. (2013). Comparación de la emisión de óxido nitroso en el sector cafetalero de Costa Rica, utilizando los niveles 1 y 2 de IPCC.
- Bendini Mónica, Tsakumagkos Pedro & Nogues Carlos. (2005). Los crianceros trashumantes en Neuquén. In: BENDINI Mónica y ALEMANY Carlos (comp.), Crianceros y chacareros en la Patagonia, Cuaderno GESA 5- INTA-NCRCDR. Buenos Aires, La Colmena, 23-40.
- Bonilla Cárdenas, J. A., & Lemus Flores, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(2), 215-246.
- Bousquet, P., Ciais, P., Miller, J. B., Dlugokencky, E. J., Hauglustaine, D. A., Prigent, C., Van Der Werf, G. R., Peylin, P., Brunke, E. G., Carouge, C., Langenfelds, R. L., Lathière, J., Papa, F., Ramonet, M., Schmidt, M., Steele, L. P., Tyler, S. C., & White, J. (2006). Contribution of anthropogenic and natural sources to atmospheric methane variability. *Nature*, 443(7110), 439-443. <https://doi.org/10.1038/nature05132>
- CLIMATICO, S. E. C. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- COA (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente). (2019). En Ministerio del Ambiente y Agua (Vol. 1, Número 1).
- Coady, D., Parry, I. W. H., Sears, L., & Shang, B. (2015). *How large are global energy subsidies?* (Números 15-105). International Monetary Fund.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Art. 414. Montecristi, Ecuador

- Cooper M., Boston J., and Bright J. (2012). Police challenges for livestock emissions abatement: lessons from New Zealand. *NZ. Climate Policy*, Vol. 13. Núm. 1. p 110–133.
- Dávila, A. (2009). La cartografía temática. *Dirección Del Geoportal Del IGM*, 15. www.geoportalmgm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=104
- Denman, K.L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P.M., Dickinson, R.E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., da Silva Dias, P.L., Wofsy, S.C., Zhang, X., (2007). Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M. (Eds.), Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, U.*
- Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson, D. E., Lassey, K. R., de Lima, M. A., & Romanovskaya, A. (2006). Emissions from livestock and manure management. *Embrapa Meio Ambiente-Capítulo en libro científico (ALICE)*.
- Duque, J. (2017). Sobre los efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud (Basado en el texto Clean the air for children, UNICEF, 2016). *Recuperado el, 22*.
- 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.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). *Estimating greenhouse gas emissions in agriculture*. United Nations. Rome. 181 p.
- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2014). <http://faostat3.fao.org/home/E>. (2014). (Consulta: junio 10, 2015).
- Farfán, F. P. (2018). *Agroclimatología del Ecuador*. Editorial Abya-Yala.
- Flores, F. I., Rivera, M. M., Medina, S. M., Martín, F. I., & López, R. R. (2018). Cambios De Vegetacion Y Costos Asociados Con El Continuo Sobrepastoreo Del Ganado

En El Pastizal Mediano Abierto De Cananea, Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 42, 855-866.

- Flückiger, J. T. Blunier, B. Stauffer, J. Chappellaz, R. Spahni, K. Kawamura, J. Schwander, T. F. Stocker, and D. Dahl-Jensen. (2004). N₂O and CH₄ variations during the last glacial epoch: insight into global processes. *Glob. Biochem. Cycles* 18.
- Fong, K., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., & Deng-Beck, C. (2014). Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. *World Resources Institute*.
- Gallego, Alejandrina., Anselmo, G. F. I., Benjamín, S. G., Pilar, F. H., María, G. M. R., Carlos, B. Y. J., ... & Senén, D. A. J. (2012). *Contaminación atmosférica* (Vol. 6101305). Editorial UNED.
- Gay C. & Estrada F. (2010). Cambio climático y estadística oficial. *Revista Internacional de Estadística y Geo-grafía* 1(1), 1-7.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. Tempio, G. (2013) Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería - Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. 153 p.
- 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
- Gutiérrez Franco, Yanna. (2004). El comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea: efectos sobre el crecimiento económico y la calidad ambiental.
- Harvey, Celia A. (2008). Cambio climático y conservación de la biodiversidad en Mesoamérica: ¿Qué podemos hacer para conservar la biodiversidad en un clima cambiante? *Conferencia magistral, XII Congreso Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*. El Salvador.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). (2014). VI Censo Nacional Agropecuario (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 19 may. 2016. Disponible en <http://inec.cr/censos/censo-agropecuario-2014>

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Cambio Climático (2007). Informe de síntesis, disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, [Accesado: el 03 de septiembre de 2009].

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. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. En *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415416>

IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). (2020). El cambio climático y la tierra. En *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) (2006a). Chapter 10: Emissions from livestock and manure management. In H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme: Vol. 4. AFOLU* (p. 91). IGES, Japan.

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). (1995). *Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero: Segunda evaluación*. Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas.

