



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FELIZ LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCIDAS
POR LAS ACTIVIDADES DEL HATO PORCINO DE LA ESPAM-
MFL**

AUTORES:

SOLORZANO RIVAS KAREN VANESSA

SONORZA BASURTO PABLO HUMBERTO

TUTORA:

ING. MARÍA MARGARITA DELGADO DEMERA M.Sc.

CALCETA, JUNIO 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

Karen Vanessa Solórzano Rivas y Pablo Humberto Sornoza Basurto declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

PABLO H. SORNOZA BASURTO

KAREN V. SOLÓRZANO RIVAS

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

María Margarita Delgado Demera certifica haber tutelado la tesis **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCIDAS POR LAS ACTIVIDADES DEL HATO PORCINO DE LA ESPAM-MFL, CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido desarrollada por Karen Vanessa Solórzano Rivas y Pablo Humberto Sornoza Basurto, previa la obtención del título de Ingeniero Medio Ambiental, de acuerdo con el **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. MARÍA MARGARITA DELGADO DEMERA M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO la tesis titulada **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PRODUCIDAS POR LAS ACTIVIDADES DEL HATO PORCINO DE LA ESPAM-MFL, CIUDAD DE CALCETA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Karen Vanessa Solórzano Rivas y Pablo Humberto Sornoza, previa la obtención del título de Ingeniero Medio Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte, Mg. C.A.
MIEMBRO

Ing. Jorge B. Cevallos Bravo, Mg. C.A.
MIEMBRO

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg. C.A.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por haberme dando el don de la vida, gracias a la vida por demostrarme cada día lo hermosa que es , a mis padres por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de la vida, especialmente a mi madre por haberme enseñado que con esfuerzo , trabajo constancia todo se puede conseguir.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, quiero darles las gracias por todo lo que me han brindado.

A mi compañera de tesis Karen Solórzano que hasta durante todo este proceso apoyándome y sabiéndome guiar a la meta.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Gracias por haberme permitido formarme como persona e investigador.

A los Docentes que fueron participes de todo este proceso que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de formación profesional.

Pablo H. Sornoza

Basurto

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermoso que es la vida y lo justa que puede llegar a ser gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de estas tesis, gracias por creer en mí gracias al ser supremo por permitir vivir cada día.

A la escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Feliz López por darme la oportunidad de una educación superior de calidad en la cual se forjaron nuestros conocimientos profesionales día a día.

Gracias a mi tutora Margarita Delgado Demera por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento ha hecho fácil lo difícil ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

A mi compañero de tesis Pablo Sornoza por su paciencia y comprensión.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes mi hermosa familia.

Karen V. Solórzano Rivas

DEDICATORIA

A toda mi familia, especialmente a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi objetivo de ser profesional, por brindarme su confianza oportunidad y apoyo incondicional para hacerlo realidad en especial a mis padres por ser mi guía al Éxito, y por últimos a todas aquellas personas que de una manera u otra han contribuido en mi formación como profesional.

Pablo H. Sornoza

Basurto

DEDICATORIA

A Dios ser supremo que me regalo el don de la vida.

A mis padres Sr José Roberto Solórzano Zambrano y Sra. Jesús Maribel Rivas Mendoza por su amor y apoyo continuo e incondicional brindado en todo este tiempo por mostrarme el camino para triunfar.

A mi Esposo Walther Aldair Ganchozo Moreira por ser mi compañero de vida y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente.

A mis hermanos Mariela, José, Nayeli por permitirme aprender más de la vida a su lado y a mis tres ángeles en el cielo que me inculcan bendiciones día a día

A mis Suegros Sr Walter Ganchozo y Sra. Patricia Moreira por su apoyo incondicional.

A Johana López cariñosamente fresita ejemplo de perseverancia dedicación y disciplina hoy brillas en el cielo.

A mi Hija Elsie Aidali Ganchozo Solórzano mi luz de guía tu afecto y tu cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo de mis ganas de buscar lo mejor para ti fuiste mi motivación más grande.

Karen V. Solórzano

Rivas

CONTENIDO GENERAL

PRIMERA SECCIÓN

| | |
|---|------|
| 1. DERECHOS DE AUTORÍA..... | ii |
| 2. CERTIFICACIÓN DE TUTOR..... | iii |
| 3. APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | iv |
| 4. AGRADECIMIENTO | v |
| 5. DEDICATORIA..... | vii |
| 6. RESUMEN | xiii |
| 7. ABSTRACT | xiv |
| CAPITULO I. ANTECEDENTES | 1 |
| 7.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 7.2. Justificación | 3 |
| 7.3. Objetivos..... | 4 |
| 7.3.1. Objetivo general..... | 4 |
| 7.3.2. Objetivos específicos..... | 4 |
| 7.4. Hipótesis | 4 |
| 8. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 8.1. Huella del carbono | 5 |
| 8.2. Las fuentes de emisiones | 5 |
| 8.2.1. Emisiones directas..... | 6 |
| 8.2.2. Emisiones indirectas..... | 6 |
| 8.3. Gases de efecto invernadero..... | 6 |
| 8.4. Efecto invernadero..... | 7 |
| 8.5. Inventario de gases de efecto invernadero | 7 |
| 8.6. Base metodológica del cálculo..... | 8 |
| 8.7. Hato porcino..... | 8 |
| 8.8. Actividades que se realizan en el hato porcino | 9 |
| 8.9. Impactos que generan los hatos porcinos | 11 |
| 9. CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | 14 |
| 9.1. Ubicación | 14 |
| 9.2. Duración del trabajo..... | 14 |
| 9.3. Variables en estudio | 14 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| 9.3.1. Variable independiente | 14 |
| 9.3.2. Variable dependiente..... | 15 |
| 9.4. Métodos | 15 |
| 9.5. Técnicas | 15 |
| 9.6. Procedimiento..... | 16 |
| 9.6.1. Etapa 1. Situación real ambiental del hato porcino..... | 16 |
| 9.6.2. Etapa 2. Cálculo de emisiones producidas por el hato porcino de la ESPAM-MFL | 18 |
| 9.6.3. Etapa 3. Proponer estrategias para la reducción de los gases de efecto invernadero..... | 24 |
| 10. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 25 |
| 10.1. Fase 1. Situación real ambiental del hato porcino | 25 |
| 10.1.1. Datos del funcionamiento del hato porcino..... | 25 |
| 10.1.2. Datos de producción..... | 26 |
| 10.1.3. Características climáticas | 27 |
| 10.1.4. Actividades que generan emisiones en el hato porcino..... | 27 |
| 10.1.5. Valoración de hallazgos ambientales | 29 |
| 10.2. Fase 2. Calcular las emisiones producidas por las actividades del hato porcino en la ESPAM-MFL..... | 31 |
| 10.2.1. Índices necesarios para calcular las emisiones producidas por las actividades del hato porcino de la ESPAM MFL..... | 31 |
| 10.2.2. Valoración de los gases..... | 32 |
| 10.2.3. Procesamiento de datos | 33 |
| 10.2.4. Presentación de datos | 34 |
| 10.3. Fase III. Estrategias para la reducción de gases de efecto invernadero.. | 37 |
| 11. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 11.1. Conclusiones | 40 |
| 11.2. Recomendaciones | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA | 42 |
| ANEXOS | ¡Error! Marcador no definido. |

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

CUADROS

| | |
|---|----|
| 2.1. Gases de efecto invernadero, fuentes y contribución al calentamiento global..... | 7 |
| 3. 1. Descripción de la frecuencia. | 17 |
| 3. 2. Descripción de la gravedad..... | 17 |
| 3. 3. Escala de valoración de criticidad de hallazgos ambientales | 18 |
| 4. 1. Coordenadas de referencia del hato porcino..... | 25 |
| 4. 2. Tablas de referencia utilizadas en el hato porcino de la ESPAM MFL. | 26 |
| 4. 3. Animales presentes en el hato porcino de la ESPAM MFL. | 26 |
| 4. 4. Actividades que generan emisiones en el hato porcino. | 27 |
| 4. 5. Valoración de hallazgos ambientales. | 30 |
| 4. 6. Población promedio anual del ganado porcino de la ESPAM MFL. | 31 |
| 4. 7. Calculo de las Tasas de excreción de N por animal por año, en función de la zona de estudio. | 32 |
| 4. 8. Emisiones de CH ₄ por fermentación entérica..... | 32 |
| 4. 9. Emisiones de CH ₄ por gestión de estiércol. | 33 |
| 4. 10. Emisiones de N ₂ O directas proveniente de las camas profundas. | 34 |
| 4. 11. Emisiones de N ₂ O directas provenientes del compost..... | 34 |
| 4. 12. Emisiones totales CO ₂ equivalentes generadas en el hato porcino de la ESPAM MFL..... | 35 |
| 4. 13. Medidas propuestas para reducir emisiones de gases de efecto invernadero | 39 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| 4. 1. Mapa de ubicación del hato porcino | 25 |
| 4. 2. Cajas negras de las actividades realizadas en el hato porcino | 28 |
| 4. 3. Cajas negras del mantenimiento y limpieza de las instalaciones | 29 |

GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| 4.1. Emisiones directas por los tratamientos aplicados (<i>kg N₂O/año</i>)..... | 35 |
| 4.2. Emisiones totales CO ₂ equivalente generadas en el hato porcino de la ESPAM MFL..... | 37 |

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo estimar la huella de carbono, la cual consiste en el cálculo de la cantidad de los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos de manera directa e indirecta por el hato porcino ubicado en la ESPAM MFL. Para el desarrollo del trabajo se utilizaron los métodos descriptivo y cuantitativo puesto que se realizó la descripción de las actividades realizadas en el hato porcino y se utilizaron herramientas de auditoria in situ (observación, fichaje, entrevista) como medios de recolección de datos; por su parte, para el cálculo de las emisiones se utilizaron las directrices establecidas por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). Por otro lado, se menciona que en el hato porcino durante el periodo de junio 2016 a julio 2017 hubo un total de 1065 animales (681 hembras y 420 machos) con un tiempo estimado de 170 días de vida para animales de producción, 365 para reproducción y 70 para las crías, además se estima una población promedio anual de 51 hembras y 45 machos para producción, 253 hembras y 33 machos para reproducción y 119 crías. Las emisiones generadas en el hato porcino se reducen a emisiones de metano por fermentación entérica y por las condiciones climáticas del lugar y las de óxido de nitrógeno por los tratamientos de compost y camas profundas respectivamente, siendo la mayor proporción de gases las pertenecientes a las de óxido de nitrógeno en las camas profundas ($1,5734 \times 10^{-1}$ Gg CO₂ eq). Cabe mencionar, que cada cerdo del hato porcino genera una cantidad aproximada de $1,0489 \times 10^{-4}$ Gg CO₂ eq. Como medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se sugiere la implementación de un biodigestor en el área del sistema de cama profunda o la utilización intensiva del compost como estrategia para la gestión de excretas.

PALABRAS CLAVE: Gases de efecto invernadero (GEI), IPCC, inventarios, fermentación entérica.

