

**Determinación de la concentración Puntual de Metano, Amoniac y Dióxido
de Carbono Generado por la Producción Ganadera en fincas La cabaña, El paraíso,
Silvania y El lago y la esperanza del Municipio de Arauca**

María Isabel Peralta Correa

Departamento de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona

Programa de Ingeniería Ambiental

Director:

PhD. Jarol Ramón Valencia

27 de junio 2021

**Determinación de la Concentración Puntual de Metano, Amoniacó y Dióxido
de Carbono Generado por la Producción Ganadera en fincas La cabaña, El paraíso,
Silvania y El lago y la esperanza del Municipio de Arauca**

María Isabel Peralta Correa

Departamento de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona

Programa de Ingeniería Ambiental

Director:

PhD. Jarol Ramón Valencia

27 de junio 2021

Notas de autor

Tesis de grado para optar al título de pregrado en Ingeniería Ambiental

Nota de aceptación:

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pamplona, junio 2021.

Dedicatoria

A mis padres William y Nohora quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hermana Mayra por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Asimismo, a mis demás familiares quienes han estado ahí desde siempre y que me han apoyado y creído en mi desde el principio.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Agradecimientos

A mis padres y hermana por todo su esfuerzo, sacrificio y apoyo durante lo largo de mi carrera y mi vida, a mis familiares y amigos que de una u otra forma me han apoyado y aconsejado y ayudado en todo momento.

A mi director de tesis, el docente Jarol Derley Ramón Valencia, quien con su dedicación y perseverancia me ayudó e instruyó para que culminara mi investigación.

Al ICA por la descarga de datos suministrada en el campo pecuario. Al PhD. Deilen Paff y su estudiante de Medicina Veterinaria Mayra Peralta, quienes me brindaron información necesaria referente al sector ganadero.

Al salón comunal por darme el espacio de presentar mi propuesta, especialmente a Don Delio Rueda, María Inés Salazar, Remberto Parra y Emiro Ruiz, dueños de las fincas seleccionadas para la toma de datos de la producción ganadera y así mismo colaborarme en lo que necesité para el desarrollo de mi tesis.

Tabla de Contenido

Resumen	11
Abstract.....	13
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Planteamiento del Problema.....	17
Justificación.....	20
Objetivos.....	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos.....	22
Capitulo II.....	23
Marco Referencial	23
Marco Contextual	23
Antecedentes.....	25
Internacionales.....	25
Nacionales	28
Regionales	30
Locales.....	30
Marco Conceptual	31
Marco Teórico	33
Cambio climático y calentamiento global	34
Aspectos meteorológicos y climáticos	35
Influencia de actividades antropogénicas sobre el cambio climático.....	36
Relación de GEI y la producción pecuaria	37
La ganadería: un factor que contribuye al cambio climático	38
Emisiones de CH ₄ por fermentación entérica.....	39
Emisión de NH ₃ por estiércol	40
Emisión de CO ₂ en la producción de pienso.....	41
Medición de CH ₄ , NH ₃ y CO ₂	41
Detector de Gas HawestE4000	43

Criterios para la ubicación de los equipos.....	44
Marco legal.....	45
Capitulo III	48
Metodología.....	48
Modelo sistemático FPEIR.....	49
Campaña de muestreo.....	50
Validación y análisis estadístico.....	53
Estrategias de reducción de CH ₄ , NH ₃ y CO ₂ en el sector ganadero	54
Capitulo IV	55
Resultados y Análisis	55
Modelo sistemático FPEIR.....	55
Campaña de muestreo.....	64
Validación y análisis estadístico.....	72
Variables meteorológicas	72
Concentración de Metano (CH ₄).....	76
Concentración de Amoniacó (NH ₃).....	79
Concentración de Dióxido de Carbono (CO ₂)	82
Estrategias de reducción de CH ₄ , NH ₃ y CO ₂ en el sector ganadero	85
Conclusiones.....	90
Recomendaciones	92
Referencias	94
Anexos.....	108
Anexo A.....	108
Anexo B.....	110
Anexo C.....	111
Anexo D.....	112

Índice de Tablas

Tabla 1. Normas frente a las emisiones generadas por el sector pecuario.	46
Tabla 2. Análisis del modelo FPEIR para la producción. Fuente: Trujillo, L. 2018... 60	60
Tabla 3. Censo finca la cabaña, Vereda Rosal.	66

Índice de Figuras

Figura 1. Información cartográfica básica del Municipio de Arauca, Fuente: Corporinoquia 2020, IGAC.....	24
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio Municipio de Arauca.....	24
Figura 3. Efecto invernadero y calentamiento global. Fuente: Le Treut et al., 2007..	33
Figura 4. HAWESTE4000, Fuente: Synergy Supplies 2018.	43
Figura 5. Información técnica HawestE4000. Fuente: SynergyP 2018.	43
Figura 6. Metodología	48
Figura 7. Estrategia de Monitoreo	51
Figura 8. Detector de gas Hawest y GPSmap. Fuente: Peratal, I. 2021.	52
Figura 9. Proceso de validación de la base de datos.	53
Figura 10. Enfoque sistemático cualitativo de las fincas en estudio.	56
Figura 11. Factores de producción básicos para las fincas.....	57
Figura 12. Modelo del sistema de las fincas en estudio.	59
Figura 13. Modelo FPEIR para la producción primaria en fincas de muestreo.	61
Figura 14. Tipo producción pecuaria por predio del municipio de Arauca.	64
Figura 15. Detector de gas HawestE4000 en campo. Fuente: Peralta, I.2021	70
Figura 16. Comportamiento temporal de Brillo solar.	72
Figura 17. Comportamiento temporal de Temperatura	72
Figura 18. Comportamiento temporal de Precipitación	73
Figura 19. Comportamiento temporal de Humedad Relativa.....	74
Figura 20. Rosa de Vientos (2001-2021).	75
Figura 21. Ganado estabulado para ordeño finca la cabaña. Fuente: Peralta, I.....	76
Figura 22. Comportamiento temporal de la concentración de Gas Metano.	76

Figura 23. Isoconcentraciones de Gas Metano por punto de muestreo.....	77
Figura 24. Finca el paraíso, concentración de estiércol. Fuente: Peralta, I. (2021)	79
Figura 25. Comportamiento temporal de la concentración de gas Amoniaco.	79
Figura 26. Isoconcentraciones de Gas Amoniaco por punto de muestreo.	80
Figura 27. Alimentos adicionales, finca Silvania. Fuente: Peralta, I. (2021).....	82
Figura 28. Comportamiento temporal de gas Dióxido de Carbono.	83
Figura 29. Isoconcentraciones de Gas Dióxido de Carbono por punto de muestreo. .	84

Resumen

La producción ganadera no para su actividad; debido a la alta demanda del crecimiento demográfico, esta se ha convertido en una alternativa para generar ingresos, entre los gases emitidos por los bovinos encontramos el metano (CH_4), el cual es uno de los principales gases de efecto invernadero natural. El problema actual es el incremento excesivo de criadero de ganado a nivel global, emitiendo en mayor proporción el CH_4 incrementando la temperatura por lo tanto variabilidad climática, disminuyendo los recursos naturales.

Se evaluaron las emisiones de metano, amoníaco y dióxido de carbono generado por el ganado bovino mediante la fermentación ruminal, su expulsión por vía fecal y por medio de la producción de pienso en animales de producción ubicados en fincas de las veredas Vista Hermosa finca el paraíso, Fundadores finca el lago y la esperanza, Rosal finca la cabaña y Reserva finca Silvania del municipio de Arauca. Posteriormente se realizó la campaña de muestreo que se divide en distintas fases como se verá en el transcurso del desarrollo de la investigación, iniciando con un censo de producción y manejo del ganado, se realizó la toma de datos mediante el equipo detector de gas HawestE4000 en tres horarios día, tarde y noche durante diez días en cada una de las fincas de producción ganadera, de los gases que actualmente están aumentando sus concentraciones atmosféricas como el metano (CH_4), amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2).

Así mismo se obtuvieron los factores meteorológicos de la zona de estudio como precipitación, humedad relativa, radiación solar, temperatura, velocidad y dirección del viento esta información fue suministrada por el IDEAM de la estación Santiago Pérez Quirós con el propósito de observar la variabilidad climática de los últimos 20 años (2001-2021); finalmente se realizó un

análisis gráfico de los niveles de concentración muestreados, para esta se realizó una rosa de vientos determinando su dirección; así como un mapa en ArcGIS para demostrar el movimiento de la concentración puntual de contaminantes en la atmósfera. La finalidad del proyecto fue formular estrategias de reducción de emisiones de gases generados por el sector ganadero que se mostraron por medio de una cartilla de información técnica por medio de los registros tomados, con el fin de que haya un mejoramiento en la productividad del territorio y a la vez, sirva de sustento para la puesta en marcha de proyectos en fincas ganaderas a nivel local que se enfoquen en la disminución de emisiones a la atmósfera, pues es un tema que concierne a grandes y pequeños productores.

Palabras clave: Variabilidad, emisión, metano, amoniaco, dióxido de carbono, concentraciones, estrategias.

Abstract

Livestock production does not stop its activity; Due to the high demand of population growth, this has become an alternative to generate income, among the gases emitted by cattle we find methane (CH₄), which is one of the main natural greenhouse gases. The current problem is the excessive increase in livestock farms globally, emitting CH₄ in a greater proportion, increasing the temperature and therefore climate variability, reducing natural resources.

The emissions of methane, ammonia and carbon dioxide generated by cattle were evaluated through ruminal fermentation, their expulsion by fecal route and through the production of feed in production animals located on farms in the Vista Hermosa farm finca elíso , Founders finca el lago y la esperanza, Rosal finca la cabaña and Reserva finca Sylvania of the municipality of Arauca. Subsequently, the sampling campaign was carried out, which is divided into different phases, as will be seen in the course of the development of the research, starting with a census of production and livestock management, data collection was carried out using the HawestE4000 gas detector equipment in three hours day, afternoon and night for ten days in each of the livestock production farms, of the gases that are currently increasing their atmospheric concentrations such as methane (CH₄), ammonia (NH₃) and carbon dioxide (CO₂).

Likewise, the meteorological factors of the study area were obtained. This information was provided by the IDEAM of the Santiago Pérez Quirós station; finally a graphic analysis of the sampled concentration levels was carried out, for this a compass rose was made determining its direction; as well as a map in ArcGIS to demonstrate its point scattering. The purpose of the project was to formulate strategies for reducing emissions of gases generated by the livestock sector that

were shown by means of a technical information booklet through the records taken, in order that there is an improvement in the productivity of the territory already. At the same time, it serves as sustenance for the implementation of projects in livestock farms at the local level that focus on reducing emissions to the atmosphere, since it is an issue that concerns large and small producers.

Keywords: Variability, emission, methane, ammonia, carbon dioxide, concentrations, strategies.

Capítulo I

Introducción

Las emisiones de gases por actividades antropogénicas han causado interferencias con el sistema climático, provocando el calentamiento global. Entre los sectores que contribuyen a las emisiones globales de GEI, se encuentra la agricultura (actividades agrícolas y ganaderas) que es parte importante de causar el calentamiento global.

La ganadería es una actividad desarrollada en la mayor parte del departamento de Arauca y se considera fuente de desarrollo, razón por la cual se estableció como una de las apuestas productivas de la región. En la actualidad la producción ganadera no para su actividad debido a la alta demanda del crecimiento demográfico, se ha convertido en una alternativa para obtener ingresos, dado que el departamento cuenta con una economía Binacional. En el ámbito nacional el municipio de Arauca ocupa el décimo lugar en crianza y producción de ganado y el primero a nivel departamental con más de 266.000.000 reses en promedio. *(Venegas, L. y Mazzeo, A. 2017)*

Entre los tipos de ganado, el bovino emite altas concentraciones de metano debido a su proceso digestivo, que ocurre bajo condiciones anaeróbicas, donde participan diferentes tipos de bacterias. Éstas, degradan la celulosa ingerida a glucosa, que fermentan luego a ácido acético y reducen el dióxido de carbono, formando metano en el proceso. De los gases emitidos por los bovinos encontramos el metano, el cual es uno de los principales gases de efecto invernadero natural. El problema actual es el incremento excesivo de criadero de ganado generado mayor emisión de gases incrementando la temperatura, por ende, la variabilidad climática.

El objetivo de esta investigación fue analizar las emisiones puntuales de metano, amoniaco y dióxido de carbono de los rumiantes, asimismo las variables climáticas de la región, con el propósito de formular alternativas para disminuir la producción de estos gases en los sistemas ganaderos, que es expuesta a los productores mediante una cartilla técnica informativa en aras de una producción más eficiente y concomitante con la protección del medio ambiente.

Esta investigación se desarrolló en cuatro etapas, las cuales se desglosan en diferentes indicadores, como los fundamentos teóricos partiendo desde los contaminantes atmosféricos que son emitidos y su influencia. Posteriormente se realizó la campaña de muestreo, donde se obtuvieron datos hidrometeorológicos del municipio de Arauca, y se llevó a cabo un análisis espacio temporal de la emisión de gases en las fincas La cabaña, El paraíso, Sylvania y El lago y la esperanza.

Planteamiento del Problema

Según González F, Rodríguez H. (2010), la proyección de emisiones de metano en Colombia a partir de las actividades en el sector pecuario, representan el 70% de la participación de gases de efecto invernadero, siendo un 95% de este total, las emisiones del ganado de leche y carne.

De acuerdo con Kurihara M, Magner T, McCrabb H, McCrabb G. (1999), las emisiones de gas metano CH₄ generado por el ganado bovino están estimadas en 58.000.000 de toneladas anualmente, lo que representa el 73% del total de las emisiones de todas las especies domésticas, asimismo señalan que el ganado bovino es el responsable de aproximadamente el 15% de la producción de metano global.

Como expresa Johnson KA, Johnson DE (1995), el metano colabora en los efectos climáticos directamente, a través de la interacción con la energía infrarroja e indirectamente a través de las reacciones de oxidación atmosférica que producen CO₂. Además cerca de 500.000.000 de toneladas métricas al año de metano, ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales. A esta tasa se le espera que el metano cause el 15-17% del calentamiento global.

A juicio de Meléndez (2005), Steinfeld (2006), Se estima que las pasturas para producción animal ocupan cerca del 25% de la superficie terrestre, han reemplazado un 10% de los bosques húmedos tropicales, contribuyen a la contaminación hídrica y atmosférica, y al fenómeno de calentamiento global.

Según Asner (2004), la intensificación y aumento del área usada para ganadería en el mundo responde a una población creciente con demandas cada vez mayores de carnes y lácteos para consumo causando preocupación especialmente en los países latinoamericanos donde ecosistemas naturales de la Orinoquía y Amazonía podrían ser intervenidos por pasturas.

Como señala NOAA (2016), en la Orinoquía este tema es crucial ya que presenta una temporada larga de sequía durante la cual el funcionamiento ecosistémico es mucho más vulnerable, y las tendencias del cambio climático indican que el noreste suramericano tendrá menor precipitación, más número de días secos al año.

De acuerdo con Marschner (1995), Amèzketa (1999), Sadeghian (1998) y Drewry (2008), el suelo es un componente fundamental para la integridad de los procesos ecosistémicos. La capacidad de retención de agua, el desplazamiento de fluidos y la absorción de nutrientes por las plantas están estrechamente relacionados con la agregación y estructura del suelo. El impacto de la actividad ganadera puede traer serios efectos a largo plazo en sus propiedades físicas y químicas. son numerosas las evidencias de que la compactación de los primeros 15 cm del suelo, la disminución general de la porosidad, la insuficiencia del sistema hídrico suelo-planta-aire, la reducción de la mesofauna benéfica, los desbalances en los aportes de nutrientes y la limitación del crecimiento radical, son fenómenos asociables a la ganadería intensiva.

A juicio de San José y Montes (2003), Hernández –Valencia y López–Hernández (2002), Steinfeld y Wassenaar (2007), en general se puede decir que, si bien los ecosistemas de sabana funcionan como sumideros de carbono, sosteniendo así un sistema productivo de importancia como

la ganadería, ese balance de biomasa a largo plazo no está garantizado luego de eventos de disturbio como la tala, la quema y las sequías.

La problemática principal es el rápido crecimiento de las zonas de producción pecuaria en el municipio de Arauca, esta está dada por el censo suministrado por parte del ICA, ya que durante los últimos ocho años han aumentado un 30% la producción y crianza del ganado bovino, trayendo como consecuencia una degradación ambiental considerada insostenible. Es una práctica que genera múltiples impactos a nivel medioambiental y que es responsable indirectamente del cambio climático, la deforestación, pérdida de biodiversidad, contaminación y escasez de agua. Los cambios en la temperatura y precipitación son importantes en la producción de pastos y en su calidad, por lo cual su influencia en la ganadería es relevante. Algunos eventos como la sequía, inundaciones y olas de calor pueden provocar estrés en los rumiantes, lo cual se refleja en la producción, así como en la subutilización e ineficiencia de los recursos, esto repercute en el ámbito social y económico de la región. *CIPAV. (2017).*

Lo anterior es un escenario de la variabilidad climática, por lo tanto, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la emisión de metano, amoníaco y dióxido de carbono generados por el sector ganadero en el ambiente del municipio de Arauca? Además, de cuestionar el conocimiento por parte de los ganaderos de los impactos que ocasionan estos gases en su entorno.

Justificación

FAO (2006), IPCC (2013), el metano tiene un potencial de calentamiento 28 veces el del bióxido de carbono, por lo que su impacto en el sistema clima es de gran relevancia. En el sector agrícola, la producción de metano por la fermentación entérica de los animales y el manejo de excretas genera entre el 35-40% de las emisiones antropogénicas totales de este gas. El ganado bovino (para producción de leche y carne), y sus procesos de industrialización y venta, producen el 65% de los GEI y el resto se reparte entre cerdos (9%), aves (8%), búfalos (8%) y otros pequeños rumiantes (6%).

Según Behling y Hooghiemstra 1998, Montoya (2011), la Orinoquía es una región vulnerable, teniendo en cuenta que buena parte de la ganadería se realiza en suelos de vocación agrícola y forestal, generando el 31% de los gases de efecto invernadero en Colombia. Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura generan dificultad en el acceso a los recursos naturales y por consiguiente el desplazamiento de la población con sus correspondientes impactos a nivel social y económico.

Por medio de esta investigación se determinará y analizará la concentración puntual en los niveles de metano, dióxido de carbono y amoníaco generados por el sector ganadero datos tomados por el detector de gas en emisión de cada uno de estos contaminantes y las variables climáticas dominantes a la dispersión de estas emisiones, como velocidad y dirección del viento, humedad relativa, precipitación, temperatura y radiación solar de la zona de estudio. Enfocada a contribuir a herramientas como la cartilla técnica informativa de recopilación bibliografía y muestra de datos para que faciliten el acceso al conocimiento a la hora de toma de decisiones por parte de los

productores y asociaciones, que ayuden a contrarrestar los efectos producidos por el sector ganadero y las actividades antrópicas realizadas en cuatros fincas de la zona rural del municipio de Arauca, así como en la propuesta de alternativas para el mejoramiento en la fertilización de praderas, conservación de árboles y menos intensidad de emisiones tomadas de las últimas pruebas realizadas en el Magdalena viendo mejora en cada una de las estrategias propuestas (Barahona, R. Universidad Nacional 2017), reduciendo la huella de carbono, conservando los recursos para generaciones presentes y futuras; viéndose beneficiada la comunidad de las veredas el Rosal, Vista Hermosa, Libertadores y la Reserva del municipio de Arauca. Además, esta investigación servirá como referencia para próximas investigaciones tanto a nivel departamental como nacional e internacional, llenando un vacío de conocimiento ya que no se han encontrado estudios de la emisión de estos gases en el sector ganadero del municipio de Arauca.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la concentración puntual de Metano, Amoniac y Dióxido de Carbono generado por la producción Ganadera en las fincas La cabaña, El paraíso, Silvania y El lago y la esperanza del Municipio de Arauca.

Objetivos específicos

- Aplicar modelo sistemático FPEIR para la producción primaria de leche y carne dentro del sector ganadero.
- Realizar campaña de muestreo de medida controlada de CH₄, NH₃ y CO₂ en las fincas La cabaña, El paraíso, Silvania y El lago y la esperanza del Municipio de Arauca.
- Analizar las concentraciones puntuales de metano, amoniaco, dióxido de carbono; asimismo las variables climáticas de la región suministradas por el IDEAM.
- Formular estrategias de mitigación elaborando una cartilla técnica informativa para la reducción de emisiones de gas CH₄, NH₃ y CO₂ provenientes del sector ganadero.