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). (2000). *El cambio climático y la tierra. Panel Intergubernamental del Cambio Climático: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases*

de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres. Organización de las Naciones Unidas

- Jacobo, E., Cadaviz, N., Vecchio, M. C., & Rodríguez, A. (2020). Estimación del balance de gases de efecto invernadero en sistemas de producción ganadera de la cuenca del río Salado. *AgriScientia*, 37(1), 15–32. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.27514>
- Jordá, G., Larrucea, J. R., Miranda Chueca, M. Á., VaquerSunyer, R., Canals Guinand, V. J., Cladera Bohigas, A., . . . Moragues, P. d. (2019). El Cambio Climático. *En Estudio sobre la prospectiva económica, social y mediambiental de las sociedades de las Islas Baleares en el horizonte 2030 (H2030)*.pág.143-160. Capítulo 5. España: Consell Econòmic i Social de les Illes Balears.
- Kansri B., Filippo G., & B. J. (2018). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, pero no aprobado en detalles. *Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPPC) Editores: Kansri B., Filippo G., y Bubu J, 77.*
- Khalil, M., Rosenani, A., van Cleemput, O., Fauziah, C., & Shamshuddin, J. (2001). Nitrogen Management in a Maize-Groundnut Crop Rotation of Humid Tropics: Effect on N₂O Emission. *The Scientific World JOURNAL*, 1, 320–327. <https://doi.org/10.1100/tsw.2001.453>
- Klein, C. (2006). IPCC. Guidelines for national greenhouse gas inventories. 4(11):11-54.
- Lassaletta, L., & Rovira, J. (2005). Agricultura industrial y cambio global. *El ecologista*, núm. 45.
- Leip, A., Busto, M., & Winiwarter, W. (2011). Developing spatially stratified N₂O emission factors for Europe. *Environmental pollution*, 159(11), 3223-3232.
- MAE (Ministerio del Ambiente). (2009). “Política Ambiental Nacional”. Ministerio del Ambiente (MAE). Quito, Ecuador
- MAE (Ministerio del Ambiente). (2016). Reporte del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2010 de Ecuador, Quito-Ecuador.

- MAE (Ministerio del Ambiente). (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. “Política Ambiental Nacional”. Ministerio del Ambiente (MAE). Quito, Ecuador
- 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.)).
- Marín Gómez, A. (2013). *Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia, Colombia* [Universidad Nacional de Colombia]. In Universidad Nacional de Colombia Facultad, Ciencias Agrarias Medellín. <http://www.bdigital.unal.edu.co/11666/>
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y Muestreo* (13th ed.).
- Medina, L., & González, A. (2020). *Análisis del crecimiento urbano de la ciudad de Loja y su influencia sobre los recursos naturales circundantes en el periodo 2009-2019*. Universidad Nacional de Loja.
- Miller, G., (2007), *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, 8va edición, Editores Internacional Thomson, México.
- Montzka, S. A., Dlugokencky, E. J., & Butler, J. H. (2011). Non-CO2 greenhouse gases and climate change. *Nature*, 476(7358), 43-50. <https://doi.org/10.1038/nature10322>
- Municipio de Loja. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Municipio de Loja Actualización 2014-2022*. 10-16.
- National Park Service (2018). *What is climate change?* <http://www.nps.gov/goga/naturescience/climate-change-causes.htm>
- Núñez-Torres, Oscar Patricio., & Rodríguez-Barros, Marcos Antonio. (2019). Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático Agricultural by-products, an alternative in the feeding of ruminants in the face of climate change. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 24-37 DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2019.060100024>

- Oxford University. (2021). *Epicollect5 [Aplicación móvil]* (4.2.0). https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.ac.imperial.epicollect.five&hl=en_GB
- Robertson, P. (2004). Abatement of nitrous oxide, methane, and other non-CO₂ 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
- Santillán, V., Etchevers, J., Paz, F., & Alvarado, L. (2016). Ii. Análisis De Estrategias De Manejo Sobre Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Provenientes Del Suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83-96.
- Secretaría, O. (2000). Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia*.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L., & Fixen, P. E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133(3-4), 247-266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021>
- Sonesson Ui, Davis J, Ziegler F. (2010). Food production and emissions of greenhouse gases. an overview of the climate impact of different product groups. Estocolmo.
- Sosa, A., Galindo, J., Bocourt, R. (2007) Metanogénesis ruminal: aspectos generales y manipulación para su control *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 41, núm. 2, 2007, pp.105-114.
- Suquisupa Herrera, C. T. (2019). Emisión de óxido nitroso en sistemas de producción lechera en praderas naturales altoandinas durante la época seca.
- Torres, S., & Santín, J. (2016). *Análisis y determinación de la cantidad de gases de efecto invernadero del centro binacional de formación técnica Zapotepamba de la Universidad Nacional de Loja* [Universidad Nacional De Loja]. In Universidad Nacional De Loja (Vol. 1). <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/14070>
- Tubiello, F., Mirella Salvatore, A. P., Sandro Federici, A. F., Simone Rossi, A. F., Paola Cardenas, R. B., & Heather Jacobs, Paulina Prasula, & P. P. (2015). Estimación

de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura Un manual para abordar los requisitos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Uzawa, H. (2010). Global warming, carbon taxes and international fund for atmospheric stabilization. Initiative for policy dialogue. Climate Task Force Meeting, University of Manchester. Manchester, UK. 31 p.