ABSTRACT

The objective of the research is to estimate the carbon footprint, which consists in the calculation of the amount of greenhouse gases (GHG) emitted directly and indirectly by the swine herd located in the MFL ESPAM. For the development of the work, descriptive and quantitative methods were used since the description of the activities carried out in the swine herd was carried out and in situ audit tools (observation, signing, interview) were used as means of data collection; For its part, the guidelines established by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) were used to calculate emissions. On the other hand, it is mentioned that in the pig herd during the period from June 2016 to July 2017 there were a total of 1065 animals (681 females and 420 males) with an estimated time of 170 days of life for production animals, 365 for reproduction and 70 for the offspring, in addition an average annual population of 51 females and 45 males is estimated for production, 253 females and 33 males for breeding and 119 offspring. The emissions generated in the pig herd are reduced to methane emissions by enteric fermentation and by the climatic conditions of the place and the nitrogen oxide by the compost and deep bed treatments respectively, with the highest proportion of gases belonging to those of nitrogen oxide in deep beds ($1,5734 \times 10^{-1}$ Gg CO₂ eq). It should be mentioned that each pig of the pig herd generates an approximate amount of $1,0489 \times 10^{-4}$ Gg CO₂ eq. As measures to reduce greenhouse gas emissions, the implementation of a biodigester in the area of the deep bed system or the intensive use of compost as a strategy for the management of excreta is suggested.

KEYWORDS: Greenhouse gases (GHG), IPCC, inventories, enteric fermentation.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

7.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La incertidumbre a nivel mundial, por el cambio climático, en el aumento de la temperatura del planeta, se ha convertido en problema por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Cordero, 2011).

De acuerdo a Botero y Andrade (2008), el cambio climático se ha iniciado por varias razones, la más notable es el agotamiento de los recursos que día a día incrementa aceleradamente la contaminación ambiental. La expansión de las áreas cultivadas y el incremento de las ganaderías extensivas ha contribuido al aumento en las emisiones y a un mayor uso de fertilizantes nitrogenados y abonos (White, 2006). Los efectos indirectos causados por las actividades antropogénicas también ocasionan cambios biogeoquímicos, altera la composición atmosférica por medio de la adición de contaminantes, cambios en la calidad de vida, biodiversidad todo esto ligado al ciclo de carbono (Apps, 2003).

La temperatura en la tierra ha venido en crecimiento en los últimos años y de no cambiar la conducta humana. Por eso, muchos países se han puesto a la tarea de colaborar con el medio ambiente de diferentes maneras, pero resulta difícil si se tiene en cuenta que muchas de las actividades humanas contribuyen con la emisión de gases a la atmósfera. Varios gobiernos promueven el protocolo de Kioto, el cual es un convenio internacional que busca limitar las emisiones de dióxido de carbono desde una perspectiva global de acuerdo a Botero y Andrade (2008). El cambio climático se ha generado por varias razones, siendo la más notable el agotamiento de los recursos que día a día va aumentando la contaminación del medio ambiente en general.

Según Arnell (2004), la huella de carbono surge como una medida que busca concientizar a las personas sobre el gran daño generado al medio ambiente, a

pesar que se está tratando de crear una cultura más responsable con el ambiente, muchas organizaciones desconocen su emisión de dióxido de carbono y la gran contaminación que generan, por eso el cálculo de la huella de carbono es fundamental gracias a que permite definir mejores objetivos y estrategias en cuanto a la reducción de emisiones de gases invernadero, además los coloca como un ejemplo a seguir dentro de la sociedad.

SEMPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) (2013), revela que en el Ecuador los efectos del cambio climático se han demostrado notoriamente en los últimos años a través del incremento en las precipitaciones que causan deslizamientos de tierra e inundaciones. Para tal fin es necesario definir una metodología de cálculo o contabilización de Gases Efecto Invernadero, mejor conocida como Huella de Carbono, asociados a las actividades organizacionales, que incluya planes de acción que permitan disminuir los niveles de emisiones identificados.

Se declara que, en Manabí, los problemas ambientales son causados, en su gran mayoría, por las actuaciones inapropiadas del hombre en su habilidad en lo económico, social, cultural y político, entre otros (Ramírez, 2004).

En el Cantón, el departamento de Medio ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado de Bolívar, menciona que en los últimos años por el incremento de actividades donde se genera contaminación en especial la combustión producida por los vehículos ha incrementado la contaminación por dióxido de carbono, del mismo modo el crecimiento de la ESPAM-MFL, también contribuye a los problemas ambientales en especial a la generación de dióxido de carbono, por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante (GAD Bolívar, 2016).

¿Cuál es la huella de carbono que generan las actividades del hato porcino de la ESPAM MFL?

7.2. JUSTIFICACIÓN

La reciente investigación se realizará por la inquietud a nivel mundial del cambio climático que existe y de los movimientos que trata de implicar a las empresas a promover la protección del medio ambiente dentro de sus operaciones para que de esta manera se interceda en todos sus procesos y así poder evitar que se siga contaminando el planeta por la industrialización y globalización.

La Constitución Política del Ecuador del 2008 establece en su Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el plan del buen vivir, *sumak kawsay*, en el Plan Nacional del Buen vivir en el Objetivo 7.- Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global, asume el liderazgo mundial en el reconocimiento de los derechos de la naturaleza y la consolidación de propuestas ambientales que mejoren y enfrente al cambio climático.

En la actualidad la preocupación internacional por los efectos adversos del cambio climático ha motivado a diversas organizaciones e instituciones a tomar medidas para conocer a fondo su dinámica de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Uno de los indicadores reconocidos internacionalmente para comprender la dinámica de gases efecto invernadero es la medición de la huella de carbono, la cual se obtiene cuantificando las emisiones de gases efecto invernadero originadas. Por las actividades de un individuo, organización o institución, a lo largo de un periodo de tiempo (con la posibilidad de hacerlo en todo el ciclo de vida de sus productos o en áreas específicas).

Esta investigación es muy importante la cual ayudará a reducir los GEI producidas por actividades de la ESPAM MFL, de esta manera establecer una guía de manejo ambiental que permita mejorar la relaciones entre instituciones empresas y proveedores reduciendo ahorros en los costos de producción es

realizable porque se cuenta con la predisposición de autoridades personal para obtener la información necesaria.

7.3. OBJETIVOS

7.3.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar la huella de carbono causado por las actividades en el hato porcino de la ESPAM MFL.

7.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la situación real ambiental del hato porcino.
- Calcular las emisiones producidas por las actividades del hato porcino en la ESPAM-MFL.
- Proponer estrategias con medidas alternativas para la reducción de los gases de efecto invernadero.

7.4. HIPÓTESIS

La estimación de la huella de carbono permitirá determinar las actividades que generan emisiones de GEI en el hato porcino de la ESPAM MFL.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

8.1. HUELLA DEL CARBONO

La huella de carbono de productos o servicios se obtiene mediante la medición de las emisiones de GEI genera la cadena de producción, desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento de residuos, pasando por la manufacturación y el transporte a través de análisis, las organizaciones pueden reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado de emisiones que tienen lugar durante los procesos productivo se trata de un mecanismo para que la empresa disponga de un indicador del impacto ambiental asociado a sus actividades además, representa el primer paso en el establecimiento de un programa de reducción de emisiones (Frohmann, 2013).

La Huella de Carbono considera los 6 GEI identificados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). La HC se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO_2e), a fin de poder expresar las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero en una unidad común la medida CO_2e se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los 6 GEI por su respectivo potencial de calentamiento global (PCG) al cabo de 100 años (Frohmann, 2013).

8.2. LAS FUENTES DE EMISIONES

El primer paso para calcular la huella de carbono es la identificación de las fuentes de emisión, una primera distinción útil es entre emisiones directas e indirectas (Hidalgo, 2013).

8.2.1. EMISIONES DIRECTAS

Son aquellas que provienen de fuentes que son propiedad de la entidad que reporta (ya sea una empresa u otra institución) o controladas por ésta, como, por ejemplo, consumo eléctrico, combustibles fósiles, embalajes, entre otras (Hidalgo, 2013).

8.2.2. EMISIONES INDIRECTAS

Ocurren como consecuencia de las actividades de la entidad que reporta, pero que provienen de fuentes que no son propiedad de ésta ni tampoco controladas por ella como suele ser el transporte o las relacionadas con el uso o reciclaje del producto cuando ya está en poder del consumidor (Hidalgo, 2016).

8.3. GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los gases de efecto invernadero son gases que provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmósfera, por lo que se calientan la superficie de la Tierra y la parte inferior de la atmósfera (Echeverri, 2006).

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra está formada por ondas de frecuencias más bajas, y es absorbida por los gases, produciendo el efecto invernadero. En forma simple el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura (Bolin, 1986).

Así, las propuestas dirigidas a la disminución de GEIs deben basarse en un análisis cuantitativo, profundo y cuidadoso de los sectores, que permita determinar las fuentes clave de dichas emisiones y dirigir acciones de control y

cambio, sin que esto afecte el desarrollo y bienestar de la población (Muñoz & Vázquez, 2013).

A continuación se presentan los gases más comunes, en conjunto con sus fuentes comunes, las tasas en que aumentan en la atmósfera y sus contribuciones actuales al calentamiento global (Echeverri, 2006).

Cuadro 8.1. Gases de efecto invernadero, fuentes y contribución al calentamiento global.

| Gas | Fuentes principales | Tasa de aumento actual y concentración | Contribución al calentamiento global (%) |
|---|--|--|--|
| Dióxido de carbono (CO₂) | Combustión de combustible fósil (77%) Deforestación (23%) | 0.5% (353 ppm) | 55 |
| Clorofluorocarbonos (CFCs) y gases afines (HFCs y HCFCs) | Diversos usos industriales: refrigeradores aerosoles de espuma solventes Arrozales | 4% (280 ppb) | 24 |
| Metano (CH₄) | Fermentación entérica Fugas de gas Quema de biomasa | 0.9% (1.72 ppm) | 15 |
| Óxido nitroso (N₂O) | Uso de fertilizantes Combustión de combustible fósil | 0.8% (310 ppmm) | 6 |

Fuente: (Echeverri, 2006).

8.4. EFECTO INVERNADERO

Es un proceso que ocurre de forma natural, la emisión de radiación infrarroja calienta la superficie del planeta, interviene consecuentemente como una manta de aislamiento, atrapando la energía solar suficiente para mantener la temperatura media global en una gama confortable para mantener la vida. Los aumentos en los niveles de gases de efecto invernadero asociados a actividades humanas se deben fundamentalmente a la quema de combustibles fósiles y a mayores cambios agrícolas y al uso de la tierra (Rodas, 2014).

8.5. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La cuantificación de emisiones se realiza mediante inventarios de gases efecto invernadero. Esta herramienta generalmente se aplica a nivel nacional. Sin

embargo, recientemente los gobiernos locales elaboran inventarios a nivel menor con el fin de identificar particularidades de cada sector fuente y así poder modificar conductas, instalar tecnologías de prevención de daños ambientales y dirigir políticas en su jurisdicción (Muñoz & Vázquez, 2013).

Dicho inventario permitirá identificar las áreas de oportunidad para la reducción de emisiones proponiendo las medidas de mitigación correspondientes y su contribución al inventario nacional (Martínez, 2016).

8.6. BASE METODOLÓGICA DEL CÁLCULO

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{kg CO}_2\text{e} = \text{Dato fuente o carga ambiental (unidad)} * \text{Factor de emisión de una actividad (kg GEI/unidad)} * \text{Poder de Calentamiento (kg CO}_2\text{e/GEI)}$$

Dónde:

El dato de actividad, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI.

El factor de emisión (FE) supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate (Hernández, 2014).

8.7. HATO PORCINO

Durante el desarrollo de la industria se usaban animales como medios de transporte y para alimento. A medida que la industria fue decayendo, la cría de ganado se fue desarrollando, entre estos la cría de cerdos. Muchos de los dueños de trapiches e ingenios, también lo eran de estancias agrícolas y

ganaderas, de esta manera surgieron los hatos ganaderos que fueron sustituyendo a industrias como actividad económica fundamental que consiste en la cría de cerdos o chanchos por mayoría (Cuberos, 1986) .