Capítulo II

Marco Referencial

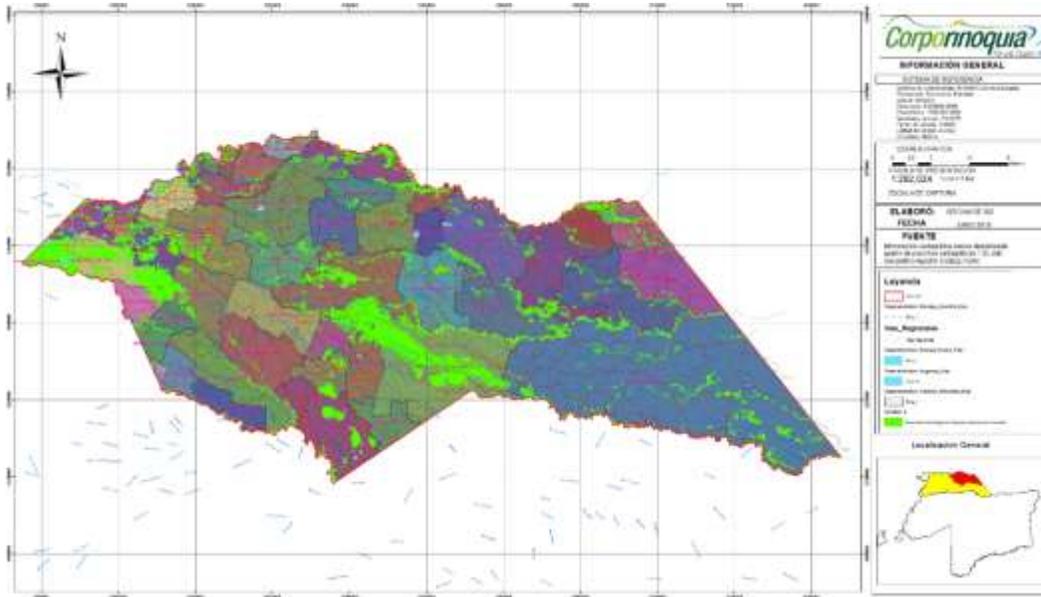
Marco Contextual

Las veredas el Rosal, Vista Hermosa, la Reserva y Fundadores, están localizadas al norpeste del Municipio de Arauca a una altura entre 125 y 128 m.s.n.m como se observa en la **Figura 2**, con coordenadas N 07° 05' 25" - W 70° 45' 42", las cuales forman parte de la vía Caracol. Sus límites son: al norte con Venezuela estado Apure, al Sur con el Municipio Puerto Rondón, al este con Venezuela estado Apure, y al oeste con el Municipio de Arauquita.

La ciudad se destaca por el comercio binacional su economía depende de la ganadería, que por tradición se ha implementado desde la colonización de estas tierras. El hato ganadero se estima por encima del millón de cabezas de ganado, Arauca es el municipio de mayor concentración con el 28%, le sigue Tame con el 23% y Arauquita con el 17%. El departamento de Arauca es el décimo en el ámbito nacional en cuanto a la concentración de bovinos con 1.048.543 cabezas. El municipio de Arauca es el primer productor a nivel departamental con algo más de 263 mil cabezas de ganado, la producción se concentra los territorios no étnicos debido a la poca presencia de estos en el municipio. Durante el censo realizado por I.C.A en el 2019 en la caracterización de los sistemas de producción bovina se estimó por categoría hectárea.

Figura

1.



Información cartográfica básica del Municipio de Arauca, Fuente: Corporinoquia 2020, IGAC.

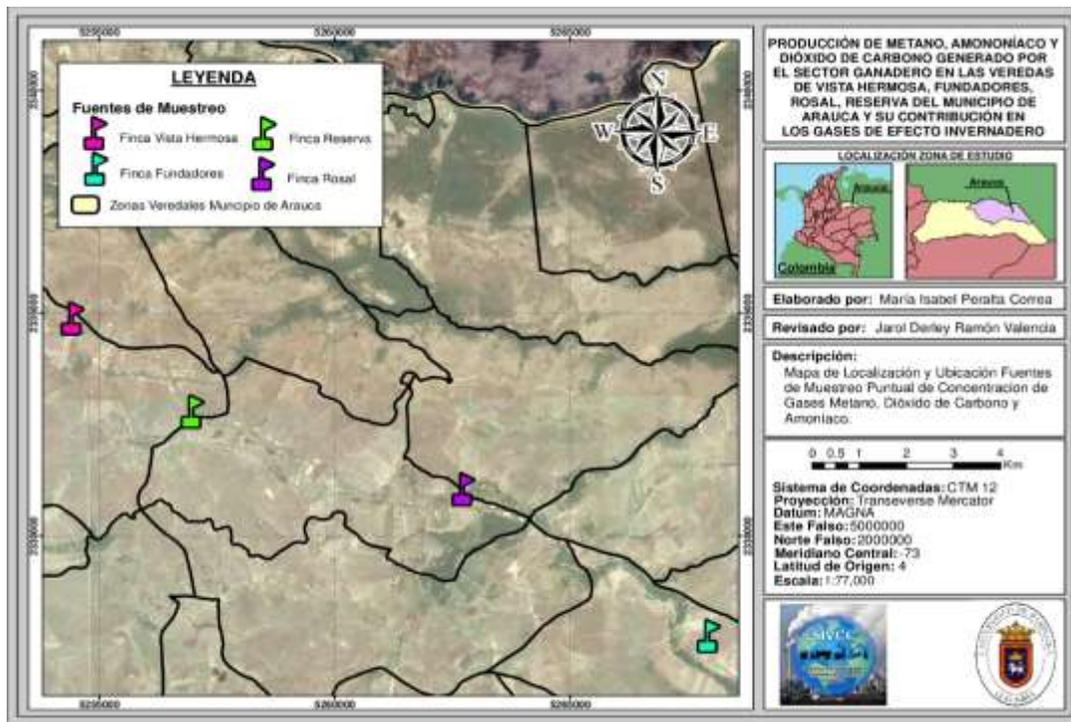


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio Municipio de Arauca.

Fuente: Elaborado por Peralta, I (2021), mediante el software libre ArcGIS versión 10.3 a partir de información suministrada por la secretaria de Planeación de la Alcaldía de Arauca.

Antecedentes

Internacionales

Johnson (1995), demostró que el ganado rumiante produce de 250 a 500 litros de CH₄ al día. Estas emisiones de CH₄ que emite el ganado influye en el calentamiento global, debido a diversos factores como el tipo y niveles de consumo de alimento, tipo de carbohidratos, lípidos o ionóforos en la dieta, procesamiento del alimento y las alteraciones en la microflora ruminal. Determinando que la manipulación de estos factores, puede reducir o incrementar las emisiones de CH₄ que genera el ganado. El IPCC-OCDE-AIE, (1996), elaboraron las “Directrices del IPCC para la realización de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero” a través de metodologías desarrolladas por el Grupo de Expertos sobre Cambio Climático, los cuales emanan de la firma realizada en el Convenio Marco de las Naciones Unidas. Los rumiantes producen, aproximadamente, el 97% del CH₄ emitido anualmente por los animales domésticos”.

Por otra parte, Johnson (2002), da la estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano M. en E. S. Noé Zúñiga-González⁷ sobre el Cambio Climático en la Ciudad de Río de Janeiro en 1992, en donde indica el reconocimiento generalizado de que el cambio climático puede llegar a representar una de las principales amenazas para el medio ambiente y el desarrollo económico del mundo. Entre sus objetivos de este convenio es la estabilización de las concentraciones de los GEI en la atmósfera a un nivel adecuado para prevenir un grado peligroso de interferencia antropogénica con el sistema climático.

De forma semejante Moss (2000), refiere que las emisiones agrícolas de CH₄ representan la mayor fuente de GEI en el sector, aproximadamente dos tercios provienen de la fermentación entérica y un tercio procedente de estiércol animal. El CH₄ es un potente gas con efecto invernadero, ya que su potencial de calentamiento global (PCG) es aproximadamente 21 veces superior al del CO₂. El manejo del estiércol del ganado produce emisiones de CH₄ y de N₂O. El CH₄ se produce mediante la descomposición anaeróbica del estiércol, mientras que el N₂O se forma como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la de nitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y en la orina del ganado. Mientras que el CO₂ recibe la mayor parte de la atención como un factor en el calentamiento global, son otros gases los que se deben considerar, incluyendo el CH₄, el N₂O y los clorofluorocarbonos (CFC). También menciona que la agricultura aporta aproximadamente del 21 a 25, 60 y 65-80% de las emisiones antropogénicas totales de CO₂, CH₄ y N₂O respectivamente.

Igualmente, Berra (2002), alude que las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen directamente a la emisión de GEI, y en especial la ganadería contribuye a la emisión de CH₄ que puede ser exhalado o eructado por el animal como resultado de la fermentación entérica, así también mencionan que el CH₄ y N₂O son emitidos a través de sus excretas.

Por un lado, Domingo (2002), indica que, las interacciones con el ambiente en la producción ganadera, son particulares en cada sistema de producción y deben de ser analizadas para desarrollar una estrategia de gestión ambiental adecuada en el manejo de las excretas, reduciendo la sobrecarga proteica de las dietas y alcanzar mejores balances energético-proteicos para mejorar la eficiencia de conversión de nutrientes contaminantes.

Por otra parte, Montenegro (2002), reporta que las diferencias en las emisiones de CH₄ se explican por el manejo de las unidades de producción o establos (calidad de las pasturas consumidas y acceso a suplemento, así como también por el número de animales) y la calidad genética de los animales, que, en combinación con la calidad de la dieta, afecta la proporción de alimento que es transformado en este gas. Además, es posible mediante la modificación del manejo de las pasturas disminuir, los niveles de emisión del CH₄ en las explotaciones bovinas, independientemente de la zona ecológica donde estas se localicen.

Igualmente, Carmona (2005), indica que la agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de CH₄, CO₂ y N₂O a la atmósfera. El aumento de las concentraciones de estos gases provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. Así mismo, señalan que la manipulación de la dieta de los rumiantes se considera una alternativa viable para aminorar la producción de CH₄ y a la par disminuir las pérdidas energéticas en el animal. También mencionan que existen evidencias que muestran que la tasa de emisión de CH₄, por fermentación entérica, se relaciona con el alimento consumido. Además, indican que entre los factores que influyen en su producción están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación. Por tanto, una subnutrición contribuye a incrementar los niveles de emisión de CH₄.

UNFCCC (2007), determina que los GEI retienen la energía térmica en la capa inferior de la atmósfera terrestre, y si estos niveles de energía ascienden demasiado, el consiguiente aumento global de la temperatura del aire –calentamiento mundial –podría perturbar las pautas naturales del clima.

Por otra parte, González (2007), estudió las emisiones de CH₄ en el rubro de la producción agropecuaria. Indicando que estos GEI tienen potenciales de calentamiento mucho mayor al del CO₂. Por otra parte, obtuvieron factores de intensidad de emisión de CH₄ y N₂O utilizando la metodología recomendada por el IPCC.

Igualmente, Kebreabet (2008), realizaron un modelo para las estimaciones de emisiones de CH₄ entérico del ganado lechero y de engorda de Estados Unidos. Indicando que la producción de CH₄ por el ganado lechero y de engorda es una de las mayores fuentes antropogénicas de emisiones de GEI en los Estados Unidos y en el mundo entero. Así mismo, revelan que las estimaciones nacionales de CH₄ dependen de modelos matemáticos como los recomendados por el IPCC.

Nacionales

De acuerdo con Jorge Triana (2017), veterinario e investigador de la Universidad de la Salle, “la producción agropecuaria es necesaria para el desarrollo de un país, sin embargo, estas actividades hacen un uso intensivo de los recursos. Actualmente, hay más incentivos para las actividades agropecuarias que los existentes para conservación, o simplemente es más rentable producir que conservar”. La ganadería basada en pastoreo, también conocida como de tipo extensivo, ha realizado el mayor cambio en los paisajes rurales y debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales.

Igualmente, Javier González (2019), veterinario e investigador de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, los ecosistemas naturales se han visto afectados por los sistemas

productivos, “desde el establecimiento de ganaderías de engorde en los llanos orientales, Magdalena medio o la Costa Atlántica, hasta lecherías especializadas en zonas de páramo y alta montaña en los Andes”. Todo esto ha sido en gran parte producto del modelo productivo establecido en el país. “La concepción de la producción agropecuaria nacida a mediados del siglo XX, define que toda planta diferente al pasto se considera maleza, así se inicia la deforestación y con ella las afectaciones sobre el suelo que producen la pérdida de fuentes de agua, biodiversidad y fertilidad, entre otros”.

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2017), Colombia tiene 6,6 millones de hectáreas de tierra irrigable, pero solo el 12.8 % de estas cuentan con mejoras en riego y drenaje. Resulta preocupante que, a pesar del reciente censo agropecuario, aún no existen medidas que fomenten el uso adecuado de la tierra. Actualmente se utiliza solamente 3 % de las hectáreas con potencial para plantaciones forestales, únicamente se utiliza el 23 % de tierra apta para actividades agrícolas, mientras que para ganadería se utiliza casi el doble de hectáreas aptas para esta actividad. “La principal razón del impacto ambiental de la ganadería es el inadecuado uso del suelo que en su mayoría va en contra de la vocación del mismo. Esta inadecuada gestión del territorio termina impactando negativamente las fuentes de agua, las zonas de importancia ecosistémica como los páramos, y degradando los recursos de manera sustancial”, manifestó Jorge Triana.

Según un informe del Centro de Investigación Económica y Social (Fedesarrollo), en Colombia las principales causas de la deforestación son la expansión de la frontera agropecuaria, especialmente para ganadería extensiva, siembra de cultivos ilícitos, tala ilegal, minería e infraestructura, incendios forestales y presión por el crecimiento poblacional. La ganadería

extensiva representa casi el 60 % de la deforestación en el país según la investigadora Helena García de Fedesarrollo. Esta incluye tanto aquellas ganaderías que mantienen ganado con fines productivos, como las inversiones que solo buscan asegurar la tenencia de la tierra mediante la introducción de ganado en pie.

Regionales

En la Orinoquía (suroriente de Colombia) (2018), el 30.3 % del área de la región presenta tierras intensamente transformadas, localizadas principalmente en el piedemonte llanero de los departamentos de Meta y Casanare. Estas tierras se han convertido principalmente en tierras con pastos introducidos o naturalizados, dedicados al pastoreo semi-intensivo y extensivo de ganado bovino.

Locales

La Orinoquía colombiana destina aproximadamente un 90% de sus suelos a sabanas de producción ganadera (IDEAM, 2002) y continúa incrementando su frontera de pasturas, llevando a que actualmente se considere a los relictos de bosque como de importancia prioritaria para la conservación. Se calcula que en la región se sobre- utiliza el 22% del suelo, y se estima que las actividades agrícolas y de cambio de uso son responsables de la emisión de aproximadamente el 50% de los gases efecto invernadero en Colombia (IDEAM, 2002; Steinfeld et al., 2006). Si se suma a esto que las propiedades estructurales y químicas de los suelos en la Orinoquía generan poca fertilidad, (Amézquita, 1998; Rao et al., 2001; Malagón, 2003), entonces surge la necesidad

urgente de implementar estrategias alternativas más sostenibles, como los sistemas silvo- pastoriles (Sarmiento et al, 1999; CORPOICA, 2007).

El departamento de Arauca tiene actualmente un registro de más de mil especies de flora y fauna exclusivas para la Orinoquía. Es el escenario de varios tipos ecosistémicos, como lo son la llanura inundable, el piedemonte y los Andes de la cordillera oriental, con un grado de amenaza de medio a alto, de acuerdo con un estudio de vulnerabilidad realizado por el Instituto Humboldt. Además, soporta un nivel alto de procesos ecosistémicos como captura de carbono, regulación de acuíferos, metabolismo de humedales y refugio para la protección de especies de alto valor económico y cultural. Todos estos aspectos son la base para promover la conservación de áreas estratégicas. Más de la mitad del departamento tiene suelos aptos para la actividad pecuaria. Sin embargo, tan solo 12,3 por ciento aprovecha este potencial. Así lo reveló el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en la presentación del “Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Arauca”.

Marco Conceptual

Según el Protocolo de Kioto (1998), el metano (CH₄) es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en el rumen, que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global. La investigación en nutrición animal se ha enfocado en su mayor parte a encontrar métodos para reducir las emisiones de CH₄ debido a la ineficiencia energética que ocurre en el rumen, y no por

el rol del CH₄ en el calentamiento global. Sin embargo, recientemente se ha prestado más atención a su contribución potencial al cambio climático. El CH₄ pertenece al grupo de gases de efecto invernadero (GEI), en el que se encuentran también: bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos, (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Igualmente, Boadi. D, (2004) y Sharma. (2005), la producción de CH₄ en los rumiantes está influenciada por factores como consumo de alimento, composición de la dieta, digestibilidad del alimento, procesamiento previo del alimento y frecuencia de alimentación. Entre las estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ se ha propuesto: reducir el número de animales rumiantes, aumentar el número de animales no rumiantes, manipulación genética de los microorganismos ruminales metalogénicos, desarrollo de razas menos metalogénicas y manipulación dietética-nutricional; esta última parece ser la de mayor potencial en términos de simplicidad y factibilidad.

Por otra parte, Primavesi. O. (2005), indica que los GEI son liberados a la atmósfera tanto por fuentes naturales como antropogénicas. La cantidad de GEI liberados mediante la actividad humana se ha incrementado de manera significativa en los últimos años, lo cual está propiciando la amplificación del efecto invernadero natural y el cambio climático global. La agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de CH₄, CO₂ y N₂O a la atmósfera.

Marco Teórico

Acorde al IPCC (2016a); IPCC (2016b), El efecto invernadero es un proceso en el que la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida por los GEI atmosféricos y es re irradiada en todas las direcciones. Parte de esta re irradiaciones devuelta hacia la superficie y la atmósfera inferior, resulta en un incremento de la temperatura superficial media respecto a lo que habría en ausencia de los GEI.

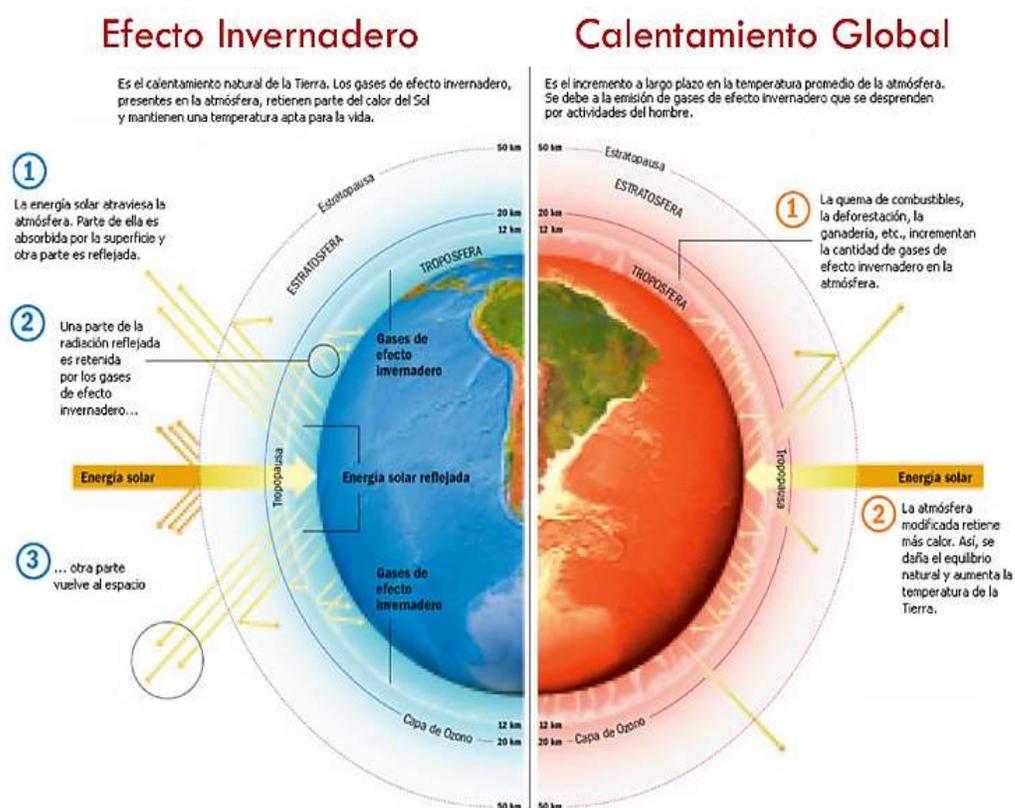


Figura 3. Efecto invernadero y calentamiento global. Fuente: Le Treut et al., 2007.

Según SEMARNAT (2009), dado que los GEI son uno de los factores más importantes para controlar la temperatura de la atmósfera, es fácil entender por qué un incremento de su concentración puede alterar el flujo natural de energía. La teoría nos dice que a mayor cantidad de

GEI, mayor será la cantidad de calor que se absorba y la superficie del planeta alcanzará una temperatura más alta. Es decir, se reduce la eficiencia con la cual la Tierra reemite la energía recibida al espacio. Cualquier proceso que altere tal balance, ya sea por cambios en la radiación recibida o reemitida, o en su distribución en la Tierra, se reflejará, tarde o temprano, como cambios en el clima.

Así mismo IPCC (2007), EPA (2014), las actividades humanas traen como consecuencia la emisión de cuatro gases de efecto invernadero principales: CO₂, CH₄, N₂O y los halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro y bromo). Estos gases se acumulan en la atmósfera, provocando un incremento de sus concentraciones con el paso del tiempo. En la era industrial se han producido incrementos significativos de todos estos gases, todos estos incrementos se atribuyen a las actividades humanas. Las concentraciones de CO₂ y CH₄ han aumentado en un 36% y 148% respectivamente desde 1750.

Cambio climático y calentamiento global

Acorde al IPCC (2014), La comprensión científica del calentamiento global ha ido en aumento. En su quinto informe (AR5, por sus siglas en inglés) el IPCC señala que en 2014 los científicos estaban más del 95% seguros de que la mayor parte del calentamiento global es causada por las crecientes concentraciones de GEI y otras actividades antropogénicas. Las proyecciones de modelos climáticos resumidos en el AR5 indicaron que durante el presente siglo la temperatura superficial global subirá probablemente 0.3 a 1.7°C para su escenario de emisiones más bajas usando mitigación estricta y 2.6 a 4.8°C para las mayores. Estas conclusiones han sido respaldadas por las

academias nacionales de ciencia de los principales países industrializados y no son disputadas por ninguna organización científica de prestigio nacional o internacional.