Vargas, S., Onatra, W., Osorno, L., Páez, E., & Sáenz, O. (2008). Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. *Revista udca actualidad & divulgación científica*, 11(1), 31-45.

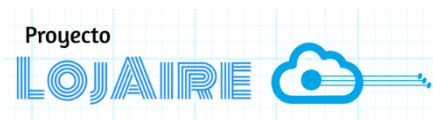
Vázquez, P. & Rojas, M. (2006). Zonificación Agroecológica del área de Influencia de la EEA Cuenca del Salado. (Publicación Técnica N° 2). Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.

Wark, K., & Warner, C. F. (1998). Contaminación del Aire, Origen y Control, México DF, Limusa. En *Limusa* (Vol. 1).

Wuebbles, DJ & Hayhoe, K. (2002). Metano atmosférico y cambio global. *Earth-Science Reviews* , 57 (3-4), 177-210.

11. Anexos

Anexo 1. Diseño de la encuesta a los propietarios de la tierra



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	CP	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	

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

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

Si No No sabe

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

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 2. Coordenadas de los puntos donde se realizaron muestreos en los tres sectores de muestreo.

N° de encuestas	Sector	Coordenadas				Uso de suelo
		X	Y	Latitud	Longitud	
1	Capulí	700159,906	9547628,42	4° 5' 26,321" S	79° 11' 49,008" W	Ganadero
2	Capulí	701167,285	9548186,72	4° 5' 21,486" S	79° 11' 5,489" W	Ganadero
3	Capulí	700099,999	9548360,68	4° 5' 6,073" S	79° 11' 45,622" W	Ganadero
4	Capulí	701246,521	9548962,78	4° 6' 1,956" S	79° 11' 22,656" W	Ganadero
5	Capulí	702263,049	9551218,25	4° 5' 51,022" S	79° 11' 32,356" W	Ganadero
6	Capulí	700838,537	9547481,57	4° 5' 42,772" S	79° 11' 40,403" W	Ganadero
7	Capulí	701622,88	9551582,56	4° 4' 49,520" S	79° 11' 29,681" W	Agrícola
8	Capulí	700036,435	9548914,36	4° 4' 46,987" S	79° 11' 52,262" W	Ganadero
9	Capulí	701667,966	9551288,08	4° 4' 12,611" S	79° 11' 46,248" W	Agrícola
10	Capulí	699970,688	9549893,19	4° 4' 12,611" S	79° 11' 55,306" W	Agrícola
11	Capulí	700548,194	9551179,22	4° 4' 8,903" S	79° 11' 30,321" W	Ganadero
12	Capulí	700303,535	9550221,27	4° 4' 1,907" S	79° 11' 44,540" W	Ganadero
13	Capulí	700043,184	9550767,37	4° 3' 44,149" S	79° 11' 53,019" W	Ganadero
14	Capulí	699147,832	9549084,62	4° 4' 38,992" S	79° 12' 21,923" W	Ganadero
15	Capulí	699202,866	9550222,86	4° 4' 1,935" S	79° 12' 20,221" W	Ganadero
16	Capulí	700011,434	9550373,67	4° 3' 56,967" S	79° 11' 54,020" W	Ganadero
17	Capulí	699667,018	9550914,53	4° 3' 39,673" S	79° 11' 5,844" W	Agrícola
18	Capulí	699424,75	9549677,94	4° 3' 17,345" S	79° 10' 59,112" W	Agrícola
19	Capulí	700774,401	9550013,79	4° 3' 30,962" S	79° 11' 37,224" W	Ganadero
20	Capulí	700101,393	9551389,67	4° 3' 23,887" S	79° 11' 51,177" W	Ganadero
21	Capulí	700022,017	9551813,01	4° 3' 10,113" S	79° 11' 53,781" W	Ganadero
22	Capulí	700672,716	9551634,41	4° 3' 15,856" S	79° 11' 22,248" W	Ganadero
23	Capulí	700974,519	9552143,74	4° 2' 59,277" S	79° 11' 22,928" W	Ganadero
24	Capulí	700640,821	9552553,84	4° 2' 45,960" S	79° 11' 37,538" W	Ganadero