La producción excesiva de estiércol rebasa en los suelos la capacidad de absorción de nutrientes por los cultivos presentes y aumenta la probabilidad de que los nutrientes remanentes sean llevados por debajo del suelo mediante percolación de agua de lluvia o riego, hasta tener contacto e impactar negativamente en la calidad del agua profunda; la gestión de estiércol disminuye estos problemas pero los sistemas de tratamiento que se aplican a los desechos animales emiten gases; por ejemplo, los sistemas de separación mecánica generan una cantidad enorme de olores y CH₄, y en menor medida NH₃ y N₂O (Martínez *et al.*, 2009).

8.8. ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL HATO PORCINO

Cuberos (1986), menciona que las labores de un hato porcino deben ser consignadas en un documento denominado “manual de actividades”, el cual tiene que ser conocido a cabalidad por todo el personal operativo. Entre las actividades a llevar a cabo en un hato porcino tenemos:

A. Labores de las áreas de montas y gestación

- Alimentación de las hembras gestantes, vacías y reemplazos.
- Realización de las montas naturales e inseminación artificial.
- Amaestrar y eyacular los machos.
- Preparación de las dosis seminales.
- Estimulación y detección de celo en cerdas reemplazo, vacías y destetas.
- Control de la preñez.
- Lavado de las hembras para su traslado a las parideras.
- Observación de los animales, tratamientos y vacunaciones.
- Preparación de la hembra para el servicio.
- Aseo y desinfección general de la instalación.

- Raspado y lavado de los corrales.
- Aplicación de endurecedor de pezuñas.
- Revisión de bebederos y comederos.
- Movimientos de cerdas.
- Revisión de instalaciones eléctricas e hidráulica.
- Evaluación de la condición corporal de las cerdas y ajuste de raciones.
- Lavado del tanque de agua.
- Registro diario de eventos.

B. Labores de área de parideras

- Alimentación de las hembras.
- Detección y atención de parto.
- Suministro y recolección de calostro.
- Procesos realizados a los lechones (castración, aplicación de hierro, descolmille, descole, etc.).
- Observación, tratamientos y vacunaciones de lechones y madres.
- Arreglo y atención de camadas.
- Detección y tratamientos de secreciones vaginales.
- Sincronización de las cerdas antes del parto.
- Lavado de las hembras destetas.
- Aseo general y desinfección de parideras.
- Lavado de cerdas antes del parto y posterior a éste.
- Revisión y mantenimiento de equipos.
- Control y manejo de temperatura.
- Registro diario de eventos.

C. Labores de las áreas de precebos y ceba

- Suministro y registro de alimento.
- Aseo y desinfección de instalaciones.
- Revisión del estado general de los animales.
- Observación, tratamientos y vacunaciones de los animales.

- Control y manejo de la temperatura y ventilación.
- Lacar y preparar el corral y/o jaulón para recibir los animales.
- Recepción y traslado de cerdos.
- Responder por los inventarios de animales y alimentos.
- Control de almacenamiento de agua.
- Registro diario de eventos.
- Arreglo de los daños de las instalaciones.

8.9. IMPACTOS QUE GENERAN LOS HATOS PORCINOS

Los productores alrededor del mundo están cada vez bajo mayor presión para limitar el impacto ambiental de la producción porcina y reducir la huella de carbón. En algunas regiones del mundo, como es el caso de la Unión Europea, los productores deben cumplir leyes con respecto a la cantidad de zinc y cobre que puede añadirse a la dieta del cerdo, por ejemplo. En tales casos, es importante utilizar una fuente de mineral de alta disponibilidad (es decir, un mineral traza orgánico), a fin de cumplir con el requerimiento del mineral del cerdo (Alonso, 2016).

En nuestro país se podría decir que no se ha instrumentado un organismo que controle y rija de manera eficiente este tipo de contaminación, más allá de políticas aisladas que apuntan con buenas intenciones a un desarrollo ecológico y responsable a la medida del excesivo crecimiento de dicha actividad (Alonso, 2016).

Considero que es de extrema importancia desarrollar una estrategia conjunta que reúna voluntades tanto del sector privado como público que apunten a un objetivo posible en el tiempo y abalado por leyes y organismos de contralor que den paso a una estricta política ambientalista (Alonso, 2016).

Teniendo en cuenta los factores ambientales que en estos tiempos nos apremian y el prominente deterioro de los factores que nos aseguran un equilibrio climático y ecológico (Alonso, 2016).

En medio de una era que por primera vez en años nos ha mostrado su cara más dura (Alonso, 2016).

- La contaminación ambiental generada por la producción porcina puede provenir de diferentes fuentes.
- La excesiva excreción de nitrógeno de la dieta por parte del animal y la liberación del amoníaco a la atmósfera.
- La excesiva excreción de fósforo y de otros minerales de la dieta por el animal.
- Condiciones de alojamiento inadecuadas que dan lugar a olores y gases desagradables.
- Sistemas inadecuados de manejo de excretas y desperdicios animales y de su operación.

3.2. MANEJO DEL HATO REPRODUCTOR

El potencial productivo de cualquier granja porcina depende del hato reproductor ya que las hembras y los sementales son la base de una línea de engorda eficiente, con su aporte reproductivo y con su material genético. Gran parte de la eficiencia de una operación porcícola se basa en las medidas utilizadas para el manejo y sanidad del hato reproductor. Esta eficiencia se logra con el cumplimiento de las metas siguientes:

- Rápida llegada a la pubertad de las hembras.
- Mayor producción de las primerizas.
- Fertilidad superior a 80% cuando menos.
- Productividad de más de 10 lechones nacidos vivos por parto.
- Rápido retorno a celo después del destete.
- Mayor número de cerdos vendidos por hembra, por año y de mayor peso.

Para alcanzar las metas anteriores se requiere:

- Un adecuado sistema de manejo.
- Buena sanidad en el hato reproductor.
- Personal calificado y motivado.
- Un programa de bioseguridad y nutrición adecuado a las necesidades de la línea genética.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

9.1. UBICACIÓN

Esta investigación se realizó en el hato porcino de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL en el sitio limón del cantón Bolívar Provincia de Manabí con una latitud sur de $0^{\circ}49'18,92''S$ y una longitud Oeste

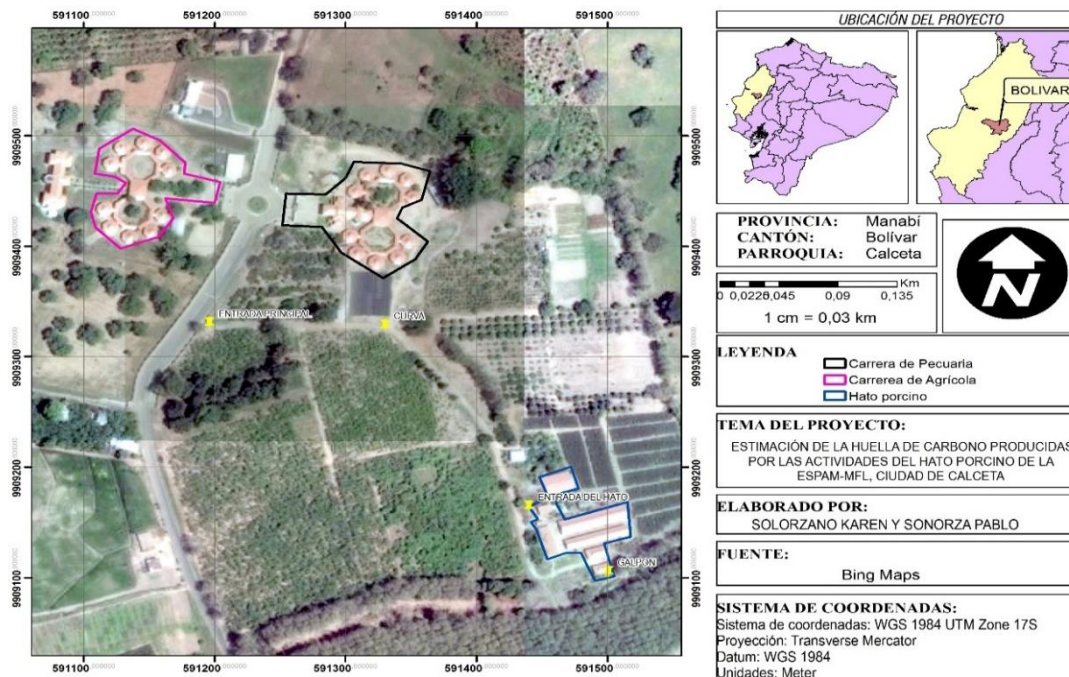


Figura 3. 1. Ubicación del hato porcino.

de $80^{\circ}10'40,79''O$.

9.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El tiempo de duración de la investigación fue nueve meses en el período 2016-2017.

9.3. VARIABLES EN ESTUDIO

9.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Actividades del hato porcino.

9.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Huella de carbono.

9.4. MÉTODOS

La investigación es de tipo descriptivo y cuantitativo en donde se analizaron la magnitud de las emisiones de los GEI. Es deductivo porque se partió de la definición de huella de carbono a lo específico de cada una de las actividades que realizan en el proceso productivo del hato porcino de la ESPAM MFL. También se utilizó el Software IPCC para el cálculo de la huella de carbono.

9.5. TÉCNICAS

Las diferentes técnicas por utilizar se detallan a continuación:

OBSERVACIÓN: Arias, (2006) expone que la observación consiste en la percepción del hecho o fenómeno que pueda ser percibido por el investigador. En este estudio se visualizaron los procesos productivos y las condiciones del hato porcino para describirlos, analizarlos y relacionarlos con la generación de huella de carbono.

ENTREVISTA: Su propósito fue recoger la mayor cantidad de información de las áreas de manejo y mantenimiento del área porcina, en lo referente a los desechos generados, consumo eléctrico de combustible, entre otros.

CUESTIONARIO: Se realizaron un conjunto de preguntas relacionadas con las variables a medir, serán de tipo abiertas y dirigidas al administrador y trabajadores del hato porcino.

9.6. PROCEDIMIENTO

Se lo realizó en función de los objetivos.

9.6.1. ETAPA 1. SITUACIÓN REAL AMBIENTAL DEL HATO PORCINO

9.6.1.1. ACTIVIDAD 1. DATOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL HATO PORCINO

Para la obtención de datos referentes al funcionamiento del hato porcino se elaboró una ficha de observación, diseñado a partir de los campos (georreferencia, alimentación, producción, limpieza, condiciones climáticas) necesarios para el desarrollo del inventario de gases de efecto invernadero (Anexo 1).

Se recopilaron y se seleccionaron los datos de consumo de energía, materias primas, desechos, área administrativa, los datos se obtuvieron mediante la entrevista y cuestionario (Anexo 2 y 3).

9.6.1.2. ACTIVIDAD 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE GENERAN EMISIONES EN EL HATO PORCINO

Para establecer la situación real del hato porcino se utilizó las herramientas de auditoria in situ detalladas por Bustos (2016), (entrevista y observación directa y datos del funcionamiento del hato porcino) direccionado a las actividades que generan los gases de efecto invernadero (Cuadro 4.4) para constatar las líneas de proceso en base de las actividades del hato porcino que deben definir el alcance de las emisiones que van hacer contabilizadas en el inventario.

En la identificación y evaluación de hallazgos ambientales se diseñó el flujograma de proceso, cajas negras, determinación de aspectos y efectos ambientales (Bustos, 2016).