Acorde al IDEAM (2019) es toda discrepancia de las predicciones a largo plazo de las variables meteorológicas para distintos tiempos, respecto a la misma zona de influencia, sin depender de las causas físicas o estadísticas. Define la variabilidad climática como el cambio del clima característico en el tiempo. Así mismo, variabilidad climática, es utilizado con frecuencia para mostrar las desviaciones climáticas en un periodo de tiempo determinado, respecto a las predicciones relacionadas para el mismo tiempo.

Aspectos meteorológicos y climáticos

Concorde al IDEAM (2019) la temperatura es la Dimensión física que define el movimiento medio de las moléculas en un cuerpo físico; así mismo, Rivas (2018), define la temperatura como un índice del grado de calentamiento del aire.

Para el IDEAM (2019), la Atmosfera es la envoltura de gas que bordea la tierra y que contiene el aire, incluyendo partículas líquidas y sólidas suspendidas, por otra parte, la atmósfera, su composición y procesos que ocurren en ella influyen en gran medida en el desarrollo de las actividades humanas y el comportamiento medioambiental en general.

El viento, definido por Breña y Jacobo (2006), se produce cuando en dos partes geográficas hay una diferencia entre la temperatura o en la presión atmosférica.

Para Rivas (2018), la precipitación ocurre cuando el agua de las nubes cae en forma de gotitas por acción de la gravedad, para el IDEAM (2019), el volumen de agua llovida que pasa por una superficie en un periodo determinado es la precipitación.

El IDEAM (2019), define a la Humedad como el vapor de agua presente en el aire; y de acuerdo a Rivas (2018), esta es una variable climática importante ya que hay numerosas derivaciones a partir de la condensación del vapor de agua.

De acuerdo con el IDEAM (2019), la Humedad relativa es el porcentaje de la cantidad total de aire que habría si el aire estuviera saturado a una temperatura dada. Por otra parte, Breña y Jacobo (2006), la definen como la división entre la densidad del vapor de agua en una masa de aire, entre la densidad del vapor de agua en estado saturado.

Influencia de actividades antropogénicas sobre el cambio climático

Según Luis Brunett (2016), durante siglos, las sociedades humanas han alterado los ecosistemas locales y modificado los climas regionales. Hoy día, la influencia del ser humano ha alcanzado una escala mundial, reflejo del rápido incremento de la población en los últimos tiempos, del consumo de energía, de la intensidad de uso de la tierra y de otras actividades humanas. Estos cambios globales nos han hecho más conscientes de que, a largo plazo, la buena salud de la población depende de que los sistemas ecológicos, físicos y socioeconómicos de la biosfera se mantengan estables y en correcto funcionamiento.

Así mismo Luis Brunett (2016), El sistema climático mundial es parte integrante de los complejos procesos que mantienen la vida. El clima y el tiempo siempre han repercutido mucho en la salud y el bienestar de los seres humanos, pero, al igual que otros grandes sistemas naturales, el climático está empezando a sufrir cambios por la presión de las actividades humanas ya que estamos alterando e incrementando la concentración atmosférica de gases que atrapan la energía, lo que amplifica el “efecto invernadero” natural que hace habitable la Tierra. Estos GEI, fundamentalmente, CO₂ (procedente en su mayor parte de la combustión de combustibles fósiles y la quema de bosques) y otros gases que atrapan el calor, como el CH₄ (generado por la agricultura de regadío, la ganadería y la extracción de petróleo), el N₂O y diversos halocarburos fabricados por el hombre.

Relación de GEI y la producción pecuaria

De acuerdo con Steinfeld (2009), el CO₂ es el gas que contribuye en mayor medida al calentamiento, simplemente porque sus emisiones y concentraciones son más altas que las de otros gases. El CH₄ es el segundo gas de efecto invernadero más importante. Después de su emisión el CH₄ permanece en la atmósfera aproximadamente de 9 a 15 años. El poder de retención de calor del CH₄ es unas 21 veces superior al del CO₂ en un período de más de 100 años. Las concentraciones atmosféricas de CH₄ se han incrementado en aproximadamente un 150% desde la era preindustrial, el N₂O es el tercer gas de efecto invernadero con mayor potencial para el calentamiento directo. Aunque está presente en la atmósfera en cantidades muy reducidas, sin

embargo, su capacidad de retención de calor es 296 veces superior a la del CO₂ y su tiempo de permanencia en la atmósfera es muy largo aproximadamente 120 años.

Las actividades pecuarias son responsables de la emisión de cantidades considerables de estos tres gases. Las emisiones directas del ganado provienen de los procesos respiratorios de todas las especies animales en forma de CO₂. Además, los rumiantes, emiten CH₄ como parte de su proceso digestivo, que incluye la fermentación entérica microbiana de los alimentos fibrosos. El estiércol de los bovinos también es una fuente de emisión de CH₄, N₂O, NH₃ y CO₂, en función de su modalidad de producción (sólido, líquido) y su manejo (recolección, almacenamiento, dispersión).

La ganadería: un factor que contribuye al cambio climático

Según González y Rodríguez (2010), la agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera. El aumento de las concentraciones de estos gases provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. Dentro de la gama de gases a los que se les atribuye efecto invernadero, se considera el CO₂ el más abundante y el que actualmente tiene un mayor aporte al incremento del calentamiento global. Hoy día las concentraciones de metano son inferiores a las de CO₂, sin embargo, el primero, se está incrementando rápidamente y además posee un efecto 21-30 veces más contaminante con respecto al CO₂, considerándose que en el tiempo el metano pueda ser predominante. Las tasas de

acumulación de metano y dióxido de carbono en la atmósfera han cambiado drásticamente en los últimos años presentándose un incremento de forma exponencial.

Cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales. A esta tasa se espera que el metano cause cerca del 15-17% del calentamiento global.

Emisiones de CH₄ por fermentación entérica

Según Johnson (2000), la ganadería contribuye a la emisión y acumulación de CH₄ en forma directa con la digestión microbiana anaeróbica de los alimentos en el tracto digestivo, lo cual se conoce como fermentación entérica. Los rumiantes producen, aproximadamente, el 97% del CH₄ emitido anualmente por los animales domésticos.

Acorde a Beauchemin y McGinn, (2006), de los GEI, este gas es el segundo mayor contribuyente al efecto invernadero y responsable del 18% de este fenómeno. En condiciones normales, los rumiantes son alimentados con pasturas y forrajes, compuestos por celulosa. El proceso de fermentación, que tiene lugar en el rumen, permite que los microorganismos desdoblen la celulosa, transformándola en productos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal. Estos organismos forman una ecología compleja, con mecanismos de competición y simbiosis, y su población está influenciada por la composición de la dieta. Las bacterias metalogénicas son las responsables de la producción de CH₄ y, aunque constituyen una fracción muy pequeña de la

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

Emisión de NH₃ por estiércol

Según la EMEP/EEA (2013), los purines y estiércoles son ricos en nitrógeno. Una parte muy importante de dicho nitrógeno se encuentra en forma amoniacal (75% en porcino, 85% en aves, 60% en vacuno de leche). Dentro del purín, el amoniaco está en equilibrio entre una forma iónica soluble en agua (NH₄) y una forma gaseosa (NH₃). La forma gaseosa se volatiliza al contacto de la superficie del purín/estiércol con el aire circundante. De esta forma, en cualquier parte que tengamos purín se produce una emanación de amoniaco al aire de forma continua, siendo el principal gas emitido a la atmósfera en las explotaciones ganaderas.

Así mismo la EMEP/EEA resalta que es importante tener en cuenta la importancia relativa de las emisiones de las diferentes etapas de la gestión del estiércol. Para la mayoría de los países las mayores proporciones de emisiones de NH₃ procedentes de la producción ganadera se derivan de los alojamientos destinados a los animales y después de la aplicación de estiércol a campo, cada uno de los cuales, por lo general, representan el 30-40% de las emisiones de NH₃ procedentes de la producción ganadera.

Emisión de CO2 en la producción de pienso

Según Z.E.O (2020), tanto para fabricar los fertilizantes, como para usar la maquinaria o para transportar los cultivos con los que después se alimenta al ganado, se generan emisiones de óxido nitroso. En la producción de pienso también se contabilizan las emisiones de CO2 asociadas a la expansión de pastizales o tierras de cultivos, las emisiones de CO2 asociadas a la deforestación. Las emisiones ligadas a las flatulencias del sector ganadero representan un 44% del sector y equivale a las 4,5 gigatoneladas de CO2 equivalente. Por otra parte, la producción de piensos y dietas animales es la segunda fuente de emisiones con el 41% del total de las emisiones (3,3 gigatoneladas de CO2 equivalente), la tercera es la gestión del estiércol, con un 10% de las emisiones y la última el consumo energético que asciende al 5% del total.

Medición de CH4, NH3 y CO2

El metano (CH4) es uno de los gases de efecto invernadero con mayor impacto a nivel mundial, y que contribuye al cambio climático. Una de las soluciones más comunes para disminuir este evento consiste en captar el metano producido durante la digestión anaerobia de desechos orgánicos. El estudio de este proceso presenta un reto por su gran complejidad, sin embargo, existen parámetros indicadores para su control y monitoreo. Uno de estos parámetros es la cuantificación de la concentración de metano y dióxido de carbono (CO2) en el biogás producido.

Acorde a Isolde (2007), la digestión anaeróbica es un proceso microbiano que produce biogás, el cual se compone principalmente de dióxido de carbono (CO2) y metano (CH4). La concentración de gas metano en el biogás producido en un digestor anaeróbico varía de acuerdo a

las condiciones de producción. El principal método para la cuantificación de la concentración de CH₄ es el análisis cromatográfico. Para este método se requiere de una muestra del biogás y medir el porcentaje de concentración de metano y dióxido de carbono en procesos de laboratorio. Esto resulta en la obtención de pocos datos y de alto costo; además, de existir un número limitado de instrumentos para medir concentraciones de gases.

Por otra parte, Yiwen Liu, Keshab R. Sharma, Sudhir Murthy, Ian Johnson, Ted Evans & Zhiguo Yuan (2014), proponen como solución utilizar sensores semiconductores de óxido de metales, los cuales se pueden implementar para un sistema de monitoreo en línea. Estos sensores reaccionan ante la presencia de gases en el ambiente reduciendo su resistencia eléctrica mediante un material semiconductor a base de óxido de estaño (SnO₂). El óxido de estaño es un material capaz de modificar su conductividad ya que interactúa con las moléculas de gas presentes en el ambiente. Al absorber el oxígeno, la banda de conducción del material, expulsa los electrones absorbidos en forma de iones, lo cual deja una mayor superficie para la absorción de más electrones provenientes de los gases.

Detector de Gas HawestE4000



Figura 4. HAWESTE4000, Fuente: Synergy Supplies 2018.

Es un detector de gases unidos que mide un máximo de cuatro (4) gases para proteger los desastres causados por la deficiencia de O₂, el envenenamiento por gases tóxicos y la explosión de gases combustibles. Mide continuamente un máximo de cuatro gases de gas combustible, O₂ y gases tóxicos, y muestra sus concentraciones. Una vez que ocurre el riesgo, también se activa la alarma (visual, audible y vibratoria). Al adoptar un módulo de sensor inteligente intercambiable, se puede hacer para detectar 2 gases, 3 gases y 4 gases.

Gas detectado		LEL (CH ₄)	CO ₂	NH ₃
Rango de detección		0-100%	0-5000ppm	0-100ppm
Tiempo de respuesta		30sg	30sg	30sg
Valores de alarma	Alarma baja	20%	2000ppm	25ppm
	Alarma alta	50%	4000ppm	50ppm
Precisión		5% LEL	250ppm	5ppm

Figura 5. Información técnica HawestE4000. Fuente: SynergyP 2018.

Condiciones de trabajo:

- Temperatura: -20 °C ~ 50 °C para el gas tóxico
- -40 °C ~ 70 °C para el gas combustible
- Humedad: <95% RH
- Fuente de energía: Batería de litio (DC3.7V, 6600mAh)
- Tiempo de trabajo por carga: \geq 30 horas continuamente (sin alarma)
- Tiempo de carga: 4 ~ 6 horas
- A prueba de explosión grado: ExiaIICT4 Ga

Crterios para la ubicación de los equipos

Este impacto ambiental se controla a través de unas mediciones en las emisiones durante todo el ciclo de vida. Hay normativas internacionales como ISO 14064, ISO 14069, ISO 14067, PAS 2050 o GHG Protocolo entre otras, que recogen este tipo de puntos.

Según Rosetta Technology Solutions se verifica la densidad del tipo de gas donde instalará el detector. El gas es más denso que el aire. El gas natural, el gas de carbón artificial y el gas de pantano son más ligeros que el aire. Para detectar gas más denso que el aire, se instala dentro de una distancia radial de 1.5 metros de la fuente de gas, a una altura de 0.3 a 1 metro sobre el nivel del suelo. Para detectar gas más ligero que el aire, se instala dentro de una distancia radial de 1.5 metros de la fuente de gas, a una altura de 0.3 a 1 metro por debajo del techo. Cuando detecta una alta concentración de gas, la luz LED roja y la alarma se encienden y emite una señal a la red.

Marco legal

Colombia adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en 1992, mediante la Ley 164 de 1994 donde se coordinan las acciones para hacer frente al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como definir medidas para contrarrestar sus impactos sobre las actividades humanas. Otras políticas que avalan estas acciones en Colombia son: la ratificación del Protocolo de Kioto mediante la Ley 629 del 2000 y las resoluciones expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en los años 2003 y 2004 para la aprobación nacional de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio del mismo Protocolo, como parte de la estrategia de promoción de la reducción de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero; la Ley 1523 que adopta la Política nacional de gestión del riesgo de desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en donde se concibe la adaptación al cambio climático como parte del proceso de reducción del riesgo de desastres.

La Ley 1715 del 2014, que promueve el desarrollo y utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Decreto 298 del 2016 por medio del cual se estableció la organización y el funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA).

La resolución 2254 de 2017 establece los máximos de emisión de calidad del aire ambiente centrándose en los contaminantes atmosféricos de corta de vida en la atmosfera, los cuales son

precursores de gases de efecto invernadero. Además, establece los índices de calidad del aire que es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociados unos efectos que se tienen en cuenta para reducir la exposición a las altas concentraciones por parte de la población quienes son los más vulnerables.

Tabla 1. Normas, leyes y decretos frente a las emisiones generadas por el sector pecuario.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Leyes	
Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Norma que recogió los principios establecidos en la Conferencia de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano de 1972.
Ley 9	Por la cual se dictan medidas sanitarias. Título I, de la protección del medioambiente.
Ley 99 de 1993	Creación de Ministerio del Medio Ambiente, reordenamiento del sector públicoencargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA, y se dictan otras disposiciones. Tiene como principios relacionados la protección del paisaje por ser patrimonio común.
Ley 629 de 2000	Por medio de la cual se aprueba el “Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.
Ley 1844 de 2017	Por medio de la cual se aprueba el “Acuerdo de París”.
Ley 1931 de 2018	Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.

NORMA**DESCRIPCIÓN****Decretos**

Decreto 616 de 2006
Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país.

Decreto 298 de 2016
“Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) y se dictan otras disposiciones”.

Resoluciones

Resolución ICA3585 de 2008
Se establece el sistema de inspección, evaluación y certificación oficial de la producción primaria de leche.

Políticas

CONPES 3675 de 2010
Política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano. Desarrollo de estrategias e instrumentos que permitan disminuir los costos de producción e incrementar la productividad con miras a profundizar y diversificar los mercados interno y externo y aprovechar las oportunidades y ventajas comparativas que tiene el sector.

CONPES 3676 de 2010
Consolidación de la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas láctea y cárnica. Elementos necesarios que permiten mejorar el estatus sanitario de la producción agroalimentaria, con el objetivo de proteger la salud de las personas, animales y plantas, preservar la calidad del medio ambiente y mejorar la competitividad de la producción en la finca.

CONPES 3700 de 2011
Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.

Política Nacional de Cambio Climático: documento para tomadores de decisiones.

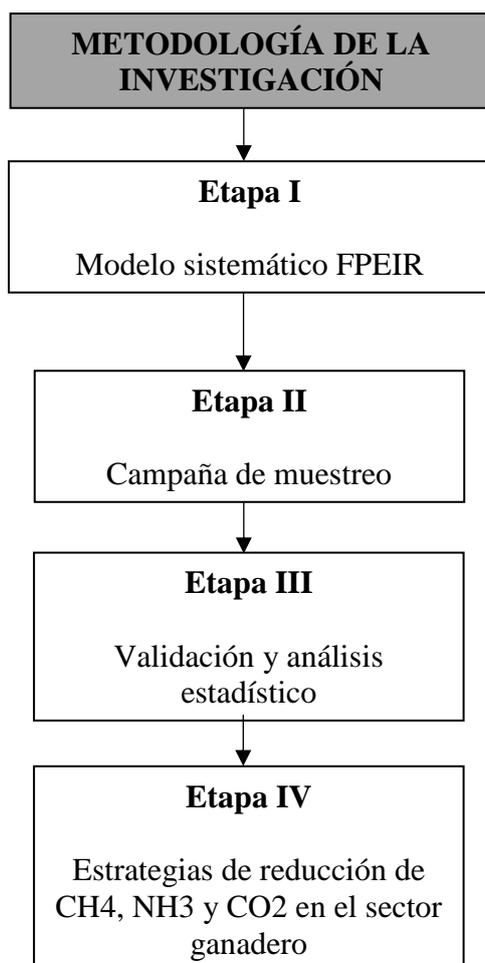
NAMA Ganadería Bovina
Tiene como objetivo “disminuir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) generados en la producción ganadera e incrementar los sumideros de carbono de los agroecosistemas de pasturas, por medio de un ordenamiento ambiental y productivo a nivel regional, promoviendo a su vez la conservación y/o restauración de ecosistemas naturales, incentivando paisajes productivos sostenibles”.

Capítulo III

Metodología

Se centra en una investigación cualitativa y cuantitativa definida en el problema propuesto medir la concentración puntual de metano, amoníaco y dióxido de carbono producido por el la producción ganadera; generando como producto un sistema analógico para muestrear y analizar gases de larga vida.

Figura 6. Metodología



Fuente: Peralta, I. (2021)

Modelo sistemático FPEIR

En esta etapa se recopiló información relacionada con la producción ganadera de leche y carne, a través del análisis de información respecto a la observación en campo del sitio de estudio, fue posible estructurar las relaciones causa-efecto que mayor influencia tienen en la emisión de CH₄, NH₃ y CO₂, vinculadas a los procesos productivos de la ganadería de leche en la finca. Identificando los puntos críticos en el sector ganadero que generan altas emisiones de gases como el CH₄, NH₃ y CO₂, mediante un estudio cualitativo en tasas de producción aplicado en las diferentes veredas ubicadas cerca al municipio de Arauca, para así, proponer estrategias de reducción de estos.

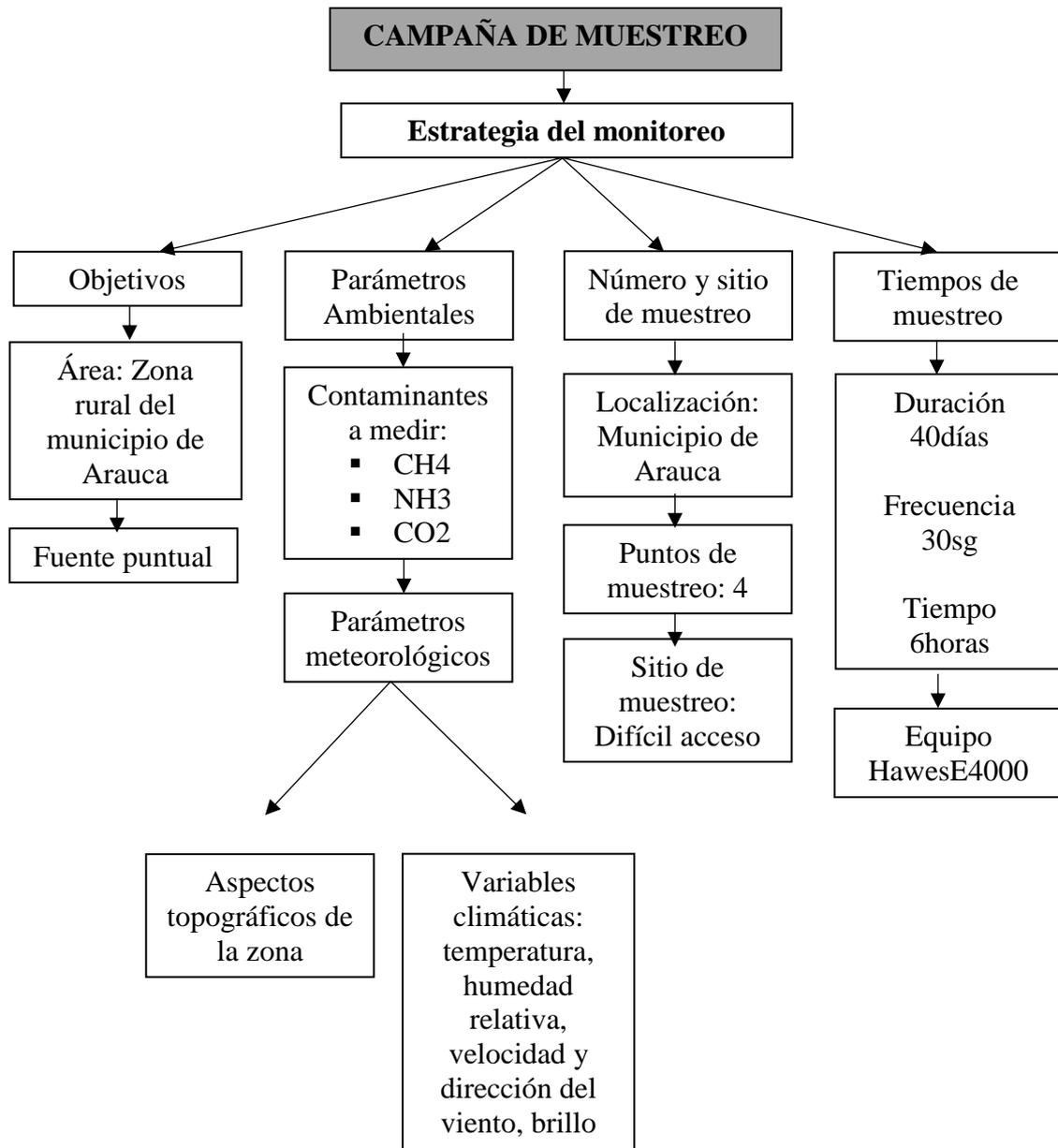
Se construyó el modelo Fuerza Motriz, Presión, Estado, Impacto, Respuesta (FPEIR) con base en la información obtenida en el enfoque sistémico. Las fuerzas motrices son consideradas la causa externa del hecho a analizar o los factores que marcan el cambio, las presiones son la forma de manifestación de la fuerza motriz que influye en el ambiente, por medio de estos es posible entender los motivos por lo que algunos procesos se convierten en amenaza para el ambiente (residuos, emisiones, vertimientos) lo que conduce al sistema a cierto estado (biológico, físico, químico, ecológico) y a que se generen impactos en los ecosistemas y la salud humana, se realiza con el fin de definir indicadores.