N° de encuestas	Sector	Coordenadas				Uso de suelo
		X	Y	Latitud	Longitud	
25	Capulí	700713,821	9548795,16	4° 2' 31,008" S	79° 11' 38,968" W	Agrícola
26	Capulí	701468,784	9550906,57	4° 4' 18,718" S	79° 12' 14,471" W	Agrícola
27	Capulí	700565,366	9549371,97	4° 5' 3,507" S	79° 11' 17,933" W	Ganadero
28	Capulí	701924,673	9550983,2	4° 3' 9,512" S	79° 11' 10,140" W	Ganadero
1	Punzara	697397,611	9550145,66	4° 4' 4,578" S	79° 13' 18,737" W	Ganadero
2	Punzara	698417,581	9550375,85	4° 3' 57,012" S	79° 12' 45,689" W	Ganadero
3	Punzara	697385,704	9550602,07	4° 3' 49,722" S	79° 13' 19,156" W	Ganadero
4	Punzara	698806,52	9550864	4° 3' 41,093" S	79° 12' 33,115" W	Ganadero
5	Punzara	698818,426	9551252,94	4° 3' 28,431" S	79° 12' 32,757" W	Ganadero
6	Punzara	699100,208	9551562,51	4° 3' 18,334" S	79° 12' 23,645" W	Ganadero
7	Punzara	698444,704	9553235,77	4° 3' 21,460" S	79° 12' 54,087" W	Agrícola
8	Punzara	698837,485	9552171,9	4° 3' 9,862" S	79° 12' 36,362" W	Ganadero
9	Punzara	699019,377	9552488,38	4° 2' 48,200" S	79° 12' 26,332" W	Ganadero
10	Punzara	697504,635	9551486,27	4° 3' 20,930" S	79° 13' 15,363" W	Ganadero
11	Punzara	697479,102	9551933,68	4° 3' 6,367" S	79° 13' 16,223" W	Ganadero
12	Punzara	697476,058	9554003,5	4° 2' 48,473" S	79° 12' 46,671" W	Agrícola
13	Punzara	697308,351	9553569,84	4° 2' 28,562" S	79° 12' 40,025" W	Agrícola
14	Punzara	697744,088	9552133,13	4° 3' 7,063" S	79° 13' 38,994" W	Ganadero
15	Punzara	696854,684	9552472,11	4° 2' 48,884" S	79° 13' 36,503" W	Ganadero
16	Punzara	697080,904	9552845,18	4° 2' 36,724" S	79° 13' 29,196" W	Ganadero
17	Punzara	696552,964	9554557,8	4° 2' 28,789" S	79° 13' 4,512" W	Agrícola
19	Punzara	696225,524	9554590,5	4° 2' 7,995" S	79° 13' 7,645" W	Agrícola
20	Punzara	696918,177	9553795,71	4° 2' 15,023" S	79° 13' 31,173" W	Agrícola
18	Punzara	698548,378	9551662,34	4° 2' 11,322" S	79° 12' 52,971" W	Ganadero
21	Punzara	697722,937	9553513,92	4° 2' 20,870" S	79° 13' 46,470" W	Ganadero
22	Punzara	696588,778	9553805,61	4° 2' 5,493" S	79° 13' 45,217" W	Ganadero
23	Punzara	696013,308	9553857,21	4° 2' 3,855" S	79° 14' 3,875" W	Ganadero
24	Punzara	697068,997	9554150,9	4° 1' 54,219" S	79° 13' 29,674" W	Ganadero
25	Punzara	696394,309	9554897,02	4° 1' 29,979" S	79° 13' 51,598" W	Ganadero
26	Punzara	696318,906	9553305,47	4° 1' 44,845" S	79° 13' 55,683" W	Ganadero
27	Punzara	697118,585	9551481,7	4° 1' 18,035" S	79° 14' 24,559" W	Ganadero
28	Punzara	697510,568	9553117,51	4° 1' 6,181" S	79° 14' 39,636" W	Ganadero
29	Punzara	698401,276	9552511,2	4° 1' 1,502" S	79° 14' 29,328" W	Agrícola
1	Zamora Huayco	702963,62	9552652,04	4° 2' 45,647" S	79° 10' 17,171" W	Ganadero
2	Zamora Huayco	704670,842	9552658,45	4° 2' 42,252" S	79° 9' 23,145" W	Ganadero
3	Zamora Huayco	704612,633	9553171,74	4° 2' 25,547" S	79° 9' 25,070" W	Ganadero
4	Zamora Huayco	704469,758	9553743,24	4° 2' 6,955" S	79° 9' 29,743" W	Ganadero
5	Zamora Huayco	703930,007	9553478,66	4° 2' 15,607" S	79° 9' 47,220" W	Ganadero
6	Zamora Huayco	703543,715	9553605,66	4° 2' 11,501" S	79° 9' 59,751" W	Ganadero
7	Zamora Huayco	702924,588	9553420,45	4° 2' 17,575" S	79° 10' 19,807" W	Ganadero
8	Zamora Huayco	702929,88	9553912,58	4° 2' 1,555" S	79° 10' 19,671" W	Ganadero
9	Zamora Huayco	702427,171	9553192,91	4° 2' 25,019" S	79° 10' 35,915" W	Ganadero
10	Zamora Huayco	701993,253	9553595,08	4° 2' 11,959" S	79° 10' 50,010" W	Ganadero