9.6.1.3. ACTIVIDAD 3. VALORACIÓN DE HALLAZGOS AMBIENTALES

Una vez identificadas las actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero, se realizó la estimación de los niveles de riesgo de cada actividad, haciendo uso de la matriz de criticidad propuesta por Masoliver (2000), basada en la frecuencia y gravedad de las emisiones.

Cuadro 3. 1. Descripción de la frecuencia.

| FRECUENCIA | DEFINICIÓN |
|--------------------------------|---|
| Frecuencia Baja (1) | No ha sucedido o ha sucedido en alguna ocasión, una vez al año. |
| Frecuencia Media (2) | Sucede a menudo, varias veces al mes. |
| Frecuencia Alta (3) | Es muy frecuente, varias veces a la semana |
| Frecuencia Muy Alta (4) | Ocurre habitualmente, diariamente |

Fuente: Bustos (2016)

Cuadro 3. 2. Descripción de la gravedad.

| GRAVEDAD | DEFINICIÓN |
|---------------------------|--|
| Gravedad Baja (1) | Repercusión poco importante sobre la salud humana o el ambiente por una baja peligrosidad del impacto o por una escasa vulnerabilidad del entorno. La alteración producida desaparece al cesar la actividad que la origina y por lo tanto no es necesario la adopción de medidas correctoras pero si cambios de gestión. |
| Gravedad Media (2) | Repercusión significativa sobre la salud humana y/o el medio ambiente por la moderada peligrosidad del efecto, por la vulnerabilidad del entorno por las molestias y las quejas de la población o empresas colindantes. Incumplimiento legal de poca entidad fácilmente solucionable mediante la adopción de medidas correctoras o solicitud de autorizaciones y permisos. |
| Gravedad Alta (4) | La peligrosidad del impacto o la vulnerabilidad del medio hacen imprescindibles la adopción y puesta en marcha de medidas correctoras, ya que en caso contrario existe un riesgo importante por incumplimiento legal y afección grave al medio ambiente y/o a la salud humana. |

Gravedad Muy Alta (10)

La peligrosidad del impacto o la vulnerabilidad del medio originan una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posibilidad de recuperación de aun cuando se tomen medidas correctoras. Se produce su incumplimiento de la legislación ambiental vigente.

Fuente: Bustos (2016).

Cuadro 3. 3. Escala de valoración de criticidad de hallazgos ambientales

| CRITICIDAD | VALOR DE CRITICIDAD |
|------------------|---------------------|
| Criticidad Baja | 1 – 10 |
| Criticidad Media | 11 – 25 |
| Criticidad Alta | 26 - 40 |

Fuente: Bustos (2016).

9.6.2. ETAPA 2. CÁLCULO DE EMISIONES PRODUCIDAS POR EL HATO PORCINO DE LA ESPAM-MFL

9.6.2.1. ACTIVIDAD 3. ÍNDICES NECESARIOS PARA CALCULAR LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR EL HATO PORCINO DE LA ESPAM-MFL

9.6.2.1.1. POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL HATO PORCINO

Considerando los datos obtenidos, se realizó el cálculo de la población promedio anual mediante la fórmula 3.1.

$$APP = \text{Días_viva} \cdot \left(\frac{NAPA}{365} \right) [9.1]$$

Donde:

APP = población promedio anual

NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

Días_viva = Número de días que vive de acuerdo con la subcategoría

9.6.2.1.2. TAZA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Dong *et al.*, 2006) se realizó la estimación de las emisiones de acuerdo con los procedimientos desarrollados para el Nivel 1 (Producción a baja escala), proceso recomendado para las actividades de producción porcina.

De acuerdo con el tipo de producción porcina (reproducción o producción), el tratamiento dado para el factor de emisión para la población de ganado $EF_{(T)}$ las directrices proponen un valor de 1 para los países en vías de desarrollo para el cálculo de las emisiones de dióxido de nitrógeno es necesario saber que tanto excreta un animal de nitrógeno en su estiércol se lo calcula con unos índices que son los factores de emisión que están en el cuadro 4.7 esos índices lo dan de acuerdo a ciertas características da un valor de 0,55 si son para macho producción porcino y da un valor de 1,57 hembras producción y para crías un valor de 1,64 y en función de eso calculamos la tasa de excreción de nitrógeno utilizando la fórmula 3.2.

$$Nex_{(T)} = N_{indice (T)} \cdot \frac{TAM_{(T)}}{1000} \cdot 365 \quad [9.2]$$

Donde:

$Nex_{(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T, $kg N / animal \cdot año$

$N_{indice (T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, $kg N / 1000 kg masa animal \cdot día$

$TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T, $kg / animal$

9.6.2.2. ACTIVIDAD 4. VALORACIÓN DE LOS GASES

Para valorar las emisiones de gases de efecto invernadero se trabajó con el Software IPCC Inventory Software versión 2.54, actualizada en junio de 2017.

Se realizó la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero e ingresando los datos de peso promedio por animal (Kg), el factor de emisión por masa, dado por las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Dong *et al.*, 2006) cuando se habla de producción porcina se consideró dos tipos de emisiones; fermentación entérica y la gestión de excretas. En la fermentación entérica se genera el metano CH₄.

Y la gestión de excretas generan dos tipos de gases: el metano que es el gas que se produce en función de las características de las condiciones climáticas en este caso Latinoamérica 25 °C y el otro considera el lugar donde se encuentra ubicada el manejo de excretas y el dióxido de nitrógeno que van en función a los tratamiento que se encuentran, para el caso del Hato porcino sería el compostaje y las camas profundas.

9.6.2.2.1. GESTIÓN DE EXCRETAS

En cuanto a las emisiones generadas por la gestión de excretas, las directrices proponen la fórmula 3.4 para las emisiones de metano y dan un valor de 1 al factor de emisión $EF_{(T)}$ para Latinoamérica en países con temperatura de 25°C; y propone la fórmula 3.5 para el cálculo de las emisiones de óxido de nitrógeno derivadas de esta actividad, siendo el factor de emisión variable de acuerdo con el tratamiento aplicado.

$$CH_{4\ Estiercol} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6} [9.3]$$

$CH_{4\ Estiercol}$ = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, $Gg\ CH_4 / año$

$EF_{(T)}$ =factor de emisión para la población de ganado definida, $kg\ CH_4 / animal \cdot año$

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot EF_{3(S)}) \right] \right] \cdot \frac{44}{28} \quad [9.4]$$

Donde:

$N_2O_{D(mm)}$ = emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol, $kg N_2O / año$

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría

$T \quad kg N / animal \cdot año$

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$EF_{3(S)}$ = factor de emisión para emisiones directas de N_2O del sistema de gestión del estiércol S, $kg N_2O - N / kg N$ en el sistema de gestión del estiércol

S

S = Sistema de gestión del estiércol

T = Especie/categoría de ganado

44/28 = conversión de emisiones de $(N_2O - N)(mm)$ a emisiones de N_2O (mm)

9.6.2.2.2. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE NITRÓGENO

Puede haber pérdidas de nitrógeno de otras formas (amoníaco y NO_x) durante la gestión del estiércol in situ, el cálculo de estas se las realiza mediante la fórmula 3.6.

$$N_{volatilización-MMS} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \cdot \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] \quad [9.5]$$

Donde:

$N_{volatilización-MMS}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x , $kg N / año$

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T
 $T \text{ kg N} / \text{animal} \cdot \text{año}$

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión.

$Frac_{GasMS}$ = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH_3 y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S, %.

9.6.2.2.3. EMISIONES INDIRECTAS DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE NITRÓGENO

Las emisiones indirectas de N_2O de la volatilización de N en forma de NH_3 y NO_x ($N_2O_{G(mm)}$) se estiman mediante la Ecuación 3.7.

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilización-MMS} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28} \quad [9.6]$$

Donde:

$N_2O_{G(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, $kg N_2O / \text{año}$.

EF_4 = factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, $kg N_2O - N / kg NH_3 - N + NO_x - N volatilizado$; el valor por defecto es 0,01.

9.6.2.2.4. CANTIDAD DE NITRÓGENO DEL ESTIÉRCOL QUE LIXIVIA DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

El nitrógeno que lixivia al suelo y/o que se escurre durante el almacenamiento de sólidos del estiércol a la intemperie o en corrales de engorde se deriva en la fórmula 3.6.

$$N_{volatilización-MMS} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \cdot \left(\frac{Frac_{leachMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] [9.7]$$

Donde:

$N_{lixiviación-MMS}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol $kg N/año$

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T $kg N/animal \cdot año$

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión.

$Frac_{lixiviaciónMS}$ = porcentaje de pérdidas de nitrógeno del estiércol gestionado de la categoría T debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol (rango típico: 1- 20%).

Las emisiones indirectas de N_2O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno de sistemas de gestión del estiércol.

$$N_2O_{L(mm)} = (N_{lixiviación-MMS} \cdot EF_5) \cdot \frac{44}{28} [9.8]$$

$N_2O_{L(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol del país, $kg N_2O/año$.

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, $kg N_2O - N / Kg N lixiviado o escurrido$; (valor por defecto

$0,0075 kg N_2O - N / Kg N lixiviado o escurrido$.

9.6.2.3. ACTIVIDAD 5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se calculó la huella de carbono de la actividad aplicando la metodología del IPCC (El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático) detallada en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Dong *et al.*, 2006).

9.6.2.4. ACTIVIDAD 6. PRESENTACIÓN DE DATOS

Se realizó la agrupación de los datos obtenidos, de manera que sean entendibles, claros y concretos (Manterola, Pineda, & Vial, 2007). Una vez resumidos los datos, estos serán representados en gráficas de manera que se pueda comunicar información en forma eficiente (Arteaga *et al.*, 2011).

9.6.3. ETAPA 3. PROPONER ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

9.6.3.1. ACTIVIDAD 7. BÚSQUEDA Y REDACCIÓN DE ESTRATEGIAS

De acuerdo a los resultados que se generaron en la etapa 2 se procedió a realizar la búsqueda de estrategias en sitios web que ayuden a disminuir y mitigar los impactos producidos por las actividades del hato porcino.