Campaña de muestreo

Mediante un estudio cualitativo en tasas de producción ganadera en la zona rural del Municipio de Arauca, generan mayor porcentaje en emisión de metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂), en las veredas Vista Hermosa, Fundadores, Reserva y Rosal, las cuales se dedican netamente a la producción de ganado de leche y carne, allí se determinó una finca por vereda para realizar el muestreo. Posteriormente se aplica una campaña de muestreo de medida controlada en campo, para esto se realiza una estrategia de monitoreo donde se determina la zona de estudio, parámetros a medir, tiempo de muestreo, entre otros; cabe resaltar que es de difícil acceso tener intervención en fincas de este sector, ya que pertenecen a zona roja.

La toma de datos se realiza mediante el equipo HawestE4000, un detector de gas que consta de cuatro sensores donde se registran datos simultáneos de los tres contaminantes en estudio. El registro y descarga de estos se hace mediante el mismo equipo, para apoyo y corroboración se diseña una plantilla de registro manual.

Figura 7. Estrategia de Monitoreo



Fuente: Peralta, I. (2021)

Como se mencionó anteriormente, la toma de datos se realizó con el detector de gas de referencia HawestE4000, este cuenta con un método de difusión natural dando medidas (% CH₄), (NH₃/ppm) y (CO₂/ppm), con una descarga de más de diez mil registros en zonas abiertas y cerradas, mide tres tipos de gases; metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂); para el manejo del equipo se tiene en cuenta la constante revisión y calibración de sus sensores previo a la toma de datos. Asimismo, fue utilizado el GPSmap 62S de la marca GARMIN para determinar la georreferenciación de la zona de estudio.

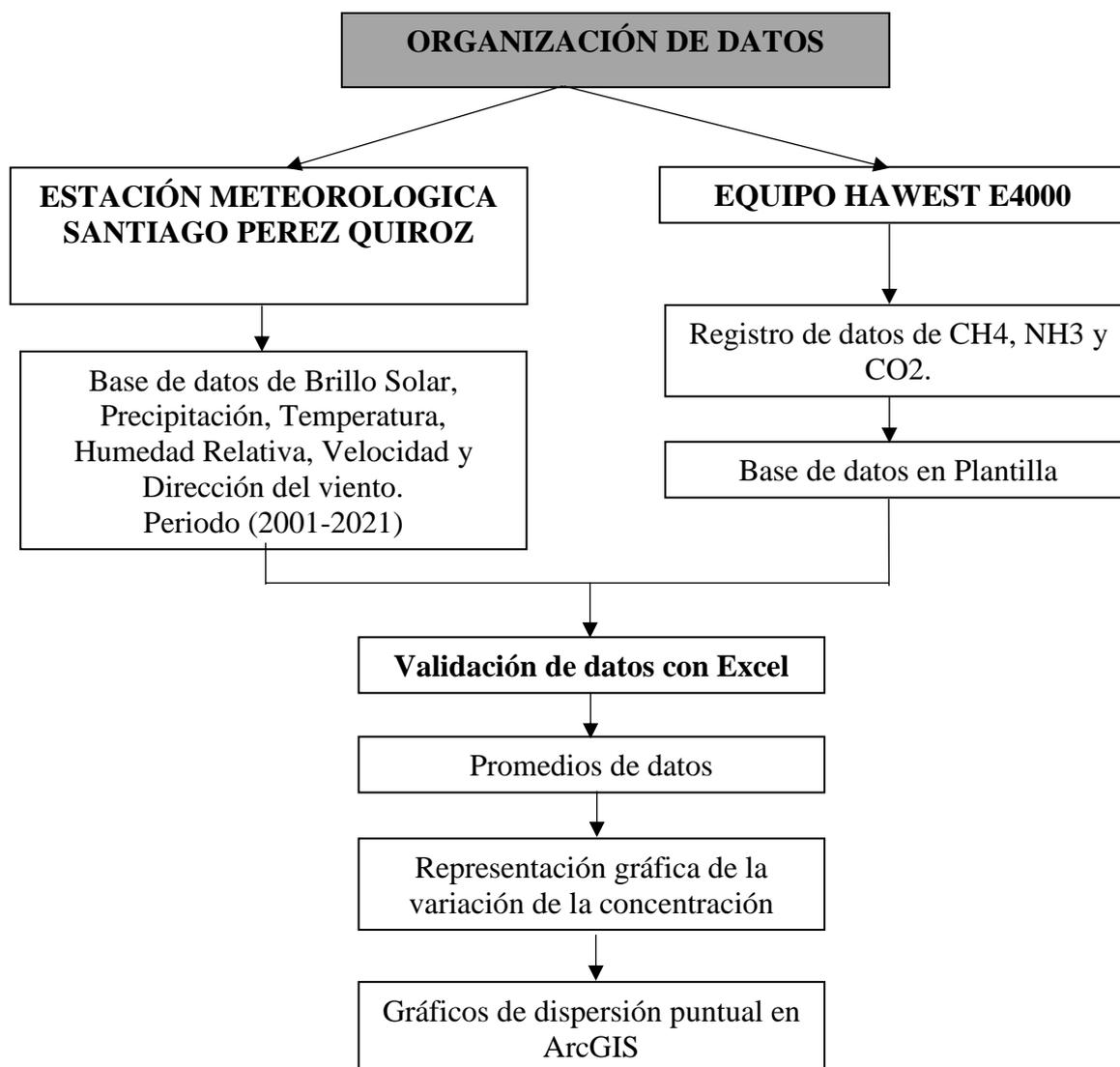


Figura 8. Detector de gas Hawest y GPSmap. Fuente: Peralta, I. 2021.

El equipo generó una base de datos con 2.160 registros diarios de cada contaminante (CH₄, NH₃ y CO₂) por finca, en otras palabras, nos arrojó 21.600 datos en cada punto de medición, aproximadamente 86.400 datos en cuatro fincas durante diez días de los tres gases metano, amoníaco y dióxido de carbono mostrado en **Anexos**.

Validación y análisis estadístico

Figura 9. Proceso de validación de la base de datos.



Fuente: Peralta, I. (2021)

Para el análisis de datos, estos son validados estadísticamente en Excel por medio de tablas dinámicas, determinando promedios horarios y diarios por punto de muestreo de CH₄, NH₃ y CO₂, en este caso por cada finca de toma de datos. Respecto a los datos de las variables

climáticas de la región fueron suministrados por el IDEAM en un periodo de veinte años (2001-2021) de la estación meteorológica SANTIAGO PEREZ (Arauca/Arauca), de seis variables climáticas que inciden directamente en la dispersión de los contaminantes atmosféricos, radiación solar, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, dirección del viento y temperatura de la región, también validados en Excel. Asimismo, se realiza una georreferenciación espacial de la zona de estudio, implementando en ArcGIS la concentración puntual de la emisión de metano, amoníaco y dióxido de carbono en cada una de las fincas de muestreo.

Estrategias de reducción de CH₄, NH₃ y CO₂ en el sector ganadero

Para llevar a cabo el presente objetivo se tuvo en cuenta los resultados, como base para la revisión. La elaboración de la cartilla técnica de la investigación se fundamentó principalmente en la contaminación atmosférica, emisión de gases de efecto invernadero, la producción ganadera y su relación con emisiones de gas metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂), para así hallar estrategias de reducción aplicables a sistemas ganaderos. Entre las fuentes de información consultadas se encuentran artículos de revistas científicas, estudios hechos por organizaciones intergubernamentales, trabajos de grado y bases de datos tomadas como referencia en toma de información y creación de alternativas expuestas en la cartilla técnica informativa.

Capítulo IV

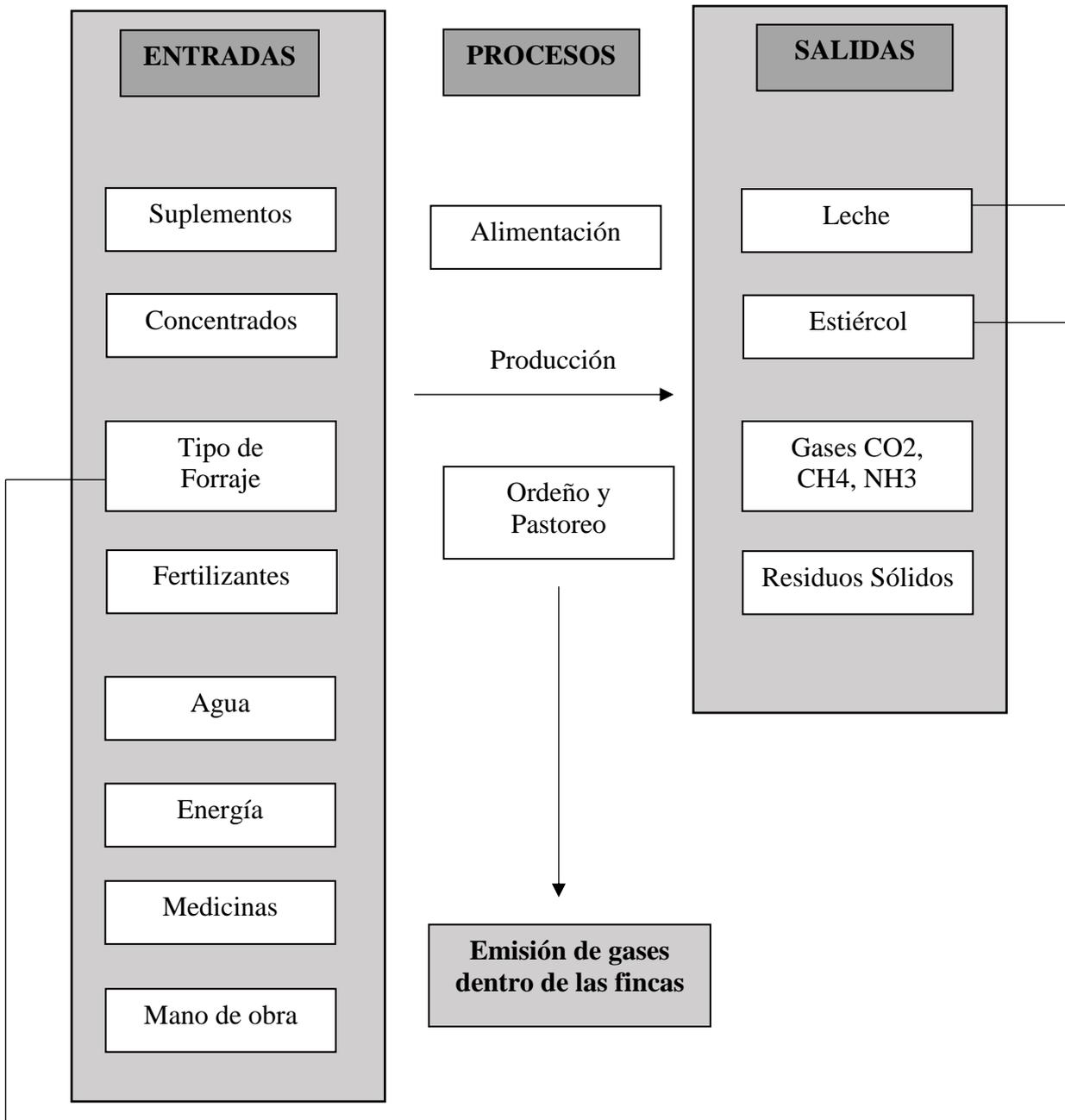
Resultados y Análisis

Modelo sistemático FPEIR

De acuerdo con el enfoque del proyecto de investigación, se abarcaron diferentes aspectos correspondientes al funcionamiento del sistema de ganadería en las fincas Silvania, El Paraíso, La Cabaña y El Lago y La Esperanza, tomando en consideración, las prácticas utilizadas por parte del productor. Se hizo uso herramientas para el análisis interno de la finca con la finalidad de identificar puntos críticos respecto a los impactos ambientales que ésta genera, es especial aquellos relativos a emisiones de metano (CH_4), amoniaco (NH_3) y dióxido de carbono generados por el sector ganadero.

Para el análisis inicial se puso en marcha el enfoque sistémico, ya que, por medio de éste, fue posible identificar los principales procesos que permiten el funcionamiento interno de la finca, los recursos con los que cuenta y el uso que se les da, determinando la eficiencia actual del sistema lo que hace posible realizar cambios en los procesos, de ser necesario, para mejorar el uso de las entradas y la eficiencia del proceso productivo. Es así como por medio del flujo de energía interno, el cual determina el funcionamiento adecuado de la finca, se identificaron fugas (emisiones) para las cuales es de gran importancia poner en marcha acciones que promuevan la mejora productiva del sistema, reduciendo pérdidas de energía y mejorando la eficiencia y rentabilidad del sistema.

Figura 10. Enfoque sistemático cualitativo de las fincas en estudio.

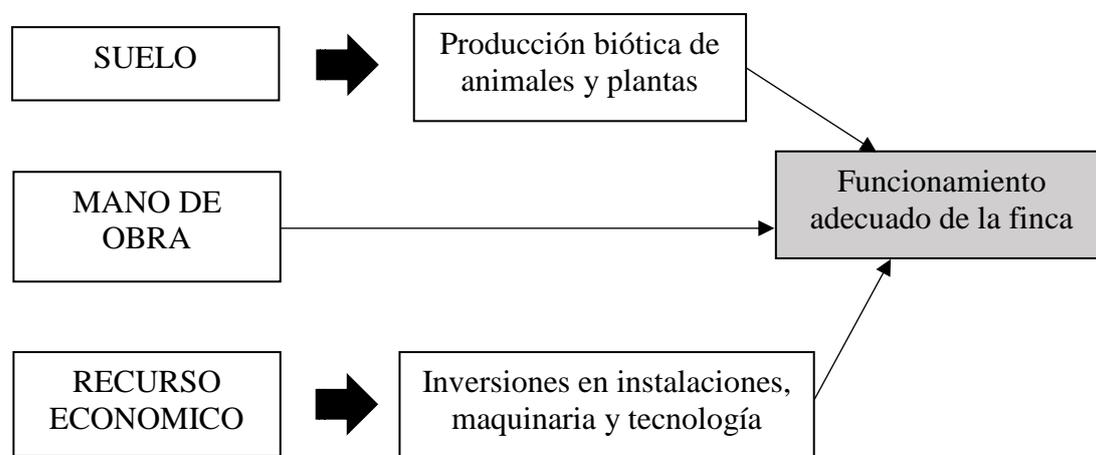


Fuente: Peralta, I. (2021)

Se puede observar los procesos internos por los que atraviesa la producción lechera de la finca, considerados como la fuente principal de emisiones CH₄, NH₃ y CO₂. Esta información básica de tipo cualitativa sirvió como base para la elaboración del modelo cuantitativo del sistema, en la que se da a conocer la forma en la que interactúan los componentes, determinando además las cantidades de flujos que se presentan.

La finca cuenta con tres factores productivos básicos:

Figura 11. Factores de producción básicos para las fincas.



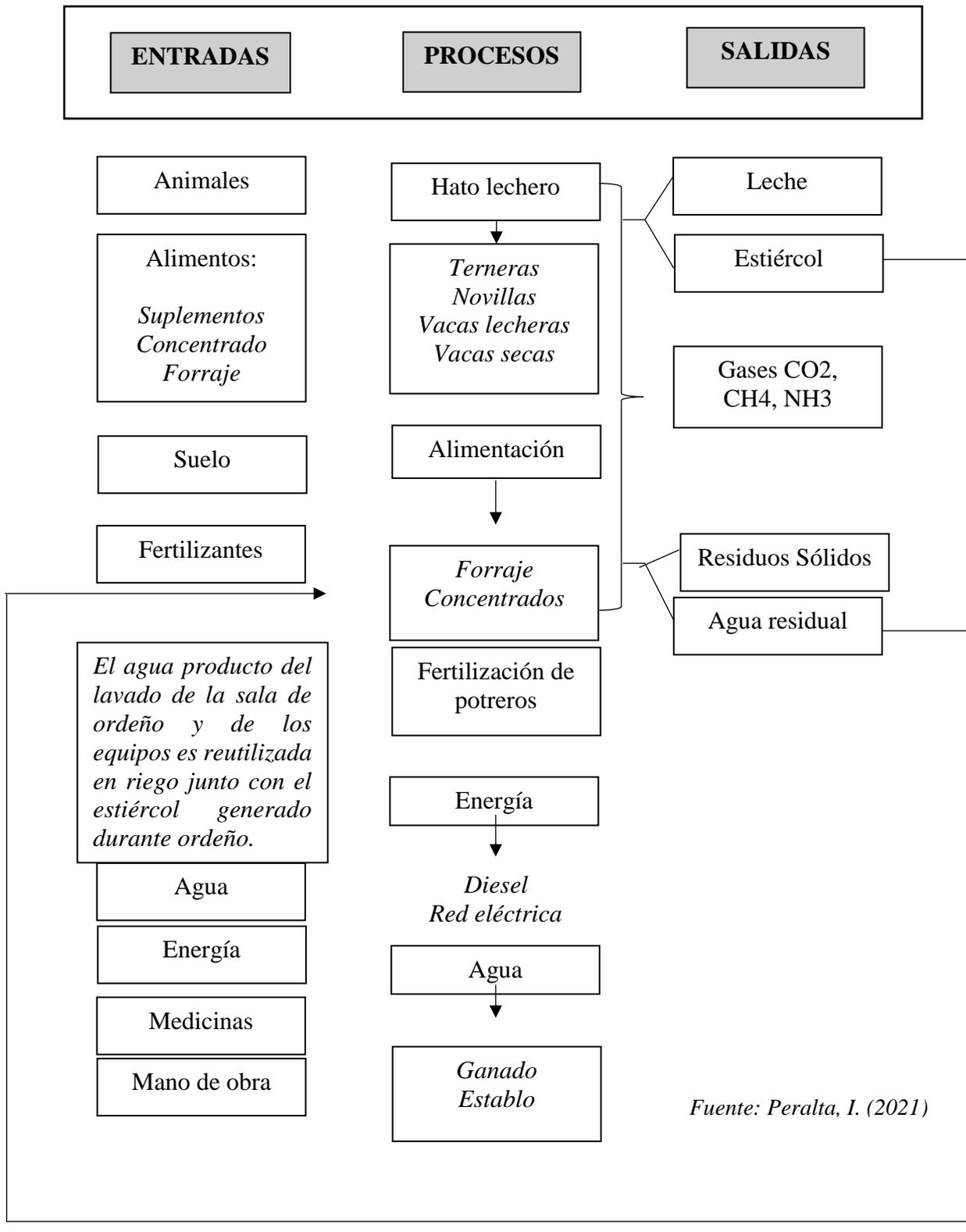
Fuente: Peralta, I. (2021)

Todos ellos hacen posible el adecuado funcionamiento de las fincas sin dejar de lado insumos para el sistema como el alimento, los animales y demás. Además, esto permitió

comprender los términos de eficiencia y productividad del sistema evaluando las técnicas utilizadas en el proceso productivo.

En ese proceso de transformar las entradas en salidas, el producto principal es la leche, donde intervienen componentes como el alimento, agua, mano de obra y energía. Es importante aclarar que el hato lechero está constituido por terneras, novillas, vacas lecheras y vacas secas, donde cada una de ellas desempeña un papel fundamental en la productividad de la finca. Como subproductos se tienen los gases (CH_4 , CO_2 , NH_3), a causa del proceso de fermentación entérica del ganado, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en el forraje y el proceso de combustión de la maquinaria agrícola; y el estiércol depositado por el ganado en el corral de espera, pues éste es confinado en un tanque estercolero. Finalmente, se tienen como residuos el agua generada después de la limpieza de la sala de ordeño, equipos y del corral de espera, aguas que son conducidas al mismo tanque estercolero ya que lo almacenado allí es usado posteriormente en el riego de potreros, principalmente en épocas de verano; y los residuos sólidos, constituido por envases de medicina veterinaria y productos químicos para limpieza y desinfección.

Figura 12. Modelo del sistema de las fincas en estudio.