N° de encuestas	Sector	Coordenadas				Uso de suelo
		X	Y	Latitud	Longitud	
11	Zamora Huayco	702300,17	9554124,24	4° 1' 54,711" S	79° 10' 40,099" W	Ganadero
12	Zamora Huayco	702617,671	9554505,24	4° 1' 42,286" S	79° 10' 29,835" W	Ganadero
13	Zamora Huayco	703257,964	9554611,08	4° 1' 38,794" S	79° 10' 9,087" W	Ganadero
14	Zamora Huayco	701686,336	9554679,87	4° 1' 36,669" S	79° 11' 0,037" W	Ganadero
15	Zamora Huayco	701892,711	9555103,2	4° 1' 22,873" S	79° 10' 53,378" W	Ganadero
16	Zamora Huayco	701485,252	9555246,08	4° 1' 18,252" S	79° 11' 6,596" W	Ganadero
17	Zamora Huayco	701860,961	9555669,41	4° 1' 4,444" S	79° 10' 54,448" W	Ganadero
18	Zamora Huayco	701227,125	9555762,87	4° 1' 4,148" S	79° 11' 15,890" W	Ganadero
19	Zamora Huayco	702894,629	9556204,94	4° 1' 6,278" S	79° 11' 44,188" W	Ganadero
20	Zamora Huayco	702289,587	9555859,91	4° 0' 58,212" S	79° 10' 40,568" W	Ganadero
21	Zamora Huayco	702422,292	9556394,06	4° 0' 42,591" S	79° 10' 26,451" W	Ganadero
22	Zamora Huayco	701948,274	9556989,69	4° 0' 21,460" S	79° 10' 51,713" W	Ganadero
23	Zamora Huayco	702100,811	9557374,5	3° 59' 58,486" S	79° 10' 39,216" W	Agrícola
24	Zamora Huayco	703031,745	9557426,25	4° 0' 7,171" S	79° 10' 16,624" W	Ganadero
25	Zamora Huayco	701854,714	9554128,87	3° 59' 35,094" S	79° 10' 0,229" W	Ganadero
26	Zamora Huayco	703547,37	9557816,96	3° 59' 48,028" S	79° 9' 18,765" W	Ganadero

Anexo 3. Factor de emisión y número de ganado según la categoría por finca y sector.

Sector	Finca	Eftvl	Efto	Eftpo	Eftav	Nvl	No	Npo	Nav
Capulí	1	63	5	1	1	2	2	0	30
Capulí	2	63	5	1	1	1	0	2	50
Capulí	3	63	5	1	1	9	0	0	0
Capulí	4	63	5	1	1	6	0	0	0
Capulí	5	63	5	1	1	9	0	0	0
Capulí	6	63	5	1	1	12	2	0	0
Capulí	8	63	5	1	1	10	0	0	0
Capulí	11	63	5	1	1	14	0	0	0
Capulí	12	63	5	1	1	10	2	0	0
Capulí	13	63	5	1	1	6	0	0	0
Capulí	14	63	5	1	1	11	3	0	18
Capulí	15	63	5	1	1	7	0	0	0
Capulí	16	63	5	1	1	4	2	0	17
Capulí	19	63	5	1	1	19	2	0	20
Capulí	20	63	5	1	1	4	0	0	30
Capulí	21	63	5	1	1	2	0	2	30
Capulí	22	63	5	1	1	3	2	0	33
Capulí	23	63	5	1	1	11	2	0	30
Capulí	24	63	5	1	1	8	3	2	25
Capulí	27	63	5	1	1	2	0	0	0
Capulí	28	63	5	1	1	7	2	0	20
Punzara	1	63	5	1	1	14	0	0	0
Punzara	2	63	5	1	1	9	0	0	35