Se redactaron medidas correctivas para disminuir los gases de efecto invernadero y la huella de carbono a través de una guía de procedimientos ambientales y se plasmaron en una matriz. Considerando los siguientes contenidos: objetivos, lugar de aplicación, responsable, aspecto ambiental, impacto identificado, medidas propuestas, indicadores, medios de verificación, costos adecuados para contrarrestar la problemática ambientadas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1.FASE 1. SITUACIÓN REAL AMBIENTAL DEL HATO PORCINO

10.1.1. DATOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL HATO PORCINO

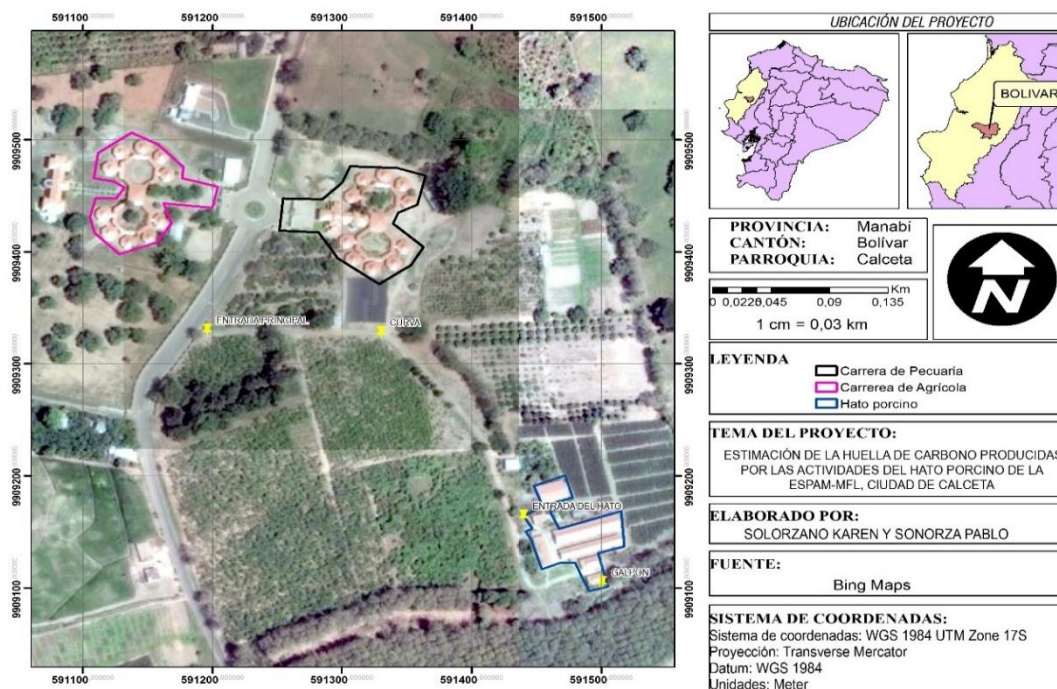
Se realizó la georreferenciación de los puntos de interés del hato, detallados en el cuadro 4.1. Que sirvieron para detallar el área de implantación del proyecto (Figura 4.1). El hato porcino ocupa una superficie de aproximadamente 3631,40 m², considerando instalaciones administrativas y galpones.

Cuadro 4. 1. Coordenadas de referencia del hato porcino.

| Y | X | DESCRIPCIÓN |
|---------|--------|-------------------|
| 9909330 | 591196 | Entrada principal |
| 9909328 | 591330 | Curva |
| 9909152 | 591436 | Entrada del hato |
| 9909765 | 591511 | Galpón |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

Figura 4. 1. Mapa de ubicación del hato porcino



Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.1.2. DATOS DE PRODUCCIÓN

De acuerdo con la información levantada en campo en el hato porcino se realiza la alimentación de los animales 2 veces al día, cada una en un 50% de la cantidad detallada en el cuadro 4.2. Las crías atraviesan 3 periodos de crecimiento (destete, preinicial y crecimiento) luego de los cuales se los destina a engorde o reproducción.

Cuadro 4. 2. Tablas de referencia utilizadas en el hato porcino de la ESPAM MFL.

| DESCRIPCIÓN | CRÍAS | ENGORDE |
|-----------------|-------------|---------|
| | Destete | 0-21 |
| Periodos (días) | Preinicial | 21-28 |
| | Crecimiento | 28-70 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

El hato porcino durante el periodo junio 2016-julio 2017 presentó un total de 1065 animales (Cuadro 4.3), 681 total hembras y 420 total machos; de los cuales 290 fueron crías machos y 319 crías hembras, con un total de 609 crías (hembra y macho); 253 hembras han atravesado estados de reproducción (167 estuvieron preñadas y 86 con crías), y 109 fueron para engorde; de las machos 97 fueron para producción y 33 para crías machos. Con respecto a la mortalidad de los cerdos desde mayo 2016-mayo 2017 hubo un total de 48 animales muertos correspondiente a los machos (28 crías, 13 engorde, 7 reproducción); por su parte las hembras presentaron 60 muertes en total (33 crías, 7 engorde, 9 preñadas, 11 paridas). El total de muertes durante ese año fue de 108, correspondiente al 7,2% de los cerdos.

Cuadro 4. 3. Animales presentes en el hato porcino de la ESPAM MFL.

| Descripción | Machos | | | | Hembras | | | | | Total |
|--|--------|---------|--------------|-------|---------|---------|----------|---------|-------|-------|
| | Crías | Engorde | Reproducción | Total | Crías | Engorde | Preñadas | Paridas | Total | |
| Animales (mayo 2017) | 16 | 5 | 2 | 23 | 11 | 10 | 18 | 3 | 42 | 88 |
| Animales (mayo 2016-abril 2017) | 282 | 96 | 34 | 412 | 317 | 102 | 154 | 86 | 659 | 1483 |
| Decesos (mayo 2016-mayo 2017) | 8 | 4 | 3 | 15 | 9 | 3 | 5 | 3 | 20 | 50 |
| Muertes (mayo 2016-mayo 2017) | 28 | 13 | 7 | 48 | 33 | 7 | 9 | 11 | 60 | 108 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------------|
| Cantidad de alimento (lb/día) | 2 | 4 | 4 | | 2 | 4 | 5 | 14 | | |
| Peso promedio (Kg) | 15 | 55 | 115 | | 15 | 50 | 110 | 110 | | |
| Animales totales | 290 | 97 | 33 | 420 | 319 | 109 | 167 | 86 | 681 | 1065 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Las características climáticas de la zona son: temperatura media anual es de: 25,6 °C, la precipitación medio anual: 757,9 mm, humedad relativa media: 81% Heliofanía: 1485,4 de horas sol, evaporación: 2067,5cm cm (Vera, 2006).

10.1.4. ACTIVIDADES QUE GENERAN EMISIONES EN EL HATO PORCINO

El cuadro 4.4, muestra detalladamente cada una de las actividades que generan emisiones (hallazgos ambientales) de gases de efecto invernadero en el hato porcino de la ESPAM MFL; además, se describe la manera en que estas actividades están ocasionando daños a la atmósfera. Los hallazgos ambientales fueron identificados mediante una auditoría in situ en el lugar de estudio.

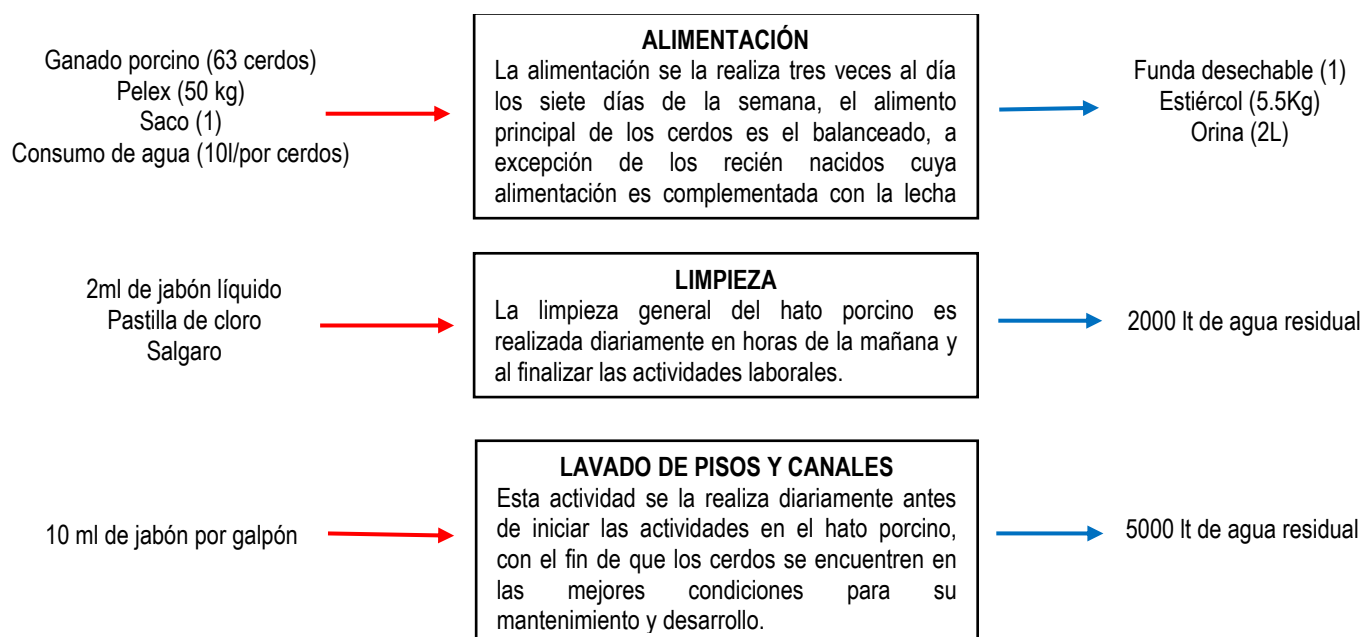
Cuadro 4. 4. Actividades que generan emisiones en el hato porcino.

| ACTIVIDADES QUE GENERAN EMISIONES | DESCRIPCIÓN |
|--|---|
| Alimentación | Se genera material particulado, mediante la alimentación realizada a los cerdos, ya que este producto tiende a volatilizarse con el viento. |
| Limpieza | La generación de gases se da mediante el uso de los químicos que contienen los materiales de limpieza. |
| Lavado de pisos y canales | Existe generación de gases y malos olores, debido a la descomposición de los residuos orgánicos (excremento) que se encuentran en el piso. |

| | |
|--|---|
| Barrido de instalaciones administrativas | Se genera material particulado al momento de realizar el barrido de las instalaciones, ya que esta actividad hace que se disperse lo que comúnmente se llama polvo. |
| Mezclado y aireación de camas | La generación de material particulado se da mediante la aireación o ventilación utilizada para la preparación de las camas. |
| Limpieza de las zonas de compost | La limpieza de la zona de compost se la realiza mediante escobas, rastrillos y palas, en cuya actividad existe una pequeña dispersión de material particulado en el ambiente. |

En el hato porcino, para la cría de cerdos (Figura 4.2) se realiza la alimentación diaria y limpieza regular de las instalaciones cada 15 días. A continuación se describen las cajas negras de estos procesos:

Figura 4. 2. Cajas negras de las actividades realizadas en el hato porcino

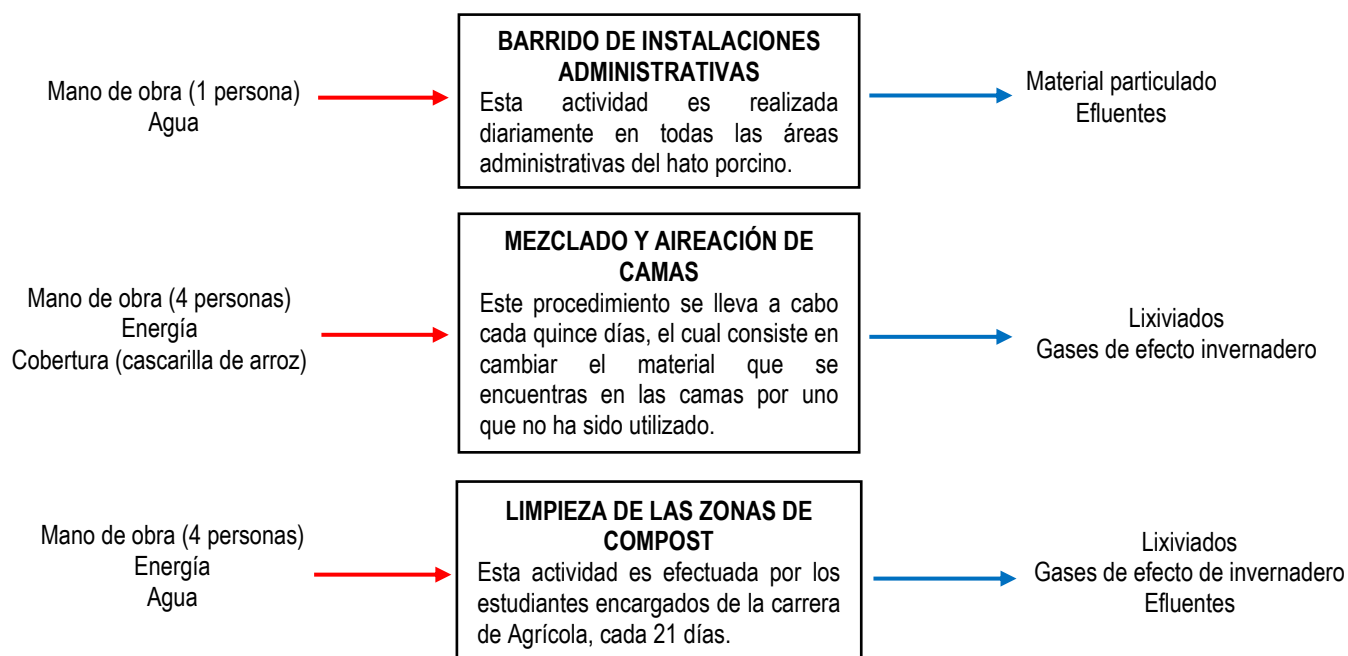


Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

En el hato porcino, las excretas generadas son gestionadas en camas profundas y utilizadas posteriormente para la fabricación de compost en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación cada 15 días, por los que las actividades de limpieza se reducen al mantenimiento de ambos

procesos y la limpieza diaria de las instalaciones administrativas (no consideradas en la elaboración de los inventarios).