Se desarrolló el modelo FPEIR con el fin de describir y comprender las interacciones existentes entre el proceso de producción primaria en cada una de las fincas y el ambiente. Este modelo se construyó con base en la información mostrada anteriormente, es decir la descripción de procesos e impactos. Por medio de este método de análisis fue posible ordenar dicha información de manera que fuera fácil entender el porqué de la problemática ambiental en las fincas, qué lleva al productor a producir de la forma en que lo hace y cómo el proceso de producir leche genera presión, cuál es el estado en el que los componentes ambientales se encuentran, qué impactos a nivel local genera el proceso.

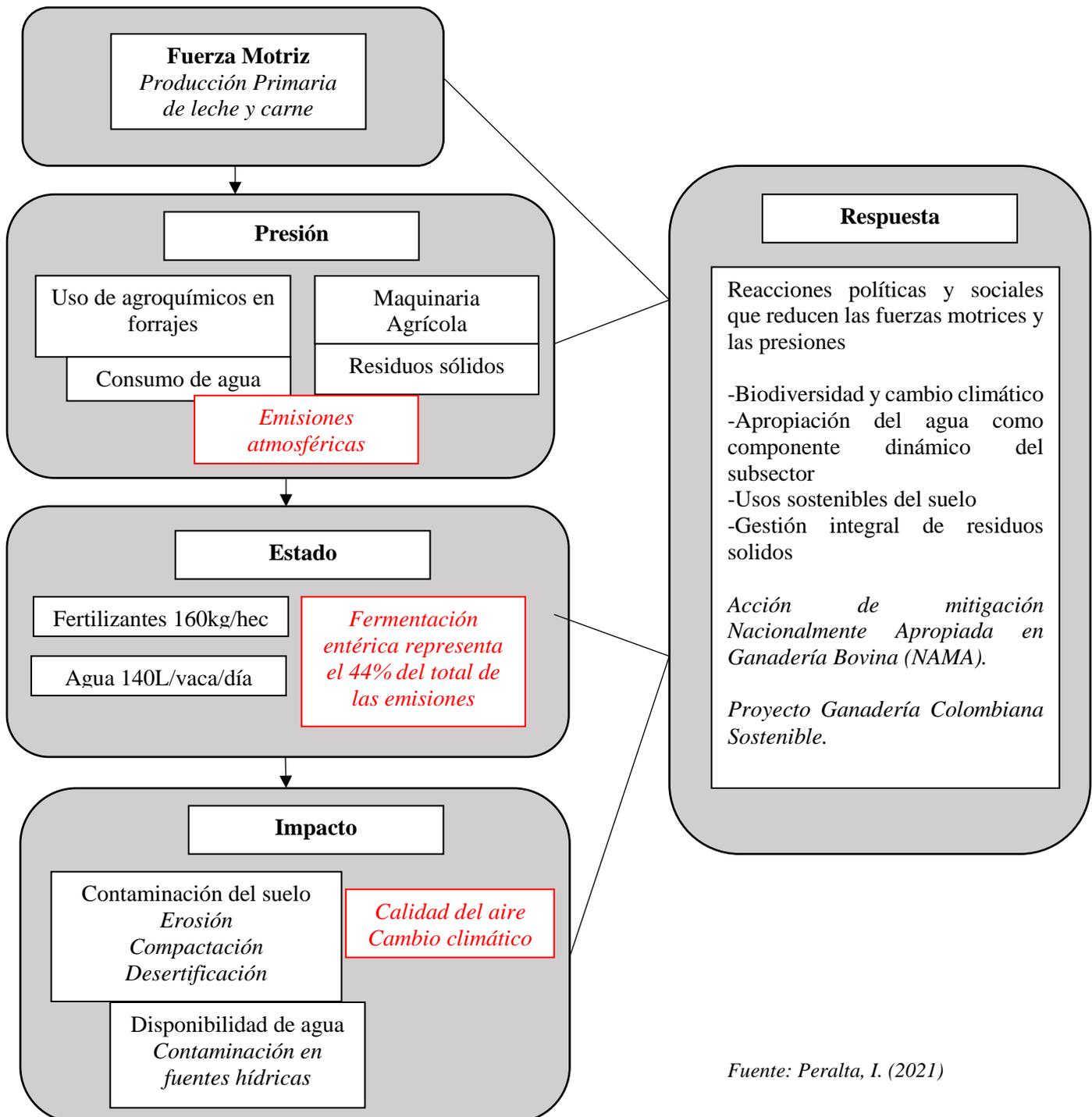
Tabla 2. Análisis del modelo FPEIR para la producción. Fuente: Trujillo, L. 2018

<i>Componente</i>	<i>Resultado</i>
<i>Fuerza motriz</i>	Corresponde a la fuerza económica que induce cambios en los procesos de degradación ambiental de la finca, permitiendo una comprensión adecuada del estado del sistema productivo relacionado con el uso de la tierra, prácticas de manejo, recursos naturales e insumos.
<i>Presión</i>	La producción primaria de leche y carne genera presiones sobre el sistema natural de la finca, conduciendo a cambios en dicho sistema. Para este caso se hace referencia a procesos nocivos como las emisiones, el uso de agroquímicos y maquinaria agrícola, la generación de residuos sólidos y el consumo de agua.
<i>Estado</i>	Este se refiere a las condiciones en las que se encuentran los componentes ambientales tras haberse ejercido presión sobre ellos.
<i>Impacto</i>	Los aportes que realiza la ganadería de leche respecto a emisiones de CH ₄ , NH ₃ y CO ₂ , repercute en la calidad del aire, lo que hace alusión a los efectos específicos de una presión (fermentación entérica) en el funcionamiento del ecosistema.
<i>Respuesta</i>	Se trata de las estrategias de tipo político y social que permiten que la producción primaria de leche y sus presiones sean reducidas. Además, estas ayudan a mejorar el sistema productivo.

Este sistema productivo de leche y carne acarrea diversas problemáticas ambientales, pues la visión que tiene el productor sobre el proceso de producción es meramente económica,

esto quiere decir que no se presta particular atención a los impactos que son generados en el desarrollo de las diferentes actividades que se dan dentro del sistema.

Figura 13. Modelo FPEIR para la producción primaria en fincas de muestreo.



Fuente: Peralta, I. (2021)

Para Fernández & Enriquez (2010), la fuerza motriz se considera la causa externa del hecho a analizar o los factores que marcan el cambio, como los sectores económicos, esto conlleva a que se ejerzan presiones en el ambiente y se manifiesten como una amenaza en forma de emisiones o residuos lo que conduce al sistema a estados biológicos, físicos, químicos y ecológicos, generando impactos en los ecosistemas y la salud humana. Todo esto supone unas respuestas por parte de gobiernos e instituciones mediante la puesta en marcha de planes, programas y proyectos donde se anteponen las problemáticas y se determinan metas.

Según Hristov (2013), la mayoría de las emisiones de metano provienen de la fermentación entérica del hato ganadero, producto de su proceso digestivo normal. El metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) son el resultado natural de la actividad microbiana de los carbohidratos y los aminoácidos que se encuentran en el rumen e intestino grueso del bovino. El CH₄ es producto de condiciones anaeróbicas estrictas, proceso que es llevado a cabo por procariotas metanógenas altamente especializadas. Estas emisiones representan el 44% del total de las emisiones GEI de la finca con una producción anual de 20.101 kg de CH₄, teniendo como principal causa la dieta del ganado ya que ésta es abundante en carbohidratos estructurales los cuales están contenidos en el pasto, lo que propicia la formación de acetato y de grupos metilo que actúan como base para la formación del metano.

Como especifica Steinfeld (2006), segunda fuente de emisiones, se encuentra el pastoreo del ganado. Éste tiene un porcentaje de emisión del 27% y corresponde a 304.782 kg de CO₂ procedentes posiblemente de la degradación de los pastizales. Dicha degradación genera una disminución en la productividad vegetal, al igual que cambios en las reservas de nutrientes,

carbono y, en el ciclo del sistema. Esto conlleva, a que se reduzcan las tasas de fijación y de acumulación en la biomasa del carbono, presentando caídas en las cantidades de carbono orgánico del suelo como causa del pastoreo continuo. Lo anterior hace que se presenten emisiones considerables de CO₂.

Campaña de muestreo

El Municipio de Arauca se caracteriza por su comercio binacional en crianza y producción de ganado bovino. A partir de los datos suministrados por el ICA referentes al censo pecuario a nivel Nacional para el año 2020, se determina el inventario municipal en el área rural, que cuenta con una concentración de datos del 99%, véase a continuación.

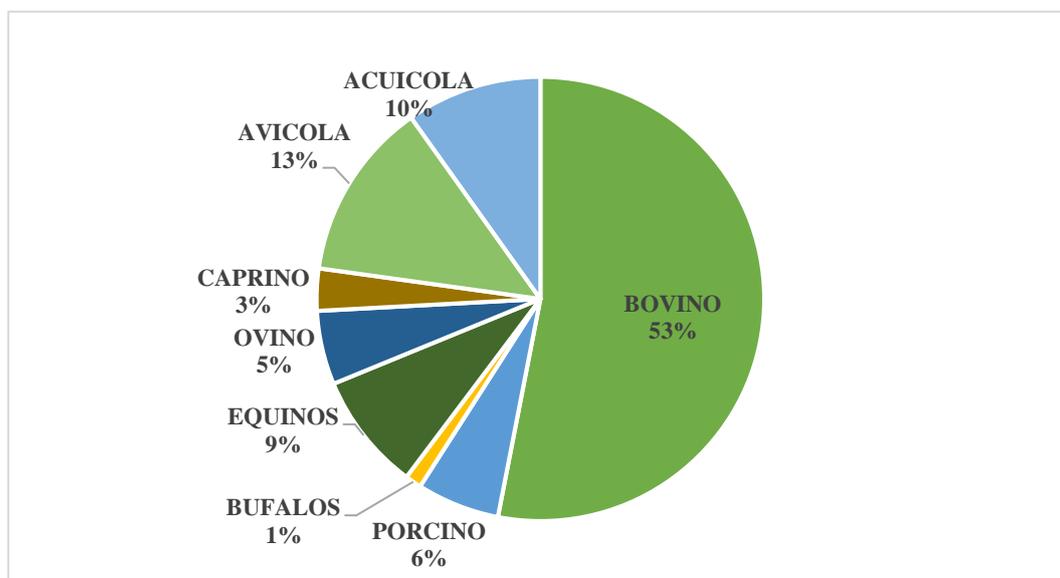


Figura 14. Tipo producción pecuaria por predio del municipio de Arauca.

Fuente: Peralta, I. (2021)

Se puede observar que el 99% de la población realiza actividades pecuarias predominando el ganado bovino con un 53%, utilizado para doble propósito en producción de lácteos y carne, seguido a este la producción avícola con un 13%, donde se incluye aves de corral y patos que genera producción de huevos y carne.

Tomando en cuenta la **Figura 14** el balance de datos mencionados, se determinó la zona de investigación en veredas del Municipio de Arauca, específicamente cuatro fincas productoras especialmente de ganado bovino de leche y carne, teniendo en cuenta que no todo el municipio cuenta con este medio de ingreso, ya que en los últimos años se ha invertido en la producción de agricultura y piscicultura. Posteriormente, mediante una charla con los productores se realiza la sustentación de la toma de datos a realizar, posteriormente se obtiene una finca por vereda donde hoy en día tienen mayor tasa de producción. Asimismo, los propietarios de las diferentes fincas aportan su conocimiento y amabilidad para dar el paso a la toma de datos.

Como se mencionó anteriormente, se realizó un censo a cada productor pecuario de las fincas seleccionadas para el muestreo, con preguntas básicas referentes a su propiedad, proceso de producción interna y ubicación dentro del Municipio, para esto se realiza una georreferenciación de la zona utilizando el equipo GPSmap 62S.

1. *Nombre:* LA CABAÑA *Propietario:* María Inés Salazar Cardona
Coordenadas 7°01'29.0"N 70°41'45.3"W

Tabla 3. *Censo finca la cabaña, Vereda Rosal.*

<i>N. reces</i>	71
<i>Genero</i>	43 vacas 1 toro 22 terneras 5 terneros
<i>Razas</i>	Gyr, Pardo, Holsten, Gyrolando
<i>Adultos</i>	44
<i>Terneros</i>	27
<i>Peso promedio por res</i>	Vacas 450kg Terneros 200kg
<i>Propósito</i>	28 lechero 15 carne
<i>Alimento</i>	Combinación entre caña, pasto de corte y botón de oro (leguminosa). Cantidad promedio diario: 150kg
<i>Tipo de forraje</i>	Admirable/Brachiaria mutica, Brachiaria humidicola
<i>Hectáreas</i>	94
<i>Sistema de pastoreo</i>	Semi-extensivo

2. *Nombre:* EL LAGO Y LA ESPERANZA *Propietario:* José Remberto Parra
Coordenadas 6°57'24.0"N 70°34'28.0"W

Tabla 4. Censo finca el lago y la esperanza, Vereda Fundadores.

<i>N. reces</i>	100
<i>Genero</i>	60 vacas 1 toro 30 terneras 9 terneros
<i>Razas</i>	Criollo
<i>Adultos</i>	61
<i>Terneros</i>	39
<i>Peso promedio por res</i>	Vacas 400kg Terneros 180kg
<i>Propósito</i>	Doble propósito
<i>Alimento</i>	Sales mineralizadas
<i>Tipo de forraje</i>	Admirable/Brachiaria mutica, Brachiaria humidicola
<i>Hectáreas</i>	84
<i>Sistema de pastoreo</i>	Intensivo

3. *Nombre:* SILVANIA

Propietario: Delio Rueda Pineda

Coordenadas 7°00'20.3"N 70°40'21.4"

Tabla 5. *Censo finca Silvania, Vereda Reserva.*

<i>N. reces</i>	105	<i>Nota:</i> <i>Debido a su pastoreo extensivo, el ganado se alimenta exclusivamente de los forrajes por potrero mencionados.</i>
<i>Genero</i>	84 vacas 1 toro 12 terneras 4 terneros	
<i>Razas</i>	Cebú, Pardo y Gyr	
<i>Adultos</i>	85	
<i>Terneros</i>	20	
<i>Peso promedio por res</i>	Vacas 400kg Terneros 150kg	
<i>Propósito</i>	20 lechero 65 carne	
<i>Alimento</i>	X	
<i>Tipo de forraje</i>	Admirable/Brachiaria mutica, Brachiaria humidicola	
<i>Hectáreas</i>	66	
<i>Sistema de pastoreo</i>	Extensivo	

4. *Nombre:* EL PARAISO

Propietario: Emiro Ruiz

Coordenadas 6°59'10.4"N 70°37'14.4"W

Tabla 6. Censo finca Paraíso, Vereda Vista Hermosa.

<i>N. reces</i>	64
<i>Genero</i>	45 vacas 2 toro 13 terneras 4 terneros
<i>Razas</i>	Pardo, criollo
<i>Adultos</i>	47
<i>Terneros</i>	17
<i>Peso promedio por res</i>	Vacas 380kg Terneros 160kg
<i>Propósito</i>	Doble propósito
<i>Alimento</i>	Sales mineralizadas, melaza
<i>Tipo de forraje</i>	Admirable/Brachiaria mutica, Brachiaria humidicola
<i>Hectáreas</i>	24
<i>Sistema de pastoreo</i>	Extensivo

Entre los gases emitidos por el ganado bovino encontramos el metano (CH₄) generado por su proceso digestivo que ocurre en condiciones anaeróbicas, el cual es uno de los principales gases de efecto invernadero natural. Asimismo, otros gases como el dióxido de carbono (CO₂) dado por la producción de pienso y amoníaco (NH₃) generado por el estiércol. La actividad ganadera lleva implícitamente impactos como la emisión de gases, compactación de suelos, deforestación manejo y disposición de subproductos, entre otros.

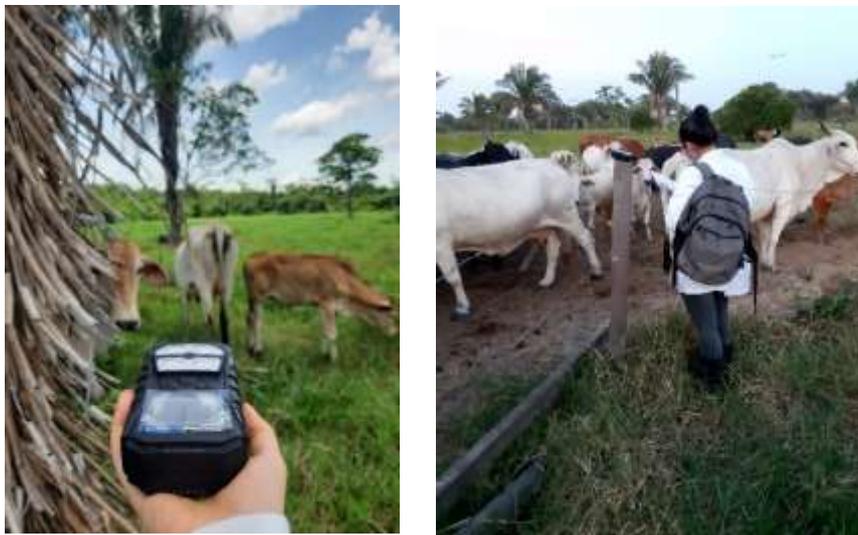


Figura 15. Detector de gas HawestE4000 en campo. Fuente: Peralta, I.2021

Como se observa en la **Figura 15**, se procede a realizar la campaña de muestreo que consta de cuatro fases, definiendo los objetivos donde se selecciona el área de estudio ya mencionada, luego los parámetros ambientales y meteorológicos; posteriormente el sitio de muestreo y los tiempos de este mismo, mencionado en la estrategia de monitoreo.

Para la toma de datos de CH₄, NH₃ y CO₂ se utilizó el detector de gas de referencia HawestE4000, cuenta con cuatro sensores, un método de difusión natural y una programación en tiempo de real de fácil manejo. Tiene una descarga de datos de más de diez mil registros, con durabilidad de seis horas en funcionamiento. Se realizaron toma de datos con las siguientes pautas.

Aun teniendo el equipo para la descarga de datos, se llevó a cabo una plantilla para toma de datos manual como se muestra en **Anexos**, esto nos permite obtener pruebas de los datos

tomados y así mismo tener mayor veracidad de los mismos. Se diligenció una plantilla para cada horario de registro de datos, teniendo en cuenta que en los horarios de la mañana y noche se tomaron 180 datos y a medio día 360 datos. Esto se debe a que en los horarios de 4:30am – 6:00am y 5:30pm – 7:00pm el ganado se encuentra estabulado, quiere decir todos en un mismo lugar ya sea por producción lechera o alimentos adicionales, este último factor incide directamente en la producción de metano.

Teniendo en cuenta lo anterior da como resultado un registro de 2 datos por minuto, en un intervalo de tiempo de 30 segundos este depende del tipo de gas a medir y el tiempo de respuesta del equipo, dando como resultado 720 datos diarios por gas medido, los datos fueron tomados durante 10 días en cada una de las fincas como se especifica en la campaña de muestreo, esto quiere decir que se obtuvo un registro de 21.600 datos por punto de muestreo de los tres gases a medir CH₄, NH₃ y CO₂, dicho lo anterior nos da como resultado un total de 86.400 datos en los cuatro puntos de toma de muestra. La cantidad de datos es extensa, se procede a obtener promedios horarios y diarios por punto para su respectivo análisis.

Validación y análisis estadístico

Variables meteorológicas

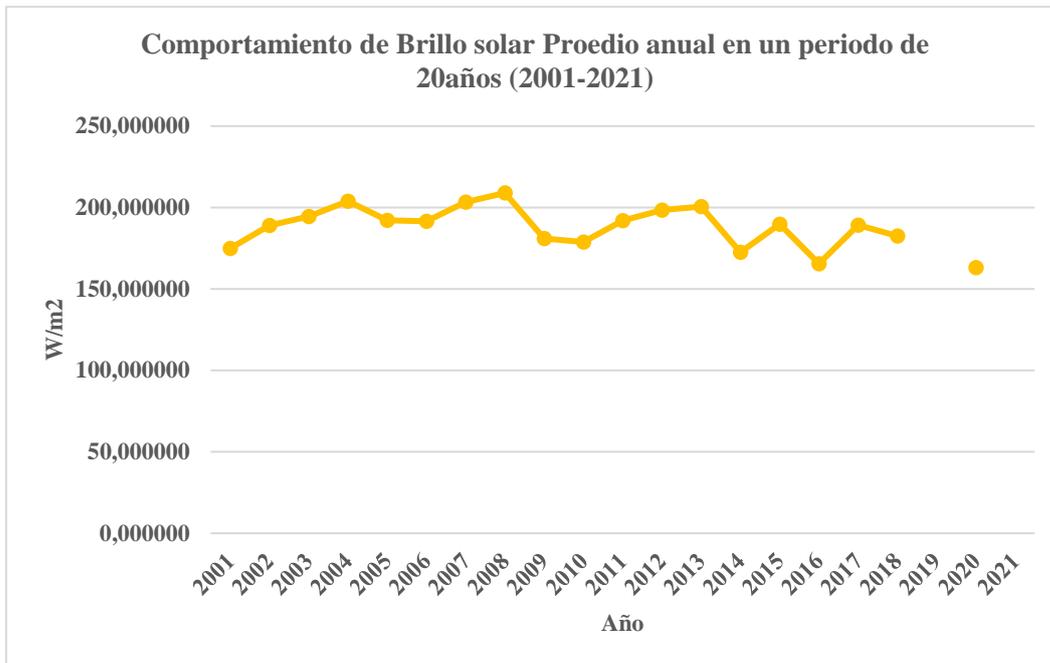


Figura 16. Comportamiento temporal de Brillo solar del Municipio de Arauca (2001-2021).