Sector	Finca	Eftvl	Efto	Eftpo	Eftav	Nvl	No	Npo	Nav
Punzara	3	63	5	1	1	4	0	0	30
Punzara	4	63	5	1	1	3	0	0	30
Punzara	5	63	5	1	1	6	0	0	30
Punzara	6	63	5	1	1	9	0	0	15
Punzara	8	63	5	1	1	8	0	0	0
Punzara	9	63	5	1	1	2	2	3	30
Punzara	10	63	5	1	1	4	0	2	35
Punzara	11	63	5	1	1	4	1	0	45
Punzara	14	63	5	1	1	7	0	0	35
Punzara	15	63	5	1	1	1	0	0	26
Punzara	16	63	5	1	1	4	0	0	25
Punzara	18	63	5	1	1	0	0	0	29
Punzara	21	63	5	1	1	6	0	0	20
Punzara	22	63	5	1	1	7	0	0	24
Punzara	23	63	5	1	1	0	0	0	22
Punzara	24	63	5	1	1	0	0	0	27
Punzara	25	63	5	1	1	0	0	0	26
Punzara	26	63	5	1	1	0	0	0	26
Punzara	27	63	5	1	1	8	0	0	37
Punzara	28	63	5	1	1	5	0	0	0
Zamora Huayco	1	63	5	1	1	4	2	0	50
Zamora Huayco	2	63	5	1	1	8	0	0	15
Zamora Huayco	3	63	5	1	1	3	0	0	25
Zamora Huayco	4	63	5	1	1	10	2	0	0
Zamora Huayco	5	63	5	1	1	7	0	0	0
Zamora Huayco	6	63	5	1	1	5	0	0	0
Zamora Huayco	7	63	5	1	1	3	1	0	20
Zamora Huayco	8	63	5	1	1	3	0	0	0
Zamora Huayco	9	63	5	1	1	3	0	0	30
Zamora Huayco	10	63	5	1	1	1	0	0	25
Zamora Huayco	11	63	5	1	1	2	0	0	31
Zamora Huayco	12	63	5	1	1	1	0	0	37
Zamora Huayco	13	63	5	1	1	0	3	0	29
Zamora Huayco	14	63	5	1	1	12	0	0	20
Zamora Huayco	15	63	5	1	1	0	0	0	0
Zamora Huayco	16	63	5	1	1	1	0	0	30
Zamora Huayco	17	63	5	1	1	2	1	0	25
Zamora Huayco	18	63	5	1	1	2	0	0	0
Zamora Huayco	19	63	5	1	1	4	0	0	28
Zamora Huayco	20	63	5	1	1	2	0	0	29
Zamora Huayco	21	63	5	1	1	6	0	0	33
Zamora Huayco	22	63	5	1	1	3	0	0	5
Zamora Huayco	24	63	5	1	1	4	0	0	10
Zamora Huayco	25	63	5	1	1	2	0	0	25

Zamora Huayco	26	63	5	1	1	11	2	0	0
---------------	----	----	---	---	---	----	---	---	---

Eftvl (Factor de emisión de las vacas lecheras); Efto (Factor de emisión de los ovinos); Eftpo (Factor de emisión de los porcinos); Eftav (Factor de emisión de las aves de corral). Fermentación entérica.

Anexo 4. Factor de emisión y número de ganado según la categoría por finca y sector.

Sector	Finca	Eftvl	Efto	Eftpo	Eftav	Eftcuy	Nvl	No	Npo	Nav	Ncuy
Capulí	1	1	0,15	1	0,02	0,08	2	2	0	30	0
Capulí	2	1	0,15	1	0,02	0,08	1	0	2	50	0
Capulí	3	1	0,15	1	0,02	0,08	9	0	0	0	0
Capulí	4	1	0,15	1	0,02	0,08	6	0	0	0	0
Capulí	5	1	0,15	1	0,02	0,08	9	0	0	0	0
Capulí	6	1	0,15	1	0,02	0,08	12	2	0	0	0
Capulí	8	1	0,15	1	0,02	0,08	10	0	0	0	0
Capulí	11	1	0,15	1	0,02	0,08	14	0	0	0	0
Capulí	12	1	0,15	1	0,02	0,08	10	2	0	0	0
Capulí	13	1	0,15	1	0,02	0,08	6	0	0	0	0
Capulí	14	1	0,15	1	0,02	0,08	11	3	0	18	0
Capulí	15	1	0,15	1	0,02	0,08	7	0	0	0	0
Capulí	16	1	0,15	1	0,02	0,08	4	2	0	17	0
Capulí	19	1	0,15	1	0,02	0,08	19	2	0	20	10
Capulí	20	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	0	30	0
Capulí	21	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	2	30	0
Capulí	22	1	0,15	1	0,02	0,08	3	2	0	33	0
Capulí	23	1	0,15	1	0,02	0,08	11	2	0	30	0
Capulí	24	1	0,15	1	0,02	0,08	8	3	2	25	0
Capulí	27	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	0	0	0
Capulí	28	1	0,15	1	0,02	0,08	7	2	0	20	0
Punzara	1	1	0,15	1	0,02	0,08	14	0	0	0	0
Punzara	2	1	0,15	1	0,02	0,08	9	0	0	35	0
Punzara	3	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	0	30	0
Punzara	4	1	0,15	1	0,02	0,08	3	0	0	30	13
Punzara	5	1	0,15	1	0,02	0,08	6	0	0	30	15
Punzara	6	1	0,15	1	0,02	0,08	9	0	0	15	11
Punzara	8	1	0,15	1	0,02	0,08	8	0	0	0	0
Punzara	9	1	0,15	1	0,02	0,08	2	2	3	30	0
Punzara	10	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	2	35	10
Punzara	11	1	0,15	1	0,02	0,08	4	1	0	45	15
Punzara	14	1	0,15	1	0,02	0,08	7	0	0	35	7
Punzara	15	1	0,15	1	0,02	0,08	1	0	0	26	8
Punzara	16	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	0	25	10
Punzara	18	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	29	10
Punzara	21	1	0,15	1	0,02	0,08	6	0	0	20	7
Punzara	22	1	0,15	1	0,02	0,08	7	0	0	24	0
Punzara	23	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	22	9