Figura 4. 3. Cajas negras del mantenimiento y limpieza de las instalaciones



Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.1.5. VALORACIÓN DE HALLAZGOS AMBIENTALES

Las actividades que fueron consideradas para la valoración de hallazgos ambientales que generan emisiones se describen a continuación:

- Alimentación
- Limpieza
- Lavado de pisos y canales
- Mezclado y aireación de camas

Cuadro 4. 5. Valoración de hallazgos ambientales.

| N° | ACTIVIDAD | ASPECTO | EFECTO | NO CONFORMIDADES | FRECUENCIA | | | | GRAVEDAD | | | | VALOR | CRITICIDAD |
|----|-------------------------------|--|--|--|------------|---------|----------|---------|----------|-------|------|----------|-------|------------|
| | | | | | Casi Nunca | A veces | A menudo | Siempre | Baja | Media | Alta | Muy alta | | |
| 1 | Alimentación | Volatilización del alimento (balanceado) de los cerdos | Generación de material particulado | LIBRO VI ANEXO 4. Calidad de aire. En su apartado 4 de REQUISITOS menciona que: el material particulado menor a 10 micrones no debe exceder los 50 ug/m ³ y menor a 2,5 micrones no debe exceder los 15 ug/m ³ , por año. | | | | 4 | 1 | | | | 5 | Baja |
| 2 | Limpieza | Uso de agroquímicos en la limpieza | Generación de partículas sedimentables | LIBRO VI ANEXO 4. Calidad de aire. En su apartado 4 de REQUISITOS menciona que: la máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de 1 mg/cm ² x 30 d). | | | | 4 | | | 3 | | 12 | Media |
| 3 | Lavado de pisos y canales | Descomposición de las excremento | Generación de gases y malos olores | LIBRO VI ANEXO 4. Calidad de aire. En su apartado 4 de REQUISITOS menciona que: el promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO ₂ , y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de 100µg/m ³ . Y la concentración máxima en 24 horas no deberá exceder 150 µg/m ³ más de dos veces en un año. | | | 3 | | | | 3 | | 9 | Baja |
| 4 | Mezclado y aireación de camas | Aireación utilizada en la preparación de camas. | Generación de material particulado | LIBRO VI ANEXO 4. Calidad de aire. En su apartado 4 de REQUISITOS menciona que: el material particulado menor a 10 micrones no debe exceder los 50 ug/m ³ y menor a 2,5 micrones no debe exceder los 15 ug/m ³ , por año. | | 2 | | | 1 | | | | 2 | Baja |

10.2.FASE 2. CALCULAR LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR LAS ACTIVIDADES DEL HATO PORCINO EN LA ESPAM-MFL

10.2.1.INDICES NECESARIOS PARA CALCULAR LAS EMISIONES PRODUCIDAS POR LAS ACTIVIDADES DEL HATO PORCINO DE LA ESPAM MFL

10.2.1.1.POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL

Aplicando la fórmula 3.1 se obtuvo la población promedio anual con un tiempo estimado de 170 días de vida para los animales de producción, 365 para los de reproducción y 70 para las crías, tal como se observa en el cuadro 4.6 se obtuvieron 51 hembras y 45 machos para producción, 253 hembras y 33 machos para reproducción y 119 crías.

Cuadro 4. 6. Población promedio anual del ganado porcino de la ESPAM MFL.

| DESCRIPCIÓN | ANIMALES (NAPA) | POBLACIÓN PROMEDIO (AAP) |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Crías | 609 | 119 |
| Machos reproducción | 33 | 33 |
| Machos producción | 97 | 45 |
| Hembras reproducción | 253 | 253 |
| Hembras producción | 109 | 51 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.2.1.2. TAZA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

Como se observa en el cuadro 4.7 La mayor tasa de excreción la presentan los machos de producción con un total 31,51775 kg, seguido de las hembras de producción con un total 28.6525 kg y la menor las crías con un total de 8,979 kg.

10.2.1.3. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO

Cuadro 4. 7. Calculo de las Tasas de excreción de N por animal por año, en función de la zona de estudio.

| DESCRIPCIÓN | FACTOR DE EMISIÓN DE NITRÓGENO ($kg\ N / 1000\ kg\ masa\ animal \cdot día$) * | EXCRECIÓN DE N ($kg\ N / animal \cdot año$) |
|----------------------|--|--|
| Crías | 1,64 | 8,979 |
| Machos reproducción | 0,55 | 23,08625 |
| Machos producción | 1,57 | 31,51775 |
| Hembras reproducción | 0,55 | 22,0825 |
| Hembras producción | 1,57 | 28.6525 |

*Valores por defecto: Cuadro 10.19 Directrices IPCC (Anexo 4)

10.2.2. VALORACIÓN DE LOS GASES

10.2.2.1. EMISIONES DE NITRÓGENO POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA

Se determinaron las emisiones de metano (CH_4) y óxidos de nitrógeno (N_2O) generadas por las actividades del hato porcino. Las emisiones de CH_4 por la fermentación entérica de las excretas (Fórmula 3.3), tal como se observa en el cuadro 4.8 un total de $5,01 \times 10^{-4} Gg\ CH_4 / año$ por la fermentación entérica de las excretas del ganado porcino en la granja porcina de la ESPAM MFL.

Cuadro 4. 8. Emisiones de CH_4 por fermentación entérica.

| DESCRIPCIÓN | POBLACIÓN PROMEDIO (AAP) | EMISIONES DE CH_4 ($Gg\ CH_4 / año$) | EMISIONES DE CH_4 ($Kg / año$) |
|----------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Crías | 119 | $1,19 \times 10^{-4}$ | 119 |
| Machos reproducción | 33 | $5,1 \times 10^{-5}$ | 33 |
| Machos producción | 45 | $2,53 \times 10^{-4}$ | 45 |
| Hembras reproducción | 253 | $4,5 \times 10^{-5}$ | 253 |
| Hembras producción | 51 | $3,3 \times 10^{-5}$ | 51 |
| | | $5,01 \times 10^{-4}$ | 501 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.2.2.2. GESTIÓN DE EXCRETAS

Como se observa las emisiones generadas se encuentran en el cuadro 4.9 (calculadas por fórmula 3.4), por lo que se generan un total de $5,01 \times 10^{-4} \text{ Gg } CH_4/\text{año}$ por la gestión de las excretas del ganado porcino en la granja de la ESPAM MFL.

Cuadro 4. 9. Emisiones de CH_4 por gestión de estiércol.

| DESCRIPCIÓN | POBLACIÓN PROMEDIO (AAP) | EMISIONES DE CH_4 ($Gg \text{ } CH_4/\text{año}$) | EMISIONES DE CH_4 ($Kg/\text{año}$) |
|----------------------|--------------------------|---|---|
| Crías | 119 | $1,19 \times 10^{-4}$ | 119 |
| Machos reproducción | 33 | $5,1 \times 10^{-5}$ | 33 |
| Machos producción | 45 | $2,53 \times 10^{-4}$ | 45 |
| Hembras reproducción | 253 | $4,5 \times 10^{-5}$ | 253 |
| Hembras producción | 51 | $3,3 \times 10^{-5}$ | 51 |
| | | $5,01 \times 10^{-4}$ | 501 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

10.2.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

10.2.3.1. EMISIONES DE N_2O DIRECTAS PROVENIENTES DE LAS CAMAS PROFUNDAS

Como se observa en el cuadro 4.10 y 4.11 en cuanto a las emisiones de acuerdo a la gestión de excretas de los tratamientos aplicados para la gestión de excretas en el hato porcino, a pesar de que el compost gestiona una cantidad mayor en comparación con las camas profundas las mayor (100% de las excretas de las crías y el 50 % de las restantes) en comparación con las camas profundas, las mayores emisiones son las generadas por estas últimas $507,55622 \left(kg \text{ } N_2O/\text{año} \right)$ en las camas y $89,29877 \left(kg \text{ } N_2O/\text{año} \right)$ por compost, esto debido a que en estas el nitrógeno en forma de amoníaco se

puede depositar en lugares a los que llega el viento desde áreas de gestión de estiércol y contribuir a las emisiones indirectas de N_2O (Dong, *et al.*, 2006).

Cuadro 4. 10. Emisiones de N_2O directas proveniente de las camas profundas.

| DESCRIPCIÓN | % DE MANEJO | % PÉRDIDA* | N DE EXCRETAS PARA SU REUTILIZACIÓN (<i>kg N/año</i>) | N DE EXCRETAS DISPONIBLES PARA GESTIÓN (<i>kg N/año</i>) | EMISIONES DIRECTAS DE N_2O (<i>kg N_2O/año</i>) |
|----------------------|-------------|------------|--|---|--|
| Machos reproducción | 50 | 50 | 354,5746875 | 380,92313 | 41,90154 |
| Machos producción | 50 | 50 | 190,4615625 | 709,14938 | 78,00643 |
| Hembras reproducción | 50 | 50 | 2779,46906875 | 2793,43625 | 307,27799 |
| Hembras producción | 50 | 50 | 365,319375 | 730,63875 | 80,37026 |
| | | | 3689,82469 | 4614,14751 | 507,55622 |

*Valores por defecto: Directrices IPCC. Las tasas incluyen las pérdidas en forma de NH_3 , NO_x , N_2O y N_2 , así como las producidas por lixiviación y escurrimiento del almacenamiento sólido y de los corrales de engorde (US EPA, 2004).