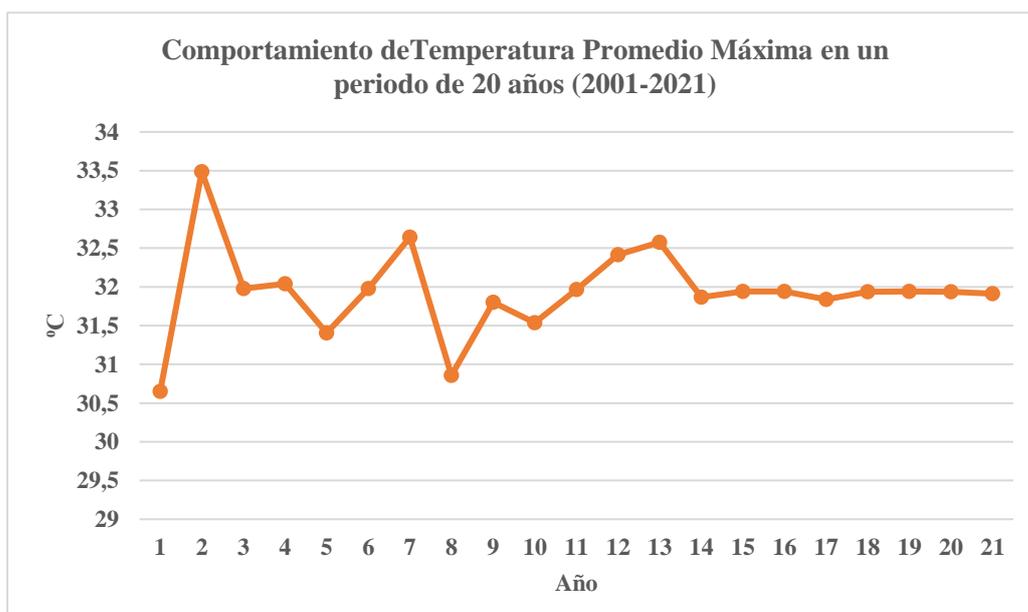


Figura 17. Comportamiento temporal de Temperatura del Municipio de Arauca (2001-2021).

Respecto al Brillo Solar en la **Figura 16** y Temperatura en la **Figura 17**, estas dos variables se relacionan directamente ya que a mayor incidencia del sol mayor temperatura en la zona. Para los años 2008, 2014, 2017, 2019 se presentan los puntos más bajos donde por registros del municipio durante esos periodos la temperatura osciló entre 28-30 debido a las constantes lluvias; por otra parte, para los años 2008, 2015 y 2018 se registró la mayor temperatura en un rango de 32-40 grados en promedio debido a la sequía presentada en la región. Así como para los años 2019 y 2021 no hubo registro de datos en Brillo Solar.

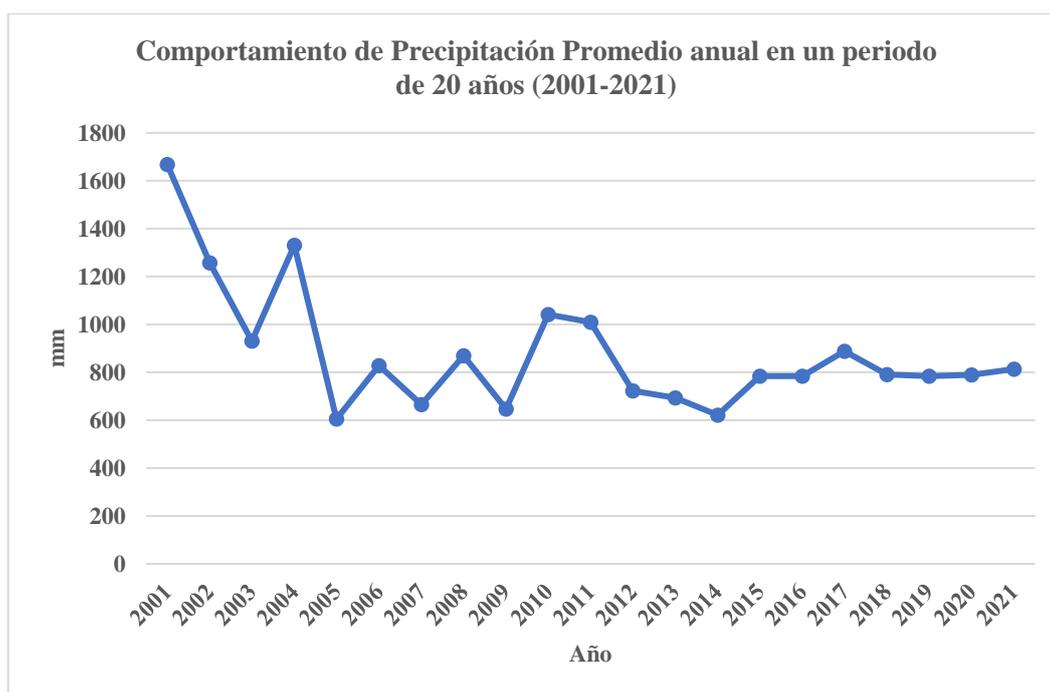


Figura 18. Comportamiento temporal de Precipitación del Municipio de Arauca (2001-2021).

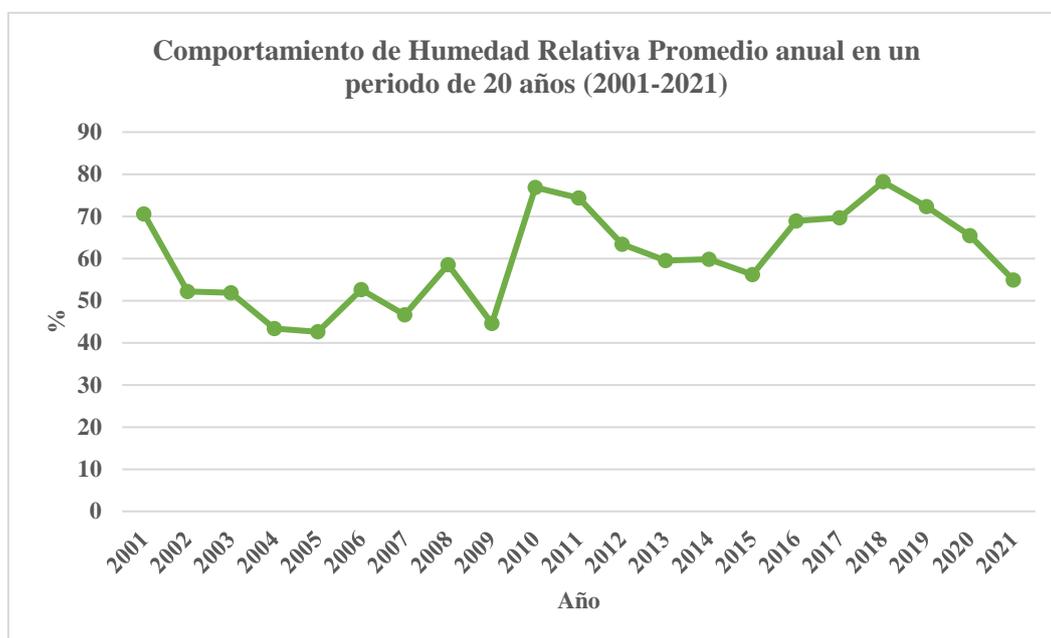


Figura 19. Comportamiento temporal de Humedad Relativa del Municipio de Arauca (2001-2021).

En cuanto al comportamiento de Precipitación en la **Figura 18** y Humedad Relativa en la **Figura 19** Para los años 2001, 2004 son los más altos, según registros durante estos años se presentaron las mayores temporadas de invierno en el municipio, trayendo consigo inundaciones generando perdidas en el sector urbano y rural. Para los años 2005 ,2007, 2009 y 2013 fueron los puntos más bajos, indica que no hubo temporadas de lluvias y así mismo por error mecánico se realizaron poca toma de datos.

La relación de estas cuatro variables representa el comportamiento espaciotemporal de la variabilidad climática que se ha presentado el Municipio de Arauca durante los últimos 20 años, donde por condiciones geográficas tiende a complicarse si se tiene años lluviosos o de sequía, ya que se encuentra a 120m.s.n.m y las precarias condiciones del dique produce desbordamientos del Río Arauca generando perdidas en el sector económico. La variación del clima influye sobre el movimiento de contaminantes, predominante la dirección y velocidad del viento.

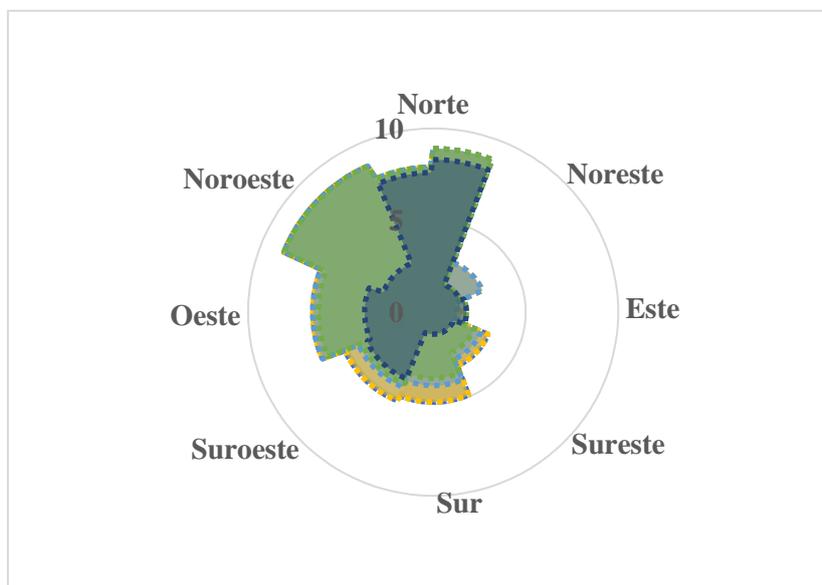


Figura 20. Rosa de Vientos (2001-2021).

Fuente: Elaborado por Peralta, I. (2021), a partir de información suministrada por el Geoportal DHIME del IDEAM.

La rosa de vientos para un periodo (2001-2021) presenta mayor tendencia en la dirección Norte, con mayor frecuencia en la velocidad de vientos en los rangos entre 8.0-15km/h; mientras que en dirección Noreste y Este presenta rangos entre 2.0-8.0km/h. Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica Santiago Pérez Quiroz del Municipio de Arauca.

La dispersión de contaminantes en la atmósfera, está influenciada significativamente por la variabilidad de la dirección del viento. Cuando su velocidad aumenta, mayor es el volumen de aire que se desplaza por unidad de tiempo, por la zona donde está localizada una fuente de emisión de contaminantes. En consecuencia la concentración disminuye si la emisión es constante.

Concentración de Metano (CH₄)



Figura 21. Ganado estabulado para ordeño finca la cabaña. Fuente: Peralta, I.

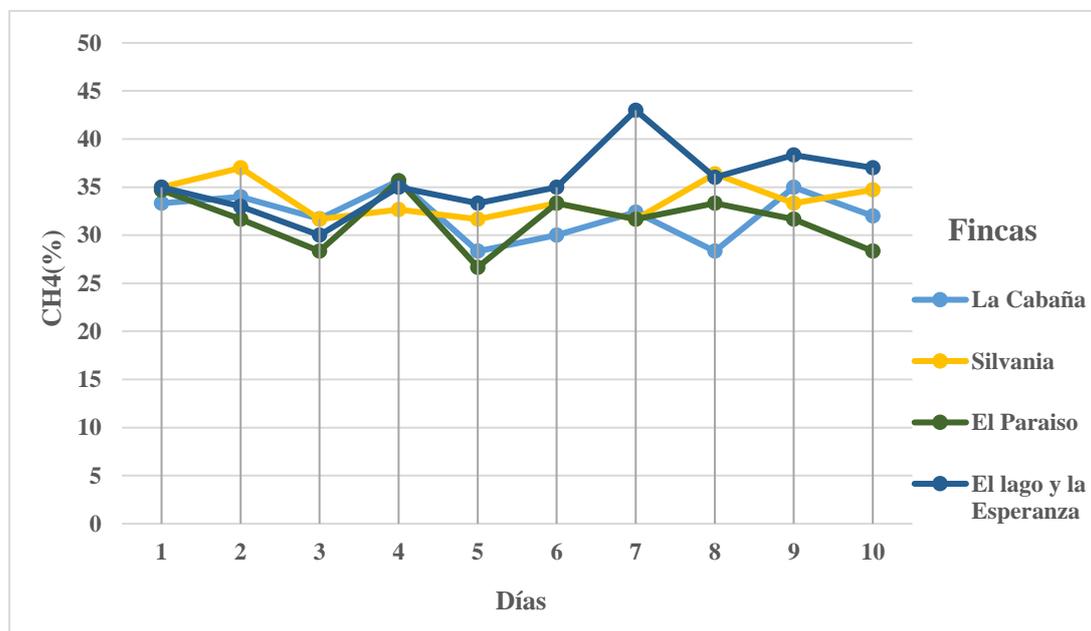


Figura 22. Comportamiento temporal de la concentración de Gas Metano.

Con respecto al comportamiento en niveles de concentración de CH₄ como muestra la Figura 22, en la Vereda Fundadores, finca El lago y la Esperanza se detalla los rangos más altos

que oscila entre 30-44ppm, con un valor máximo de 44ppm, esto se debe al rápido estrés, ya que de manera natural los animales presentan una actitud de alerta y reaccionan ante cualquier estímulo novedoso que observan o escuchan. Para la Vereda Reserva, finca Sylvania los rangos oscilan entre 31-38% siendo el segundo porcentaje más alto, aquí como en la Vereda Fundadores incide el estrés que se genera, aunque cabe resaltar que el ganado presente en la finca es bastante territorial y suele haber problemas de agresividad de razas y géneros.

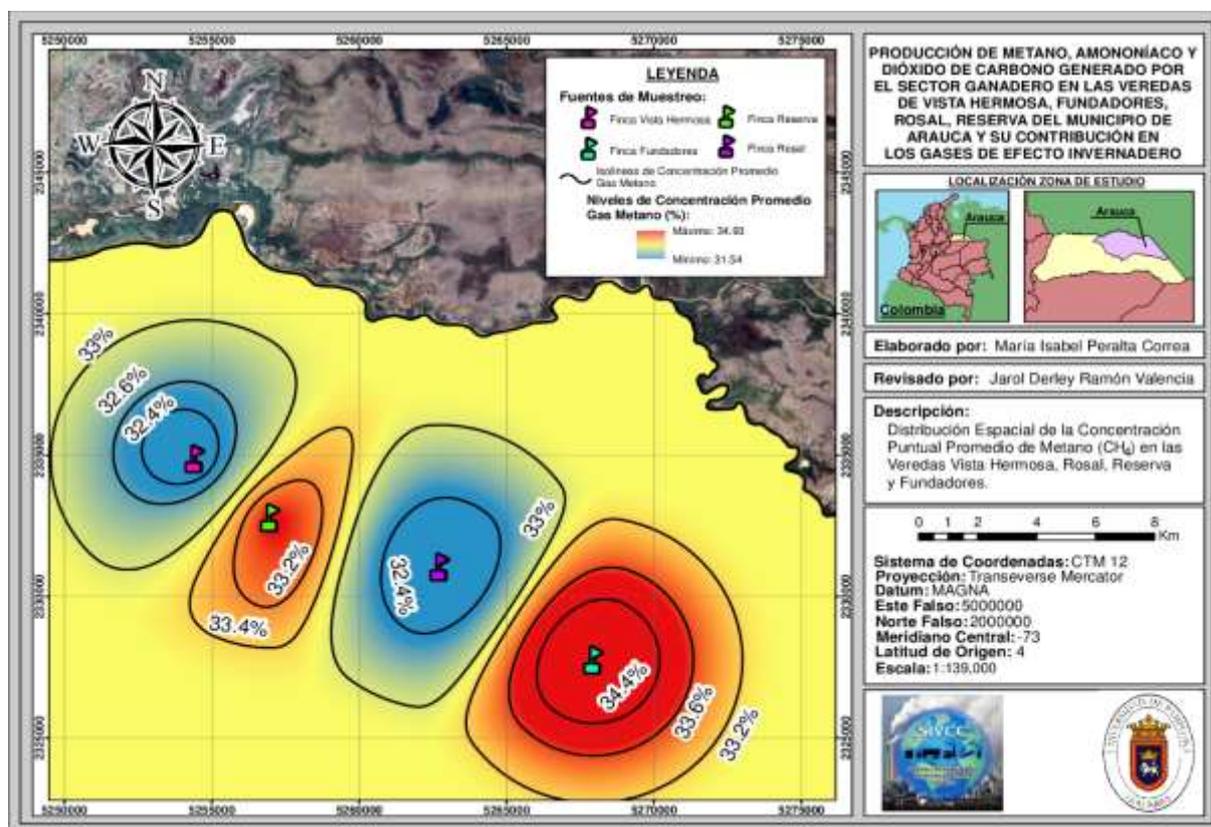


Figura 23. Isoconcentraciones de Gas Metano por punto de muestreo.

Fuente: Elaborado por Peralta, I (2021), mediante el software libre ArcGIS versión 10.3.

En las Veredas Rosal, finca La Cabaña y Vista Hermosa, finca El paraíso los porcentajes de concentración tienden hacia el mismo comportamiento relativamente, cabe

resaltar que en la finca Cabaña se encontraba una res es celo, lo que produce aglomeración y que el macho la moleste generando más estrés para las demás ya que se encontraban en un espacio cerrado.

En un contexto general la generación de metano se debe a distintos factores, ya sea por procesos digestivos o etología, que se debe a su comportamiento. El metano es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en el rumen, que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global. La eliminación de metano vía eructo en el ganado inicia aproximadamente a las cuatro semanas de vida, cuando los alimentos sólidos empiezan a ser retenidos en el retículo-rumen, aumentándose la fermentación y la producción de gases a medida que el retículo-rumen se va desarrollando, pero este depende del propósito del ganado. Los principales factores capaces de afectar al ganado son:

- a) Ambientales: cambios de temperatura y humedad relativa, lluvias prolongadas, vientos fuertes, nevadas, sequías, inundaciones.
- b) Régimen de vida: instalaciones precarias, comederos y bebederos de poca capacidad, ambientes sucios, oscuros, ventilación exagerada o deficiente.
- c) Manejo: entrenamiento del personal, esquila, destete, transporte, cambios de potrero, arreos largos y apresurados, ordeño, vacunación.
- d) Nutrición: hambre, sed, sobrealimentación, cambios de nutrición, pasturas suculentas o secas, aguas salobres, alimentos inadecuados para la especie, entre otros.

La respuesta de estrés resultante será mayor que si el animal fuese expuesto a un solo factor. Por lo tanto, situaciones como el destete y el transporte pueden ser especialmente difíciles para el ganado y esto trae repercusiones tanto para el bovino como para la producción a la que está destinada.

Concentración de Amoniaco (NH_3)



Figura 24. Finca el paraíso, concentración de estiércol. Fuente: Peralta, I. (2021)

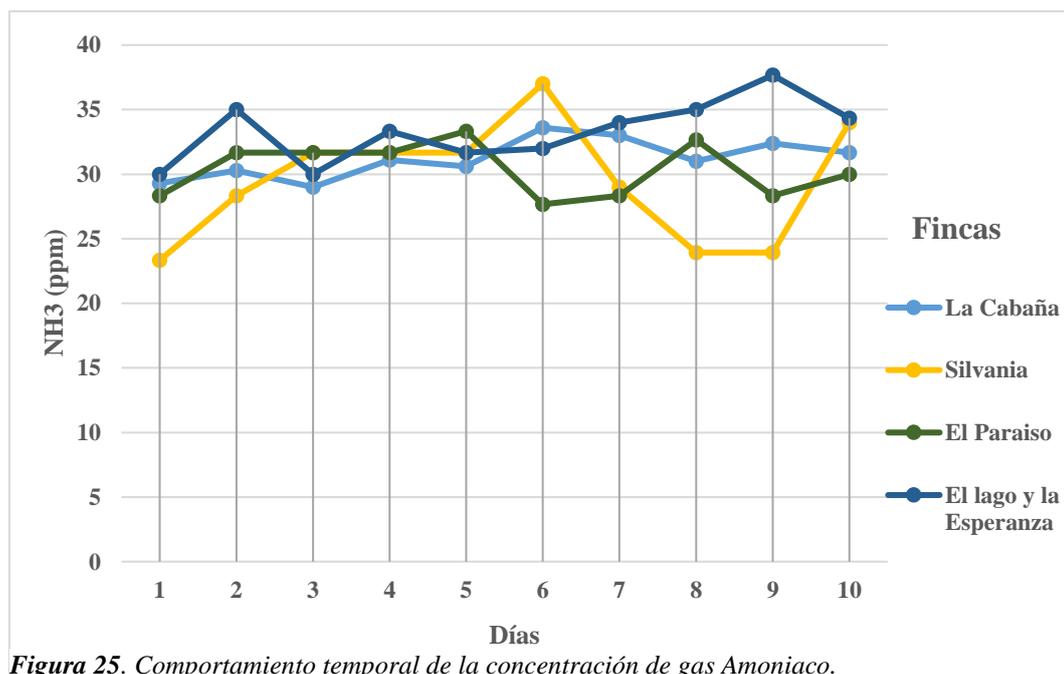


Figura 25. Comportamiento temporal de la concentración de gas Amoniaco.