Sector	Finca	Eftvl	Efto	Eftpo	Eftav	Eftcuy	Nvl	No	Npo	Nav	Ncuy
Punzara	24	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	27	0
Punzara	25	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	26	17
Punzara	26	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	26	0
Punzara	27	1	0,15	1	0,02	0,08	8	0	0	37	0
Punzara	28	1	0,15	1	0,02	0,08	5	0	0	0	5
Zamora Huayco	1	1	0,15	1	0,02	0,08	4	2	0	50	10
Zamora Huayco	2	1	0,15	1	0,02	0,08	8	0	0	15	0
Zamora Huayco	3	1	0,15	1	0,02	0,08	3	0	0	25	0
Zamora Huayco	4	1	0,15	1	0,02	0,08	10	2	0	0	0
Zamora Huayco	5	1	0,15	1	0,02	0,08	7	0	0	0	0
Zamora Huayco	6	1	0,15	1	0,02	0,08	5	0	0	0	0
Zamora Huayco	7	1	0,15	1	0,02	0,08	3	1	0	20	9
Zamora Huayco	8	1	0,15	1	0,02	0,08	3	0	0	0	0
Zamora Huayco	9	1	0,15	1	0,02	0,08	3	0	0	30	0
Zamora Huayco	10	1	0,15	1	0,02	0,08	1	0	0	25	10
Zamora Huayco	11	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	0	31	5
Zamora Huayco	12	1	0,15	1	0,02	0,08	1	0	0	37	12
Zamora Huayco	13	1	0,15	1	0,02	0,08	0	3	0	29	10
Zamora Huayco	14	1	0,15	1	0,02	0,08	12	0	0	20	40
Zamora Huayco	15	1	0,15	1	0,02	0,08	0	0	0	0	7
Zamora Huayco	16	1	0,15	1	0,02	0,08	1	0	0	30	0
Zamora Huayco	17	1	0,15	1	0,02	0,08	2	1	0	25	0
Zamora Huayco	18	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	0	0	0
Zamora Huayco	19	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	0	28	8
Zamora Huayco	20	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	0	29	10
Zamora Huayco	21	1	0,15	1	0,02	0,08	6	0	0	33	9
Zamora Huayco	22	1	0,15	1	0,02	0,08	3	0	0	5	11
Zamora Huayco	24	1	0,15	1	0,02	0,08	4	0	0	10	0
Zamora Huayco	25	1	0,15	1	0,02	0,08	2	0	0	25	10
Zamora Huayco	26	1	0,15	1	0,02	0,08	11	2	0	0	8

Eftvl (Factor de emisión de las vacas lecheras); Efto (Factor de emisión de los ovinos); Eftpo (Factor de emisión de los porcinos); Eftav (Factor de emisión de las aves de corral); Eftcuy (Factor de emisión de los cuyes). Gestión del estiércol.

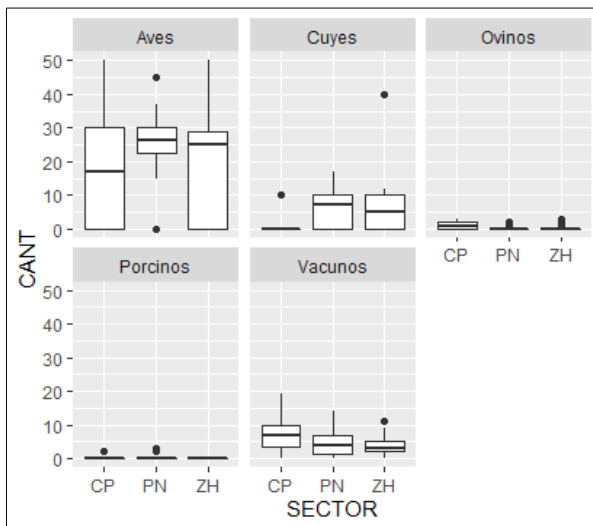
Anexo 5. Factor de emisión y cantidad en kg/ha de gallinaza y abono azul por finca y sector.