10.2.3.2. EMISIONES DE N_2O DIRECTAS PROVENIENTES DEL COMPOST

Cuadro 4. 11. Emisiones de N_2O directas provenientes del compost.

| DESCRIPCIÓN | % DE MANEJO | % PÉRDIDA* | N DE EXCRETAS PARA SU REUTILIZACIÓN (<i>kg N/año</i>) | N DE EXCRETAS DISPONIBLES PARA GESTIÓN (<i>kg N/año</i>) | EMISIONES DIRECTAS DE N_2O (<i>kg N_2O/año</i>) |
|----------------------|-------------|------------|--|---|--|
| Crías | 100 | 0 | 1068,501 | 1068,501 | 16,79073 |
| Machos reproducción | 50 | 0 | 380,923125 | 380,92313 | 5,98593 |
| Machos producción | 50 | 0 | 709,14938 | 709,14938 | 11,14378 |
| Hembras reproducción | 50 | 0 | 2793,43625 | 2793,43625 | 43,89686 |
| Hembras producción | 50 | 0 | 730,63875 | 730,63875 | 11,48147 |
| | | | 5682,64851 | 5682,64851 | 89,29877 |

*Valores por defecto: Directrices IPCC. Mineralización de los compuestos del nitrógeno de las camas se produce más lentamente que la del estiércol y que la concentración del amoníaco en las camas orgánicas es insignificante.

10.2.4. PRESENTACIÓN DE DATOS

Del total de emisiones generadas por los tratamientos, las mayores emisiones fueron las generadas por las hembras destinadas a la reproducción (preñadas

y paridas). El total de emisiones por los tratamientos de gestión de excretas ascienden a un total de 596,85499 $kg N_2O/año$, 89,29877 $kg N_2O/año$ del compost y 507,55622 $kg N_2O/año$ de las camas profundas (Gráfico 4.1), equivalentes a 0,000596855 $kg N_2O/año$.

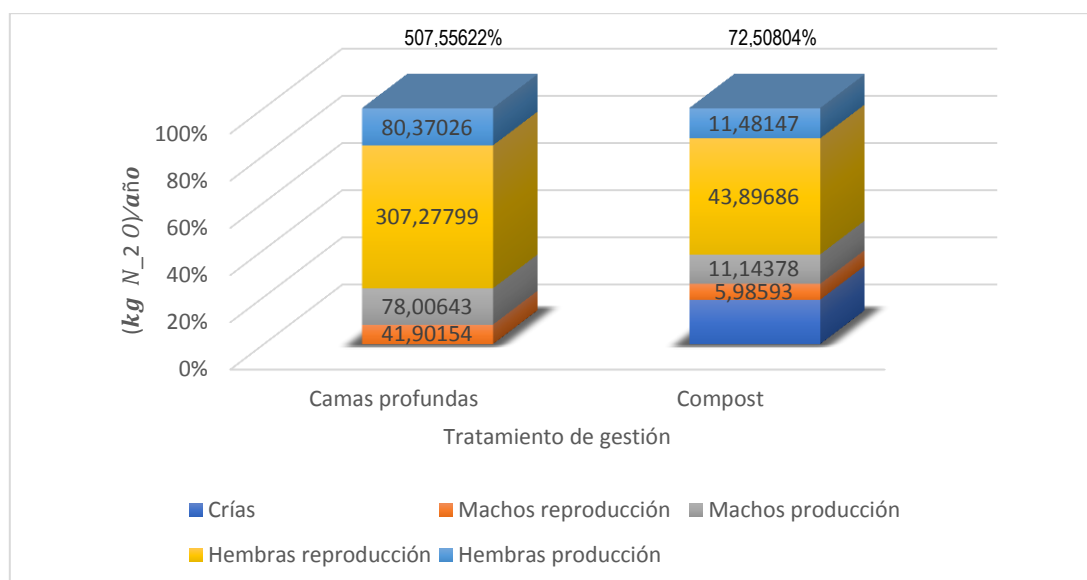


Gráfico 10.1. Emisiones directas por los tratamientos aplicados ($kg N_2O/año$)

Las emisiones generadas en el hato porcino se reducen, por tanto, a las emisiones de metano por fermentación entérica y por las condiciones climáticas del lugar donde se realiza la gestión de excretas y las de óxido de nitrógeno por los tratamientos de compost y camas profundas respectivamente (Cuadro 4.12).

Cuadro 4. 12. Emisiones totales CO_2 equivalentes generadas en el hato porcino de la ESPAM MFL.

| GASES | TOTAL, DE EMISIONES | FACTOR DE CONVERSIÓN (GAS A CO_2 equivalente) | Gg CO_2 equivalente al año | Kg CO_2 equivalente al año |
|--|------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Metano (CH_4): Fermentación entérica | $5,01 \times 10^{-4}$ | 21 | 0,010521 | 10521 |
| Metano (CH_4): Gestión de excretas | $5,01 \times 10^{-4}$ | 21 | 0,010521 | 10521 |
| Óxido de nitrógeno (N_2O): Compost | $5,075 \times 10^{-4}$ | 310 | 0,15734243 | 157342,428 |
| Óxido de nitrógeno (N_2O): Camas | $8,929 \times 10^{-5}$ | 310 | 0,02768262 | 27682,6187 |
| TOTAL | | | 0,20606705 | 206067,047 |

Fuente: Solórzano y Sornoza (2017).

Alemán *et al.* (2008), realizaron un estudio acerca de la Emisión y Absorción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la Provincia de Matanzas, haciendo uso de la base de un inventario detallado con los datos de los años 2005 y 2006. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron las Guías Revisadas de 1996 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y para los cálculos se utilizó el Software del Libro de Trabajo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Como resultado se obtuvo que la emisión bruta de GEI en la provincia alcanzó 4192.06 Gg de CO₂ equivalente para el año 2005 y 4129.5 Gg para el año 2006 y una absorción de - 4414.63 de CO₂ y - 4440.04 de CO₂ para los años 2005 y 2006, dando lugar que para estos años la provincia en su balance continúa como sumidero.

Por su parte, Guzmán y Sager (2013), llevaron a cabo un estudio en donde se estimó la emisión de metano por fermentación entérica mediante la caracterización detallada de los sistemas de carne de San Luis. Para el proceso del trabajo se hizo uso de metodología Nivel 2 del IPCC. En esta investigación se tuvo como resultado que la emisión de CH₄ entérico proveniente de los sistemas de producción de carne de la provincia para el año 2009 fue de 2.128,82 Gg CO₂ eq (gigagramos de dióxido de carbono equivalente). A pesar de que el valor de la emisión total es mínimo, a la provincia le ocasiona un costo social de 13,04 Kg CO₂ eq/kg carne, empeorando con la tendencia de crecimiento en los últimos años respecto al stock ganadero.

Otro estudio realizado para la estimación de la huella de carbono en la finca orgánica “Nueva Esperanza” dedicada al cultivo y comercialización del banano, para su efecto se utilizó el software Greenhouse Gas Protocolo (versión 2.0), para la aplicación del software se estimaron las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la finca, esto se logró mediante la toma de peso de los empaques y los desechos generados en la plantación, la generación de consumo eléctrico y combustible, y conociendo la cantidad de materia prima y auxiliar. Los resultados obtenidos fueron de 642,7 tCO₂eq

durante los primeros seis meses del año 2016, lo que significa que por cada tonelada producida de banano se generan alrededor de 55 KgCO₂eq (Alcívar y Pazmiño, 2016).

Cordero (2011), realizó una investigación usando la metodología francesa Bilan Carbone® para el cálculo de la huella de carbono, efectuándose su aplicación metodológica en la Sociedad de los Transportes Públicos de la ciudad Limoges (S.T.C.L.), ubicada en la República de Francia. Para llevar a cabo el estudio se identificaron y calcularon las actividades que emitieron la mayor cantidad de gases de efecto invernadero, como resultado se obtuvo que las actividades que generaron una mayor cantidad de gases fueron el transporte de carga, consumo eléctrico e insumos, generando 2913 toneladas de carbono equivalente, lo que quiere decir 10681 tnCO₂eq

10.3.FASE III. ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las emisiones generadas en el hato porcino de la ESPAM MFL, la mayor proporción son las pertenecientes a las de óxido de nitrógeno proveniente de la gestión de excretas mediante compost y las menores pertenecientes al metano, por la gestión de excretas en las condiciones climáticas del área de estudio.

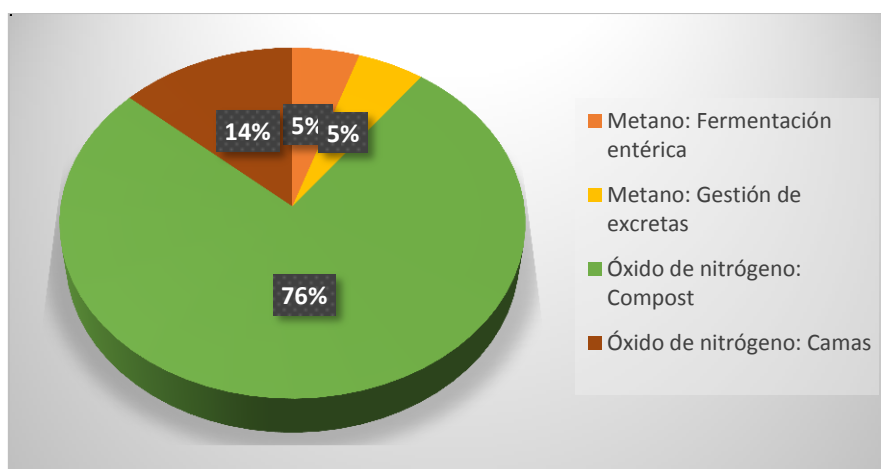


Gráfico 10.2. Emisiones totales CO₂ equivalente generadas en el hato porcino de la ESPAM MFL

En el hato porcino se encontró que la mayor cantidad de emisiones fueron las emitidas por las camas profundas, a pesar de ser las que gestionan la menor cantidad de excretas por lo que la utilización de esta estrategia debe reducirse a la menor cantidad posible.

Como medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se sugiere la implementación de un biodigestor en lugar del sistema de cama profunda o la utilización intensiva del compost como estrategia para la gestión de excretas (Cuadro 4.13).

Las plantas de compostaje contribuyen a la reducción en cantidad y volumen de residuos sólidos depositados en los sitios de disposición final y obtiene un mejorador de suelos de producción agrícola y/o áreas verdes; y la adopción de nuevas tecnologías en el sector (Martínez, 2016).

Un biodigestor disminuye mediante un sistema anaerobio la presencia de bacterias y otros agentes patógenos que pueden transmitir enfermedades, a más de aprovechar el proceso anaerobio de las mismas bacterias para obtener biogás y bioabono (Guerrero, *et al.*, 2011).