De acuerdo a lo observado, el comportamiento de la emisión de NH_3 como se observa en la **Figura 25**, es variante debido a que su principal generación en la producción ganadera está dada por el estiércol. Se puede observar que, en la Vereda Fundadores finca El lago y la Esperanza presenta los rangos más altos que van de 30-40ppm, ya que suelen dejar el ganado estabulado en el mismo potrero durante varios días, incrementando su concentración. En la Vereda Rosal finca La Cabaña utilizan el mismo tipo de pastero, viéndose reflejado en lo continuo de su emisión donde su rango va de 28-33ppm, por otra parte, la Vereda Reserva finca Sylvania y Vereda Vista Hermosa finca El Paraíso muestran una similitud en el cambio de rangos, ya que en estas utilizan un pastoreo rotativo con un rango más elevado que abarca de 28-37ppm.

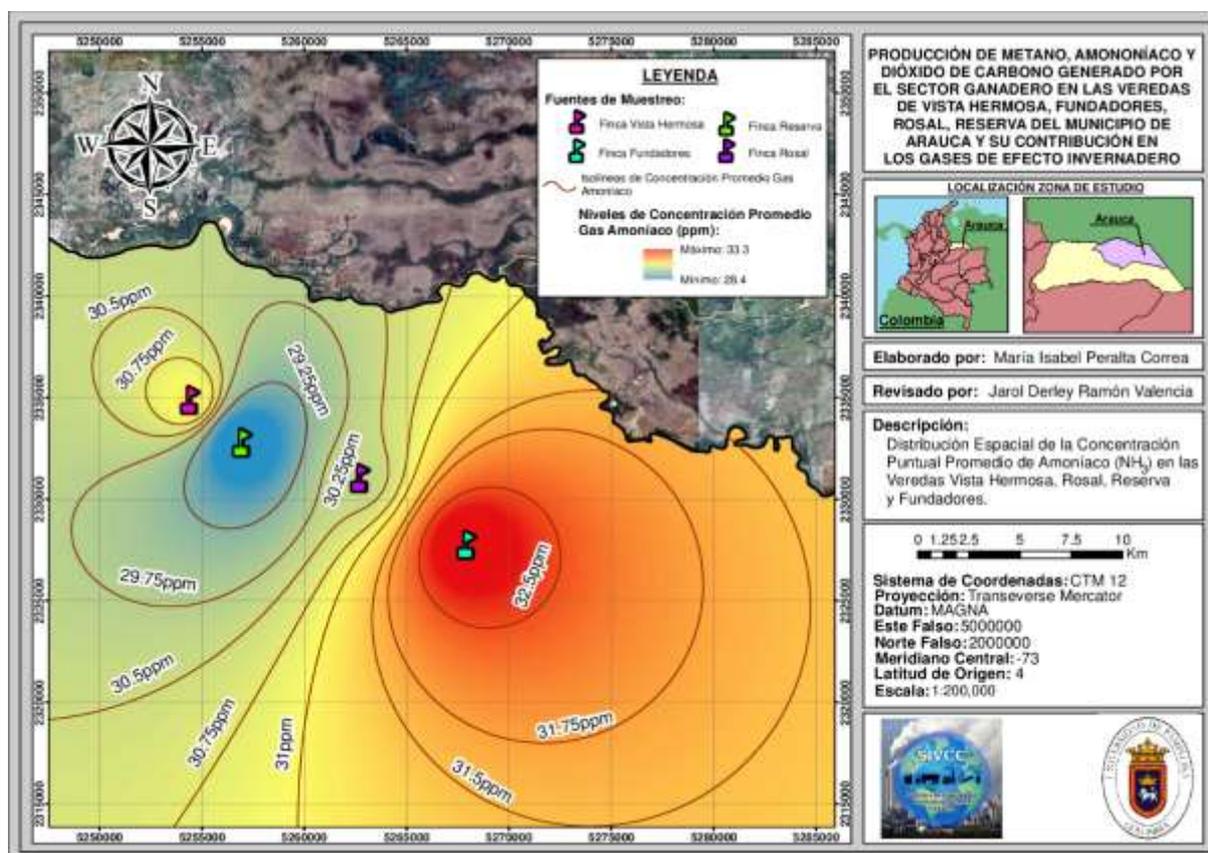


Figura 26. Isoconcentraciones de Gas Amoníaco por punto de muestreo.

En un marco general, el estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en el almacenamiento, transporte o aplicación. Debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales, estos impactos se pueden ver reflejados en:

- a) Suelo: Puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes (nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos (E. coli), antibióticos, y compuestos como plaguicidas y herbicidas. Esta sobrecarga de nutrientes en el suelo ocasiona su infiltración por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas.
- b) Agua: La expansión de la agricultura y ganadería intensiva se han establecido mayoritariamente en áreas con escasas de agua. El agua es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos e infiltraciones profundas en las fincas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo.
- c) Aire: Las descargas a la atmósfera provenientes del estiércol incluyen polvo, olores y gases producto de la digestión anaeróbica y descomposición aeróbica. El polvo se presenta principalmente en operaciones ganaderas en confinamiento en zonas áridas. Cuando la vegetación es completamente removida, se forma una capa de estiércol y el movimiento del ganado produce enormes nubes de polvo. Entre los contaminantes liberadas por el estiércol hacia la atmósfera destaca el amoniaco, así como otros gases de efecto invernadero (GEI) que incluyen metano.

La intensificación de la producción ganadera aumenta la generación de estiércol, lo cual origina una gran cantidad de nutrientes desechados y concentrados en un área pequeña.

Concentración de Dióxido de Carbono (CO₂)



Figura 27. Alimentos adicionales, finca Sylvania. Fuente: Peralta, I. (2021)

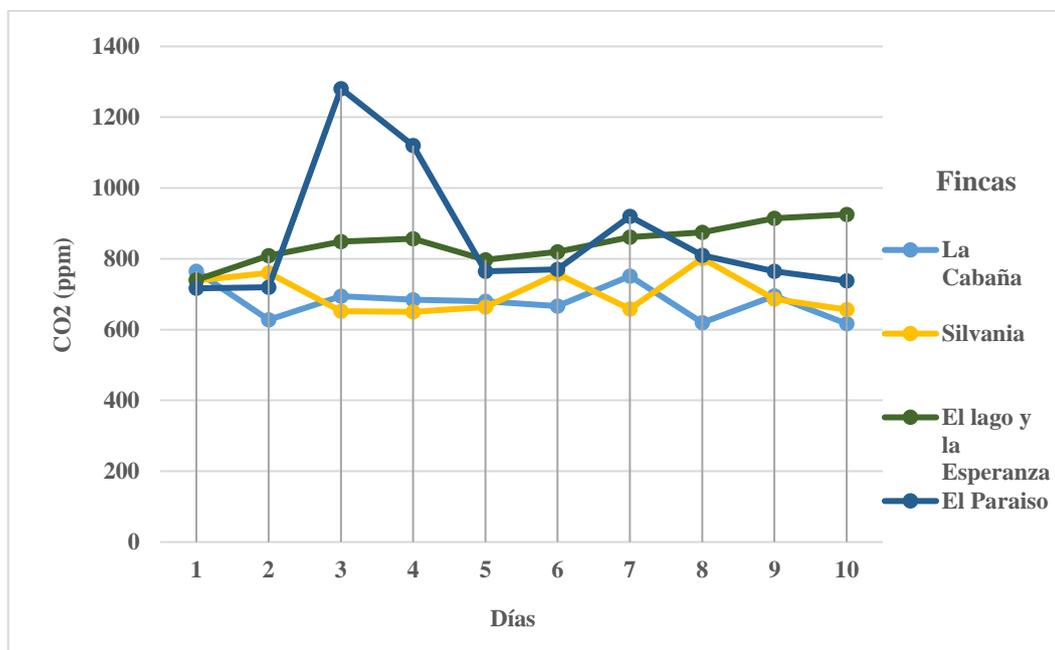


Figura 28. Comportamiento temporal de gas Dióxido de Carbono.

Se puede observar en la **Figura 28**, que la Vereda Fundadores finca El lago y la Esperanza presenta un pico en comparación con las demás, esto se debe a una alerta ya que, por motivos de instalación, esta finca cuenta con poco sistema de ventilación en los establos a la hora de ordeño. En la Vereda Vista Hermosa finca El Paraíso obtuvo los segundos mayores rangos, pero su comportamiento fue continuo debido a que en esta Vereda se realizó quema de palmas, suele hacerse en temporada de verano, con el propósito de plantar nuevos pastos que soporten el invierno y asimismo expandir sus potreros véase en **Anexos**.

En la Vereda Reserva finca Silvania y Vereda Rosal finca La Cabaña se registraron datos de rangos bajos, puesto que cuentan con un adecuado sistema de ventilación, esto genera poca concentración de gases, cabe resaltar que estas dos últimas están implementando cerca

viva, poco se realiza esta práctica ya que alrededor de los árboles plantados crece la mayor parte de maleza y no es aprovechado para alimento del ganado.

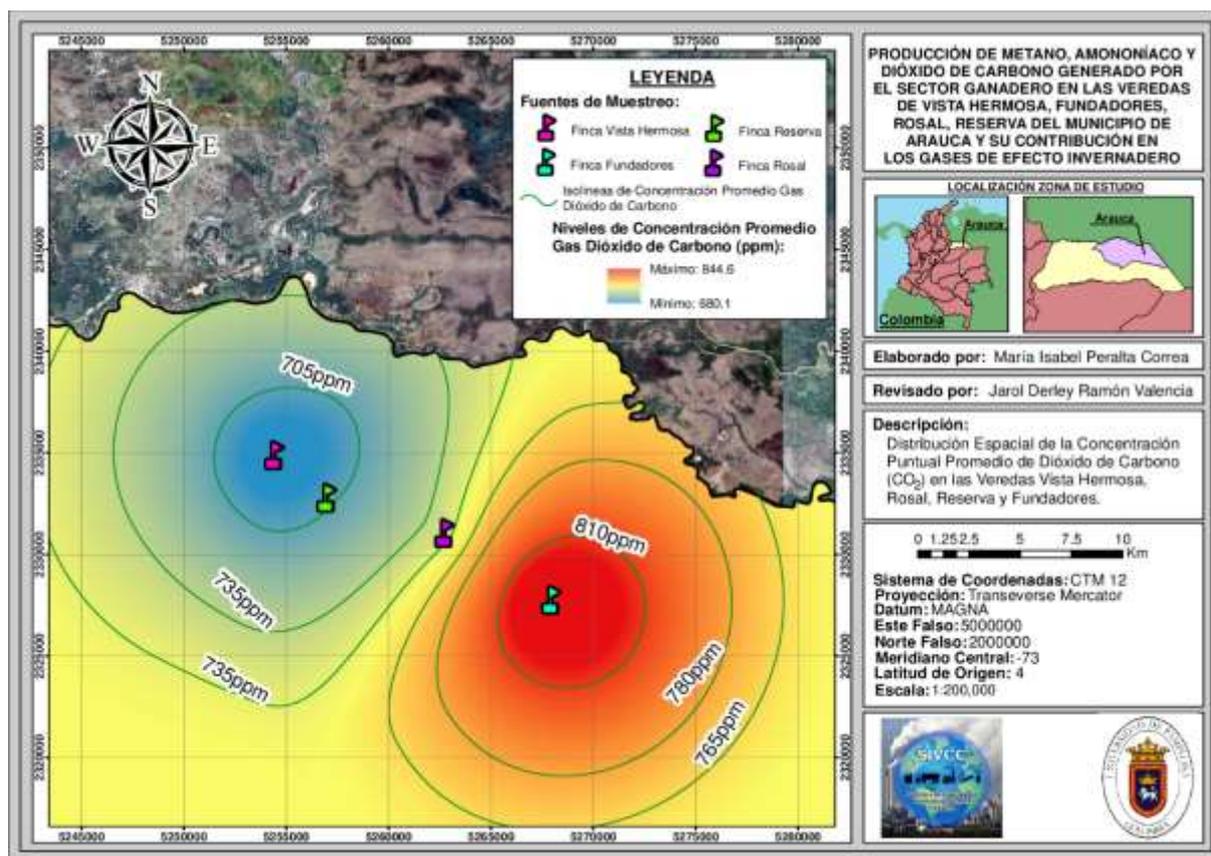


Figura 29. Isoconcentraciones de Gas Dióxido de Carbono por punto de muestreo.

Fuente: Elaborado por Peralta, I (2021), mediante el software libre ArcGIS versión 10.3.

Las emisiones de CO₂ se dan por el consumo de energía, que se ve reflejado en toda la cadena de producción. Se puede clasificar en energía directa en el sitio de producción animal para calefacción, ventilación, refrigeración, maquinaria, etc., y uso indirecto por la construcción de instalaciones (alojamiento de los animales) y equipos. Los sistemas de pasturas y mixtos

para el ganado bovino de leche y carne indican que el consumo de energía varía según las prácticas en la ganadería bovina.

Por otra parte, tanto para la fabricación de fertilizantes, como para usar la maquinaria o para transportar los cultivos con los que después se alimenta al ganado, se generan emisiones de óxido nitroso. En la producción de pienso también se contabilizan las emisiones de CO₂ asociadas a la expansión de pastizales o tierras de cultivos y asociadas a la deforestación. El sector bovino representa el 62% de las emisiones.

Estrategias de reducción de CH₄, NH₃ y CO₂ en el sector ganadero

La reducción de CH₄, NH₃ y CO₂ en la ganadería abarca el reconocimiento de las diferentes fuentes de emisión en el sistema productivo. Es así como, las estrategias o actividades de disminución pueden estar orientadas a limitar la producción de dichos gases o a incrementar las fuentes sumidero de compuestos que fomentan su formación. Se cuenta con múltiples opciones técnicas para la reducción de emisiones a lo largo del ciclo productivo ganadero, las cuales están incorporadas en 4 categorías:

- a) aquellas que se encuentran relacionadas con complementos en los concentrados, su manejo y el de la alimentación (enfocado al CH₄).
- b) las relacionadas con el manejo del estiércol, centradas en sus fases de gestión (almacenamiento, manipulación y aplicación).
- c) prácticas y tecnologías de manejo animal y reproductivo (cría de animales).
- d) el manejo y mejoramiento de praderas y fuentes alimenticias.

Debido a que la mayor parte de las emisiones de estos gases en cada una de las fincas provienen de la fermentación entérica, se hace especial énfasis en las estrategias de reducción que se enfoquen en la disminución de la producción de metano (CH₄), sin comprometer la producción animal, como se muestra a continuación:

- *Manejo de la alimentación animal (mejoramiento de la calidad del alimento):*

La mejora en el contenido de energía y la digestibilidad del alimento, incluyendo el suministro de proteína que cubra los requerimientos del animal puede ponerse en marcha por medio de un mejor manejo de pastizales, aumentar el uso de suplementos alimenticios y mejorar la calidad de los pastos con el fin de conseguir una dieta equilibrada. Esto permite un incremento en la absorción de nutrientes, aumento en la productividad y fertilidad del animal y la reducción de emisiones (por unidad y totales).

Para superar limitaciones con respecto a la alimentación del ganado y reducir las emisiones de metano, se encuentran técnicas como la suplementación. Las de mayor posibilidad

de adopción por parte del productor se hallan relacionadas con el uso del alimento proveniente de pastos de buena calidad y follajes arbóreos. Los concentrados ricos en azúcares y almidón generan una disminución en la producción de metano, puesto que se minimizan en el rumen las fuentes de hidrógeno y aumenta la degradación del alimento, su flujo ruminal y la captura de hidrógeno, ya que hay una mayor producción de ácido propiónico.

Otra buena opción de suplementación es a base de ensilajes de maíz o leguminosas, soya o almidón, no solo por la reducción en la producción de metano, sino también, por la disminución en la excreción de nitrógeno a través de la orina. También se encuentra el uso de lípidos, de aceite vegetal o grasa animal, ya que permiten un aumento en la eficiencia alimenticia, sin embargo, se debe prestar especial cuidado puesto que su efecto depende de la composición, requiriendo de más investigación respecto a los efectos sobre la productividad como lo mencionamos anteriormente.

Alayón (2018), da otra tecnología que se está poniendo en práctica es la alimentación de precisión. Ésta radica en la obtención de los nutrientes adecuados para el animal, ya que los requerimientos nutricionales de éstos cambian a lo largo de su ciclo productivo, lo que puede dar lugar a grandes mejoras en términos de eficiencia alimenticia y productividad, mejorando directamente la rentabilidad de la explotación ganadera.

- *Modificación del sistema ruminal:*

Por otro lado, se cuenta con opciones respecto a la modificación del sistema ruminal de la vaca. La fermentación ruminal puede ser intervenida a través de diversas técnicas que

estimulan la captura de hidrógeno disponible en el rumen, por consiguiente, se reducen las emisiones de CH₄. Entre los inhibidores de metano más importantes se encuentran los ionóforos, ácidos orgánicos, aceites insaturados, análogos de metano halogenados y los metabolitos secundarios de las plantas (MSP). También se están utilizando vacunas y probióticos contra los metanógenos (Gerber et al., 2013), pues se han venido desarrollando investigaciones en las que se afirma que las vacunas pueden llegar a estimular el sistema inmune de la vaca contra los metanógenos.

- *Sistemas silvopastoriles:*

Estos sistemas son una modalidad de tipo agroforestal pecuario que tiene como finalidad la producción de carne y leche y otro tipo de bienes. En los sistemas silvopastoriles hay una interacción de una o más especies de diversos estratos en el mismo espacio. El estrato herbáceo, por ejemplo, hace referencia a gramíneas forrajeras de tipo local o introducidas y a plantas leguminosas herbáceas; se encuentra además un estrato de arbustos de alta densidad para el ramoneo del ganado. Estos arbustos facilitan la función de fijación de nitrógeno atmosférico, protegen el suelo de la erosión y evita la compactación del mismo a causa del pisoteo del ganado, optimizan el reciclaje de nutrientes y es el hábitat de diversidad de microorganismos biológicos controladores (plagas de pastos, ectoparásitos del ganado).

Como lo resalta Murgueitio (2015), los sistemas silvopastoriles permiten un mejor acceso a alimentación en épocas de sequía para el ganado, lo que reduce además crisis de tipo reproductivo asegurando una mayor productividad de leche o carne a menores costos

financieros. La mayor ventaja se presenta con respecto al aumento de la carga animal y consecuentemente con la producción de leche por hectárea-año, evidenciándose productos de mejor calidad nutricional.

En adición, la cantidad del forraje disponible para los animales se puede incrementar, dependiendo del manejo que se les dé a los árboles (densidad, cobertura de copa), especies de forraje involucrados y su condición. Así mismo, cuando hay condiciones de sequía se estabiliza la producción de forrajera ya que se provee forraje por medio del follaje o frutos. Lo anterior posibilita la mejora en el manejo y la eficiencia de la ganadería.

La información recopilada para la elaboración de la cartilla técnica se basó en fundamentos teóricos a cerca del clima, variabilidad, calentamiento global y gases de efecto invernadero, por otra parte la generación de gas metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂) ya existentes, así como el análisis de datos tomados y registros dados por parte de la investigación de cada una de las fincas muestreadas como se observa en la **Figura 23, Figura 26, Figura 29**; esto con el fin de exponer al productor local la concentración de emisión que genera su producción, el impacto que esta genera, para que estos adquieran conocimiento y tomen conciencia de los precarios procesos que se están llevando a cabo en su propiedad, se puede detallar en **Anexos**.

Conclusiones

Herramientas como el enfoque sistémico y el modelo FPEIR hicieron posible la identificación de los principales procesos que permiten el funcionamiento interno de la finca, los recursos con los que cuenta y el uso que se les da, determinando la eficiencia actual del sistema lo que hace posible realizar cambios en los procesos, de ser necesario, para mejorar el uso de las entradas y la eficiencia del proceso productivo.

Los rangos de las variables meteorológicas anuales de la serie histórica 2001-2021, ha variado en valores que van desde sequía extrema a humedad extrema siendo notorios los cambios en la región, así mismo, desde el año 2018, hasta la fecha de estudio de abril de 2021, las precipitaciones han presentado una disminución y las épocas de sequía se han venido presentando con mayor frecuencia.

Gracias al equipo HawestE4000 fue posible realizar la toma de datos en las diferentes fincas. Esta es una herramienta de gran utilidad para productores agrícolas y pecuarios, pues les brinda información sobre el estado de la finca en niveles de emisión de contaminantes ambientales, permitiéndoles tomar acción frente a cualquier alerta de concentración ya que cuenta con cuatros sensores que revelan datos simultáneamente.

De las cuatro fincas como punto de muestro, la vereda fundadores finca el lago y la esperanza obtuvo la mayor concentración en la emisión de metano (CH₄), amoniaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂); donde se resalta la mala alimentación del ganado ya que no utilizan

ningún tipo de suplemento más allá del forraje presente en la zona. El tipo de pastoreo que utilizan es intensivo lo que indica que no suelen cambiar de potrero constantemente, además en el área de ordeño cuentan con poca ventilación, todos estos factores intervienen en la producción.

La cartilla de información técnica elaborada comprende desde temas básicos como el clima, variabilidad, calentamiento global y gases de efecto invernadero; esto fue con el propósito de generar una herramienta con mejor comprensión a la hora de exponer los resultados adquiridos, es de gran ayuda tener una base de información para los productores y trabajadores, ya que por motivos sociales no pueden tener a la mano dicho informe y aún más muestras tomadas en sus propiedades.

La ganadería, como ya se ha discutido, contribuye en gran medida a la contaminación atmosférica y por ende al calentamiento global; las acciones que se están llevando a cabo por parte del gobierno en materia de mitigación en la ganadería, son relativamente nuevas. Algunas de ellas como, por ejemplo, la NAMA en ganadería bovina, no se ha puesto en marcha todavía y es preciso que se empiece a trabajar más profundamente a nivel ambiental, en los sistemas de producción pecuarios. Es importante agregar que, la Federación Colombiana de Ganaderos junto con el centro de investigación en sistemas han aunado esfuerzos para llevar a cabo actividades respecto a ganadería sostenible; no obstante, estas no se han sido implementadas aún en zonas de la región Orinoquía.