Sector	Finca	Cant	ha	Concentración	CTN	EF	44/28
Capulí	7	85	0,8	0,04	2375	0,01	1,57142857
Capulí	9	65	0,9	0,04	1463	0,01	1,57142857
Capulí	10	112	1	0,04	4463	0,01	1,57142857
Capulí	17	18	0,4	0,04	180	0,01	1,57142857
Capulí	18	93	1	0,04	2325	0,01	1,57142857
Capulí	25	8	0,3	0,04	60	0,01	1,57142857
Capulí	26	98	0,9	0,04	2550	0,01	1,57142857
Punzara	7	300	2	0,12	5000	0,01	1,57142857

Sector	Finca	Cant	ha	Concentración	CTN	EF	44/28
Punzara	12	250	2	0,12	4167	0,01	1,57142857
Punzara	13	120	1,2	0,12	1000	0,01	1,57142857
Punzara	17	170	1,5	0,12	1250	0,01	1,57142857
Punzara	19	187	1,7	0,04	19375	0,01	1,57142857
Punzara	20	150	1	0,04	3225	0,01	1,57142857
Punzara	29	182	1,5	0,04	6750	0,01	1,57142857
Zamora Huayco	23	150	1	0,04	3750	0,01	1,57142857

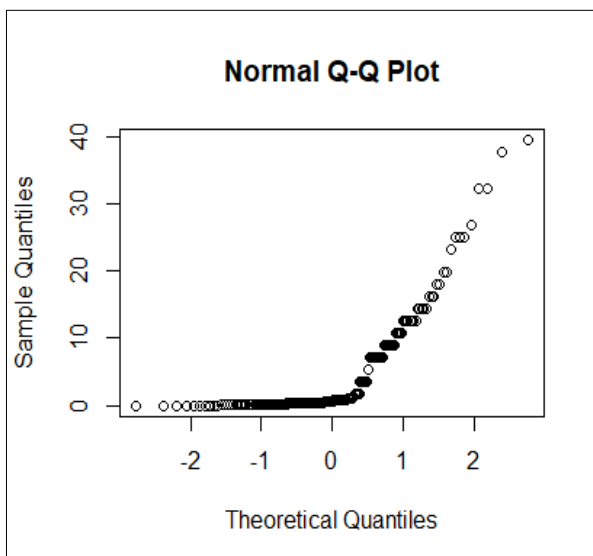
Cant (cantidad en kg del abono aplicado a los cultivos); ha (hectárea de cultivo); Concentración (Concentración del N presente en el fertilizante orgánico gallinaza = 4 %; inorgánico abono azul = 12 %); CTN (Cantidad Total de Nitrógeno en kg/ha); EF (factor de emisión o coeficiente es igual a 0,01); 44/28 (es igual a 1,57142857 que representa el peso molecular de N₂O en relación con las moléculas de nitrógeno contenidas en el óxido nitroso (N₂O/ N₂O-N)).

Anexo 6. Distribución y tendencia de los datos.



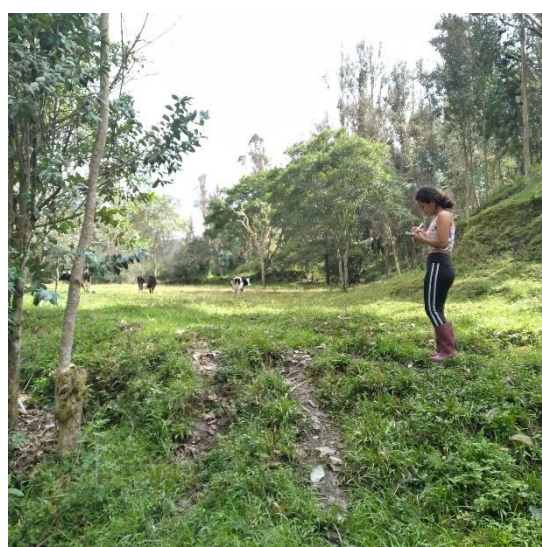
Distribución de datos respecto a la cantidad de ganado

Anexo 7. Distribución y normalidad de datos.



Distribución de las estimaciones

Anexo 8. Encuestas dirigidas a los ganaderos y agricultores de la zona sur de la ciudad de Loja.









Anexo 9. Certificación de traducción del Abstract.

Loja, 26 de septiembre del 2022

Yo, Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval, con cédula de identidad 1104226913, como traductora certificada por el Ministerio de trabajo del Ecuador con licencia número MDT-3104-CCL-252643, certifico que la traducción del resumen del trabajo de integración curricular titulado **Estimación indirecta de Gases de Efecto invernadero (CH₄, N₂O), en el sector agrícola y ganadero al sur de la ciudad de Loja**, es precisa en mis capacidades como traductora certificada.

El trabajo en mención es de autoría de la señorita Ginger Briggithe Merino Galvez, con cédula de identidad 1150069100, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Loja.

I, Xilena Aldeán Sandoval, certify that I am fluent in the English and Spanish language and that the abstract of the thesis belonging to Ginger Briggithe Merino Galvez is an accurate translation of its original Spanish version.



Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval, Mg.
Traductora/Translator

Traductor/Translator: Xilena Elizabeth Aldeán Sandoval
Número de licencia/Acreditation number: MDT-3104-CCL-252643
Correo electrónico/E-mail: xaldeans@gmail.com
Teléfono/Phone number: 0989491170