Recomendaciones

Con base en el mayor conocimiento de la ecología y la fermentación ruminal, debemos esperar que las interacciones de la producción del CH₄ entérico sean cada vez más evidentes como resultado de las diferencias en las dietas o las condiciones del animal. En los últimos años, se han realizado esfuerzos de investigación en todo el mundo para clarificar el potencial del animal y la variabilidad genética microbiana con relación a la eficiencia en la utilización del alimento y a la producción de CH₄ entérico.

Según Janssen (2010), La variabilidad entre los animales es un hecho y se podría relacionar con la inoculación microbiana inmediatamente después del nacimiento y por lo tanto susceptible de manipulación. Las interacciones entre las comunidades bacterianas del rumen son complejas y han evolucionado durante miles de años; no es posible la mitigación exitosa del CH₄ entérico sin entender estas interacciones, la mala alimentación cruzada entre las especies, la competencia por sustrato y especialmente la cinética del H₂, lo que, para algunos, es la clave de la formación y mitigación del CH₄.

La inclusión de concentrados en la dieta también ofrece riesgos similares. El hecho de que la formación de CH₄ entérico disminuye con el mayor suministro de concentrado no está en discusión, pero una concentración más elevada de almidón en la dieta podría tener un efecto desestabilizador en la fermentación ruminal, en el pH, en la salud general del rumen y en la digestibilidad de los nutrientes. Si se reduce la digestibilidad de la MO en todo el tracto, debido a la inclusión excesiva de almidón en la dieta, disminuirá la producción animal y aumentará la

IE de los GEI. Además, las emisiones de CH₄ del estiércol también pueden aumentar, debido al incremento de la concentración de sustrato disponible, y esto contrarrestará el efecto de mitigación del CH₄ entérico en toda la granja. El mejoramiento de la calidad de los pastos, en términos de la digestibilidad del forraje es una manera eficiente de disminuir las emisiones de los GEI del animal y la cantidad de estiércol producida. No obstante, en los sistemas de producción basados en pasturas, el mejoramiento de la calidad de los forrajes con frecuencia implica un aumento de la tasa de aplicación de fertilizantes nitrogenados, lo cual puede tener un impacto significativamente negativo en las pérdidas de N urinario y en las emisiones de N₂O del suelo. Estos efectos que se contrarrestan deben ser cuidadosamente evaluados en el contexto integral del sistema de producción, de manera que la productividad de los pastos y los animales se optimice y las emisiones de los GEI en toda la granja se minimicen.

Las interacciones entre nutrición, sanidad animal, productividad y los GEI son muy complejas y difíciles de evaluar. La nutrición afecta la sanidad y la productividad animal, lo que repercute en las emisiones de CH₄ y de N₂O. Al mismo tiempo, los cambios en la salud del animal provocados por enfermedades o parásitos se traducen en cambios metabólicos como el consumo reducido, la digestibilidad más baja y los requerimientos de energía para el mantenimiento incrementados, lo que a su vez aumenta la IE de los GEI.

Referencias

Alayón, J. A., Jiménez, G., Piñero, A.T., Canul, J., Albores, S., Villanueva, G., Nahed, J. & Ku-Vera, J. C. (2018). *Estrategias de mitigación de Gases Efecto Invernadero en la ganadería*, Agroproduktividad 11(2), 9-15.

Aarnik, A.J.A., van den Berg, A.J., Keen, A., Hocksma, P. y Verstegen, M.W.A. 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. *J. Agric. Eng. Res.* 64: 299–310.

Abecia, L., Martin-Garcia, A. I., Martinez, G., Tomkins, N.W., Newbold, C.J. y Yañez-Ruiz, D.R. 2011. Manipulation of the rumen microbial ecosystem to reduce methane emissions in ruminants through the intervention at early life stage of pre-ruminants and their mothers. *Adv. Anim. Biosci.* 2: 271

Arboleta, D., Tombe, A., Morales, S., & Vivas, N. (2013). *Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano*. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 154-163.

Bhatta R. (2015). *Reducing Enteric Methane Emission Using Plant Secondary Metabolites*. En: Sejian V., Gaughan J., Baumgard L., Prasad C. (eds.). *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. Springer Delhi. pp. 273-284.

Bauchop, T. (1989). Colonization of plant fragments by protozoa and fungi. En: J.V. Nolan, R.A. Leng, D.I. Demeyer (Eds.). *The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion*. PenambulBooks, Armidale.

Barber, R. D., & Ferry, J. G. (2004). Methanogenesis. Encyclopedia of Life Sciences.

Boadi D, Benchaar C, Chiquette J and Massé D. *Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review*. Can J Anim Sci 2004; 84(3).

Behling y Hooghiemstra 1998, Montoya (2011). *Early human occupation and land use changes near the boundary of the Orinoco and the Amazon basins (SE Venezuela): Palynological evidence from El Paují record*.

Caballero, M., Lozano, S. & Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Revista Digital Universitaria UNAM. 8(10).

Calvet Sanz, S. (2015). *Contaminación atmosférica, mitigación y adaptación a través de la nutrición animal*. NutriNews, [6-14].

Carmona, J. C., Bolívar, D. M. & Giraldo, L. A. (2005). *El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(1).

CIPAV. (2017). Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Recuperado de:
https://www.cipav.org.co/areas_de_investigacion/Ganaderia_colombiana_sostenible_que_es.html

Congreso de Colombia. (16 de julio de 1979). Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. [Ley 9 de 1979] DO: 35.308.

Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. [Ley 99 de 1993]. DO: 41.146.

Cunningham, James G. (1997). *Fisiología veterinaria*. 2a ed. McGraw- Hill Interamericana. México.

Congreso de Colombia. (28 de octubre de 1994). Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992. [Ley 164 de 1994]. DO: 41.575.

Congreso de Colombia. (27 de diciembre de 2000). Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. [Ley 629 de 2000]. DO: 44.272.

Congreso de la República. (14 de julio de 2017). Por medio de la cual se aprueba el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia. [Ley 1844 de 2017]. DO: 50.294.

Congreso de Colombia. (27 de julio de 2018). Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. [Ley 1931 de 2018]. DO: 50.667.

Constitución Política de Colombia [Const.]. (1991). Edición especial preparada por la Corte Constitucional. Recuperado de:
<http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20%202015.pdf> el 22 de septiembre de 2018.

Delgado, Denia. (2010). Fisiología digestiva del rumiante. “*Estrategias de alimentación para el ganado bovino en la sequía*”. Instituto de Ciencia animal. La Habana, Cuba.

Díaz, Reyes Alexey. *Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante*. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Facultad de Agronomía. Autopista a Varadero km 3 ½ Matanzas, C.P. 44740, Cuba. 2 instituto de Ciencia Animal. Carretera Central Km 47 1/2. San José de las Lajas. La Habana, Cuba.

FEDEGAN. (2017). Federación Colombiana de Ganaderos. Recuperado de:
<http://www.fedegan.org.co/programas/ganaderia-colombiana-sostenible>

Ferry, J. G. (1992). *Biochemistry of Methanogenesis*. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology, 473-503.

Ferry, J. G. (2010). *Methanogenesis Biochemistry*. Enciclopedia of Life Sciences. Kastead, K. A.

Ferry, J. G. (2008). Chapter 13: *Methanogenesis*. In *Archea: Molecular and Cellular Biology*. Washington D.C.: ASM Press.

Fondevila, M. (1998). *Procesos implicados en la digestión microbiana de los forrajes de baja calidad*. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 15:87-106. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

Fonty, G.; A. Williams; F. Bonnemoy; B Morvan; J. Doré and P. Gouet, P. (1992). *Interactions between cellulolytic bacteria, anaerobic fungi and methanogens in the rumen of gnotobiotic lambs. Proc. Int. Conf. on «Manipulation of rumen microorganisms to improve efficiency of fermentation and ruminant nutrition»*. Alejandría, Egipto.

Galindo, Juana; Marrero, Yoandra; González, Niurca y Areadne Sosa. (2006). *Libro en versión electrónica: Manipulación de la fermentación microbiana ruminal*. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

González, N. *Contribución al estudio del ecosistema ruminal de búfalos de río bajo nuestras condiciones de manejo y alimentación*. Tesis en opción al grado de Master en Microbiología Facultad de Biología UH-Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba, 60 p.

Hespell, R.B. 1979.

Efficiency of growth by ruminal bacteria. *Feed Proc.* 38: (2007). INE. *Instituto Nacional de Ecología. Segunda comunicación nacional de México sobre cambio climático. Resumen ejecutivo.* *Gaceta Ecol* 60:37-49.

ICA. (2017). Instituto Colombiano Agropecuario. Recuperado de:
<https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Inocuidad-en-las-CadenasAgroalimentarias/LISTADO-DE-PREDIOS-CERTIFICADOS-EN-BPG.aspx>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia.* IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.* IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

Joblin, K. N. y G. E. Naylor. (1989). *Fermentation of woods by rumen anaerobic fungi*. *FEMS. Microbiology Letters*, 65.

Johnson, K., M. Huyler, H. Westberg, B. Lamb, and P. Zimmerman. (1994). *Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique*. *Environ. Sci. Technol.* 2: 359-362.

Jouany, J.P.; Broudiscou, L.; Pirns, R.A. y Komisarczuk, S. (1995). *Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen*. En: *Nutrition des Ruminants Domestiques*. Eds. Jarrige, R. etal. INRA, France.

Karnati SKR, Sylvester JT, Ribeiro CVDM, Gilligan LE, Firkins JL. *Investigating unsaturated fat, monensin, or bromoethanesulfonate in continuous cultures retaining ruminal protozoa. I. Fermentation, biohydrogenation, and microbial protein synthesis*. *J Dairy Sci* 2009 ;(92).

Kinsman, R., F. D. Sauer, H. A. Jackson, and M. S. Wolynetz. (1995). *Methane and carbon dioxide emissions from dairy cows in full lactation monitored over a six-month period*. *J. Dairy Sci.* 78: 2760-2766.

Kirchgessner, M., W. Windish, H. L. Müller, and M. Kreuzer. (1991). *Release of stocking methane and of carbon dioxide by dairy cattle*. *Agribiol. Res.* 44: 91-102. *Digesta passage and microbial protein synthesis*. En: *Control of digestion and metabolism in*

rumiants. L. P. Milligan, W. L. Grovum y A. Dobson. Eds. Reston Book, Prentice- Hall, Englamood Cliffs, New Jersey. p 196 – 226.

Marín Gómez Alejandra. *Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia, Colombia*. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias Departamento de Producción Animal Medellín, Colombia 2013.

Malagón Manriquez, R. & Prager Mosquera, M. (2001). EL ENFOQUE DE SISTEMAS: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (24 de febrero de 2016). "Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones". [Decreto 298 de 2016]. DO: 49.796.

McCaughey W, Wittenberg K, Corrigan D. *Methane production by steers on pasture*. Can J An Sc, 1997; 76.

Moss AR, Givens DI. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 2002; 97: 127- 143.

Murgueitio, E., Barahona, R., Chará, J. D., Flores, M. X., Mauricio, R. M. & Molina, J. J. (2015). Los sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4)

Navas Panadero, A. & Velásquez Mosquera, J. C. (2014). Enfoque sistémico en el análisis de sistemas de producción agropecuaria: una mirada más allá de lo disciplinar. *Revista Ciencia Animal*, (7), 99110.

Nava Cuellar, Cuauhtémoc; Díaz Cruz, Antonio. (2001). *Introducción a la digestión ruminal*. Disponible en: <http://www.Produccionovina.com.ar/informacion-tecnica/>

NCAE. National Council for Agricultural Education. Global climate change and environmental stewardship by ruminant livestock producers. Student reference. Agricultural Education and University of Missouri. 1998.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). [consultada en abril de 2021] <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/service/global/significant-extremes>

Oosterheld M, Loreti J, Semmartin M, Paruelo JM. 1999. Grazing, fire, and climate effects in primary productivity of grasslands and savannas. En: LR Walker (Ed.) *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier. Amsterdam 287-306.

Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2008). “Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático CMNUCC”.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, s.f.). Introducción a la Producción más limpia. Recuperado de https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1Textbook_0.pdf

Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2008). “Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático CMNUCC”.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, s.f.). Introducción a la Producción más limpia. Recuperado de https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1Textbook_0.pdf

Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC. “Tercer informe de evaluación, Anexo B”. 2001, P 175. Documento electrónico.

Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones --- / Murillo, Luis Gilberto. Ministro (2016); [Eds.] Dirección de Cambio Climático: Florián Buitrago Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. ---- Bogotá, D. C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.

Primavesi O, Shiraishi FRT, Dos Santos PM, Aparecida de LM, Teresinha BT y Franklin BP. *Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras*. Pesquisa Agropecu Bras 2004; 39(3):277-283.

Producción y Medición de Metano (CH₄). Available from:
https://www.researchgate.net/publication/308202349_Produccion_y_Medicion_de_Metano_CH4_en_ganado_bovino [accessed Apr 19 2018].

Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas. 1998.

Pelletier, N. and P. Tyedmers. (2010). *Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000-2050*. PNAS 107: 18371-18374. doi. 10.1073/pnas.1004659107.

Pinares-Patiño, C. S. and H. C. Clark. 2008. *Reliability of the sulfur hexafluoride tracer technique for methane emission measurement from individual animals: An overview*. Aust. J. Exp. Agric. 48: 223-229

Rodríguez Prado, María. (2003). *Factores que afectan la fermentación microbiana, y al perfil y flujo de aminoácidos de las bacterias asociadas con las fracciones líquida y sólida en un sistema de cultivo continuo*. Tesis presentada en opción al título de Doctor en el programa de Producción animal de la universidad autónoma de Barcelona. Bellaterra.

Rotger Cerdá, Aina. (2005). *Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía -proteína en terneras en cebo intensivo*. Barcelona. 208 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Producción animal) Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Barcelona.España Ruiz, R. y Dearriba, J. 1987. Digestión ruminal de carbohidratos y absorción de AGV. En *Bioquímica Nutricional*. Tomo 1. MES, La Habana. Cuba.

Serrano Martínez, E. & Ruiz Mantecón, A. (2003). Bases para un desarrollo ganadero sostenible: la consideración de la producción animal desde una perspectiva sistémica y el estudio de la diversidad de las explotaciones. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* (199), 159-191.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., & Haan C. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Svenson G. 1996. La erradicación de los bosques de la Orinoquía. En: *Memorias del Segundo Encuentro de Orinocólogos*. CORPES Orinoquía. Bogotá.

Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options*. FAO, Roma. 408 p

Sharma RK. *Nutritional strategies for reducing methane production by ruminants*. *Indian J Res* 2005.

Thornton, P. & Herrero, M. (2010). Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.0912890107

Van Amstel A. *Integrated assessment of climate change with reduction of methane emissions*. *Environ Sci* 2005 2(2-3):315- 326.

Van Soest, P.J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminants*. O. and Books, Oregon, USA.

Van Kessel JS, Russell JB. The effect of pH in vitro methane production from ruminal bacteria (Abstract # 2). In: 23rd Biennial Conference on Rumen Function. Chicago, Illinois, E.U. November 14-16, 1995; Vol. 23.

Van Kessel JS, Russell JB. The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiology Ecology*, 1996; 20: 205-210.

Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second edition. Cornell University Press, 1994; 476 p.

Weimer PJ. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *J Anim Sci*, 1998; 76: 3114 – 3122

Wattiaux, M. A & Armentano, L.E. 2000. *Metabolismo de los carbohidratos en la vaca lechera. Instituto Babcock. Disponible en:*
<http://babcock.cals.wisc.edu/bab/des/digest/ch5/protein.html>

Yokohama, M. T; K. A, Johnson. (1988). *Microbiología del rumen e intestino. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición.* C. D. Church, Ed. Editorial Acribial. Zaragoza.España. P137–158.

Anexos

Anexo A. Plantilla para toma de datos manual de gas metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂).

		PLANTILLA TOMA DE DATOS DE METANO, AMONÍACO Y DIOXIDO DE CARBONO EN VEREDAS DEL MUNICIPIO DE ARAUCA						
Nombre Finca:		Director: Ph.D. Jarol Derley Ramón Valencia						
Universidad de Pamplona								
Digitado por:		Temperatura:						
Fecha:		Sensación térmica:						
Lugar:		Humedad:						
Hora:		Índice UV:						
Horario								
DATOS								
#	CH ₄ (%)	NH ₃ (ppm)	CO ₂ (ppm)	#	CH ₄ (%)	NH ₃ (ppm)	CO ₂ (ppm)	NOTAS
1				46				
2				47				
3				48				
4				49				
5				50				
6				51				
7				52				
8				53				
9				54				
10				55				
11				56				
12				57				
13				58				
14				59				
15				60				
16				61				
17				62				
18				63				
19				64				
20				65				
21				66				
22				67				
23				68				
24				69				
25				70				
26				71				
27				72				
28				73				
29				74				
30				75				
31				76				
32				77				
33				78				
34				79				
35				80				
36				81				
37				82				
38				83				
39				84				
40				85				
41				86				
42				87				
43				88				
44				89				
45				90				

#	CH ₄ (%)	NH ₃ (ppm)	CO ₂ (ppm)	#	CH ₄ (%)	NH ₃ (ppm)	CO ₂ (ppm)
91				136			
92				137			
93				138			
94				139			
95				140			
96				141			
97				142			
98				143			
99				144			
100				145			
101				146			
102				147			
103				148			
104				149			
105				150			
106				151			
107				152			
108				153			
109				154			
110				155			
111				156			
112				157			
113				158			
114				159			
115				160			
116				161			
117				162			
118				163			
119				164			
120				165			
121				166			
122				167			
123				168			
124				169			
125				170			
126				171			
127				172			
128				173			
129				174			
130				175			
131				176			
132				177			
133				178			
134				179			
135				180			

Continuación de Anexo A. Toma de datos.

The image displays four sheets of data collection forms, arranged in a 2x2 grid. Each sheet is a form with a header section and a large table area. The forms are held together by paper clips. The top-left form has a green clip, the top-right has a red clip, the bottom-left has a yellow clip, and the bottom-right has a white clip. Each form contains a table with approximately 10 columns and many rows, designed for systematic data entry. The text on the forms is small and difficult to read, but the layout is consistent across all four sheets.

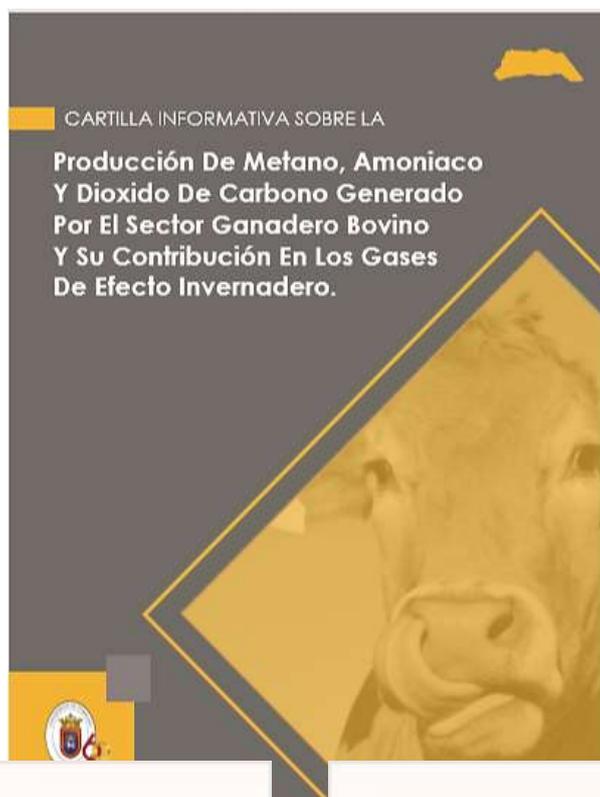
Anexo B. Quema de árboles y palmas en vereda Vista Hermosa.



Anexo C. Procesos de producción.



Anexo D. Cartilla técnica informativa.



Cartilla informativa sobre

PRODUCCIÓN DE METANO, AMONIACO Y DIÓXIDO DE CARBONO GENERADO POR EL SECTOR GANADERO BOVINO Y SU CONTRIBUCIÓN EN LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO.

Arauca/Arauca.

Autores

María Isabel Peralta Correa

Director:

PhD. Jarol Ramón Valencia

Semillero de Investigación Variabilidad y Cambio climático

Departamento de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona

Programa de Ingeniería Ambiental



PRESENTACIÓN

Para comprender las emisiones de gases por actividades antropogénicas generadas por el sector ganadero y de qué manera está afectando nuestra vida diaria, es necesario conocer y entender algunos procesos naturales ligados al desarrollo de la tierra, ya que han causado interferencias con el sistema climático, provocando el calentamiento global. Particularmente precisar por qué se produce el efecto invernadero, cómo se genera el metano, amoníaco y dióxido de carbono y cómo los seres humanos hemos contribuido a su incremento.

En ese sentido y para que los ciudadanos y ciudadanas conozcan un poco más las respuestas a estos interrogantes, así como la problemática y las consecuencias de este fenómeno, se construyó la presente cartilla informativa, con el fin de brindar conocimiento. Contiene generalidades globales, regionales y locales sobre la producción de metano, amoníaco y dióxido de carbono.

Finalmente, se espera que esta cartilla brinde las bases para asumir acciones individuales y colectivas de mitigación y adaptación frente a la variabilidad climática, a partir de la toma de conciencia.

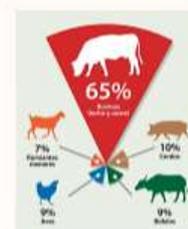


Ilustración Emisiones de gases efecto invernadero en especies animales. Fuente: ConsumoAmbiental 2019.