El biogás obtenido se utiliza como combustible y el bioabono es considerado un excelente abono orgánico (Chungandro, 2010). Los biodigestores degradan la materia orgánica en metano y dióxido de carbono principalmente, y disminuyen las emisiones del gas metano, contribuyendo además a la generación de energía limpia (Muñoz & Vázquez, 2013)

Cabe mencionar, que los hallazgos ambientales identificados se describen en el cuadro 4.4, y en base a estos hallazgos se logró realizar las medidas de propuestas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, como se muestra a continuación:

Cuadro 4. 13. Medidas propuestas para reducir emisiones de gases de efecto invernadero

| MEDIDAS PROPUESTAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO | | | | | |
|--|--|--|---|--|---------------|
| OBJETIVOS: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el hato porcino de la ESPAM MFL | | | | | |
| LUGAR DE APLICACIÓN: Instalaciones del hato porcino | | | | | |
| RESPONSABLE: Coordinador del hato porcino (Ing. Patricio Paredes) | | | | | |
| PRA-01 | | | | | |
| ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO IDENTIFICADO | MEDIDAS PROPUESTAS | INDICADORES | MEDIOS DE VERIFICACIÓN | COSTOS |
| Contaminación del aire | Emisiones de gases de efecto invernadero | Diseño e instalación de un biodigestor de acuerdo con la caracterización de las excretas generadas. | Esquemas y cálculos para las dimensiones del biodigestor Biodigestor funcionando | Registro fotográfico Esquemas | \$180 |
| | | Compostaje de excretas | Utilización de excretas en procesos de compostaje | Registro fotográfico | \$50 |
| Afectación a la comunidad educativa | Falta de conocimientos acerca del funcionamiento de las medidas propuestas y generación de gases | Realizar capacitaciones referentes a los beneficios de la utilización de las medidas propuestas y su efecto en las emisiones de gases de efecto invernadero | Asistencia a capacitaciones | Registro de asistencia a capacitaciones Registro fotográfico. | \$100 |
| | | Participación de los estudiantes en la ejecución de las actividades propuestas como parte de las actividades de vinculación semestrales (horas comunitarias) | Participación de estudiantes en las medidas propuestas | Registro de estudiantes realizando actividades de vinculación Registro fotográfico. | ---- |

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

- En el hato porcino durante el periodo junio 2016-julio 2017 se presentó un total de 1065 animales, 681 hembras y 420 machos; de ambos 609 fueron crías, 253 hembras han atravesado estados de reproducción, y 109 fueron para engorde; de las machos 97 fueron para producción y 33 para reproducción. Las excretas generadas son gestionadas en camas profundas y utilizadas posteriormente para la fabricación de compost en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación, con un tiempo estimado de 170 días de vida para los animales de producción, 365 para los de reproducción y 70 para las crías se estima. La tasa de mortalidad de los cerdos es de 7,2%.
- Aplicando las directrices de IPCC Las emisiones de CH_4 por la fermentación entérica de las excretas ascienden a un total de $5,01 \times 10^{-4} \text{ Gg } CH_4/\text{año}$, $5,01 \times 10^{-4} \text{ Gg } CH_4/\text{año}$ y el total de emisiones por los tratamientos de gestión de excretas ascienden a un total de $596,85499 \text{ kg } N_2O/\text{año}$. Las emisiones generadas en el hato porcino que mayor proporción de contaminación genera son las pertenecientes a las de óxido de nitrógeno proveniente de la gestión de excretas mediante compost y las que menor contaminación producen son las generadas por el metano debido a la gestión de excretas en las condiciones climáticas del área de estudio. La cantidad aproximada de emisiones generadas por cada cerdo es de $1,0489 \times 10^{-4} \text{ Gg } CO_2 \text{ eq}$.
- Con la implementación de un biodigestor se logrará reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el hato porcino de la ESPAM MFL.

11.2.RECOMENDACIONES

- Se sugiere la implementación de un lugar para el sistema de cama profunda con materiales como: paja de trigo, paja de avena, coronta de maíz, arena o papel de diario picado sobre piso de tierra, en el hato porcino; además, de la utilización intensiva del compost como estrategia para la gestión de excretas.
- Aplicar las medidas propuestas para la reducción de gases de efecto invernadero, haciendo énfasis en el diseño e instalación de un biodigestor de acuerdo con la caracterización de las excretas generadas.
- Capacitar a los estudiantes en temas de reducción de gases de efecto invernadero y la adecuada utilización del software del IPCC.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcívar, P. y Pazmiño, M. 2016. Estimación de la huella de carbono producida por la actividad bananera de la finca “Nueva Esperanza” para un manejo ambiental. Carrera de Medio Ambiente. ESPAM “MFL”.
- Alemán, M; Rodríguez, J; Salcedo, J. 2008. Emisión de gases de efecto invernadero en la provincia de Matanzas. Revista de Arquitectura e Ingeniería. 2(3).
- Alfaro, M. 1998. Contaminacion de Aire . Emisiones Vehiculares situación actual ya alternativa. 10 .
- Alonso, P. 2016. Impactos ambientales que genera el hato porcino. Porcicultores y su Entorno. México. 113.
- Arnell, N. 2004. Climate change and global water resources SRES scenarios emissions. 84-92.
- Arteaga, P; Batanero, C; Cañadas, G; Contreras, J. 2011. Las Tablas y Gráficos Estadísticos como Objetos Culturales. Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas. 76: 55-67.
- Bolin. 1986. El efecto invernadero, el cambio climático y los ecosistemas. Consejo Internacional de Uniones Científicas. Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente. 541.
- Burney, J; Davis, S; Lobell, D. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. Proceedings of the National Academy Sciences. 107: 12052-12057.
- Bustos, F. 2016. Manual de gestión y control ambiental. Segunda. Acierto Gráfico.
- Chungandro, M. 2010. Diseño y Construcción de un Biodigestor para pequeñas y medianas granjas. Quito. E.P.N. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- cordero, O. 2011. Cálculo de la Huella de Carbono Según la Metodología Francesa Bilan Carbone®: Aplicación a la Sociedad de los Transportes Públicos de la Ciudad Limoges S.T.C.L. En El Año 2009. Carrera de Medio Ambiente. Centro Politécnico Superior.
- Cuberos, M. 1986. Conservacion y detrmnacion del valor nutritvo del contenido ruminal porcina para alimentacion de cerdos. Bogotá. Facultad de medicina veterinaria y zootecnica (FMVZ).

- Dong, H. 2006. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. En: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 4: 10.1-10.91.
- Echeverri, C. 2006. Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería. Colombia. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 5(9): 85-96.
- FAO. 2000. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Roma.
- Frohmann, A; Olmos, X; Mulder, N. 2017. Sostenibilidad Ambiental y competitividad Internacional. La Huella de carbono.
- Guerrero, C; Inga, E; Samaniego, F. 2011. Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino. Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana.
- Guzmán, M. y Sager, R. 2013. Inventario de metano entérico de los sistemas de producción de carne para San Luis en el año 2009. Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 39(1): 88-94.
- Hao, X.; Chang, C; Larney, F; Travis, G., 2001. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. Journal Environmental Quality. 30: 376-386.
- Hidalgo, A. 2016. (En línea). Consultado, 22 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <http://www.fonafifo.go.cr>
- Manterola, C; Pineda, V; Vial, M. 2007. ¿Cómo presentar los resultados de una investigación científica?. Revista Chilena de Cirugía. 59 (2): 156-160.
- Martínez, J; Barrington, S; Burton, C. 2009. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. Bioresource Technology. 100: 5527-5536.
- Martínez, M. 2016. Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero para el estado de Durango. México. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 15(2): 575-601.
- Muñoz, G. & Vázquez, L. 2013. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del sector agropecuario en Baja California. Sociedad y Ambiente. 1(2): 98-116.
- Nicks, B. 2003. Ammonia, Nitrous Oxide, Methane, Carbon Dioxide, and Water Vapor in the Raising of Weaned Pigs on Straw-Based and Sawdust-Based Deep Litter. Animal Research Journal. 52: 299-308.
- OCON. 1980. Problemas de ingeniería Química. México. Aguilar.

Ramirez, T. & Nuñez, S. 2004. El desarrollo sustentable huella del carbono. Revista del centro de investigacion. 55- 59.

SEMPLADES. 2013-2017. Plan Nacional Para el Buen Vivir.

US EPA. 2004. National Emission Inventory – Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations. Draft Report..

Vera, A. 2006. Determinación de las curvas de retención de agua de los suelos agrícolas en el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM. Manabí-Ecuador.

Zaror, C. 2003. Conceptos Básicos sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Buenos Aires: 209.

ANEXOS

Anexo 1. Herramientas para la recolección de datos

| FICHA DE OBSERVACIÓN | |
|---|--|
| TEMA: Estimación de la huella de carbono producida por las actividades del hato porcino de la ESPAM-MFL-Calceta. | |
| OBJETIVO: Establecer la situación real ambiental del hato porcino | |
| RESPONSABLE: Karen Solórzano y Pablo Sornoza | |
| ÁREA: Agropecuaria | |

| PUNTOS DE REFERENCIA | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| X | 591196 | 591330 | 591436 | 591511 | -- |
| Y | 9909330 | 9909328 | 9909152 | 9909765 | -- |

| CANTIDAD DE ANIMALES | | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| CRIAS | | ENGORDE | | PREÑADAS | PARIDAS |
| MACHOS | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | | |
| 282 | 317 | 96 | 102 | 154 | 86 |

| ACTIVIDADES | | | | | |
|----------------------|------------|---|-------------------------------------|-----------|-------------|
| LABOR | FRECUENCIA | RECURSOS | CANTIDAD | USO FINAL | OBSERVACIÓN |
| LIMPIEZA DE CORRALES | Diaria | jabón líquido Pastilla de cloro Salgaro | 2ml de jabón líquido | -- | -- |
| ALIMENTACIÓN | Diaria | Pelex Saco balanceado | Pelex (50 kg) Saco balanceado(1) | -- | -- |

| | PROCESOS | ENTRADA | CANTIDAD | SALIDA | CANTIDAD |
|--|-------------|---|---|---|---|
| | ACTIVIDADES | ALIMENTACIÓN | Ganado porcino Pelex Saco Consumo de agua | Ganado porcino (63 cerdos) Pelex (50 kg) Saco (1) Consumo de agua (10l/por cerdos) | Funda desechable Estiércol Orina |
| LIMPIEZA | | jabón líquido Pastilla de cloro Salgaro | 2ml de jabón líquido Pastilla de cloro Salgaro | agua residual | 2000 lt de agua residual |
| LAVADO DE PISOS Y CANALES | | jabón por galpón | 10 ml de jabón por galpón | agua residual | 5000 lt de agua residual |
| BARRIDO DE INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS | | Mano de obra Agua | Mano de obra (1 persona) Agua | Material particulado Efluentes | Material particulado Efluentes |
| MEZCLADO Y AIREACIÓN DE CAMAS | | Mano de obra Energía Cobertura | Mano de obra (4personas) Energía Cobertura (cascarilla de | Lixiviados Gases de efecto invernadero | Lixiviados Gases de efecto invernadero |

| | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---|--|--|
| | | | arroz) | | |
| | LIMPIEZA DE LAS ZONAS DE COMPOST | Mano de obra Energía Agua | Mano de obra (4 personas) Energía Agua | Lixiviados Gases de efecto invernadero Efluentes | Lixiviados Gases de efecto invernadero Efluentes |

Anexo 2. Entrevista realizada al coordinador del hato porcino de la ESPAM MFL



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FELIZ LÓPEZ**

ENTREVISTA

TEMA: Estimación de la huella de carbono producida por las actividades del hato porcino de la ESPAM-MFL, Ciudad de Calceta

OBJETIVO: Establecer la situación real ambiental del hato porcino

1. ¿cuáles son las razas, líneas o cruces existentes en el hato porcino?
2. ¿cuál es el número de cerdos nacidos en el hato porcino?
3. ¿qué tipo de alimentos se les brinda a los cerdos durante su crianza?
4. ¿Dispone el hato porcino de asesoramiento técnico?
5. ¿Dónde vierte sus purines?
6. ¿Cuánto dura el embarazo de los cerdos?
7. ¿Qué tiempo tiene un cerdo cuando se sacrifica para carne?
8. ¿Cuáles son las enfermedades más comunes que atacan a los cerdos durante su crianza?
9. ¿Qué tipo de medidas toman ustedes para evitar las enfermedades en los cerdos?

10. Tipo de productos se obtiene en el hato**Anexo 3. Cuestionario a los trabajadores del hato porcino****ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FELIZ LÓPEZ****CUESTIONARIO**

TEMA: Estimación de la huella de carbono producida por las actividades del hato porcino de la ESPAM-MFL, Ciudad de Calceta

OBJETIVO: Establecer la situación real ambiental del hato porcino

1. ¿Se cuenta con los recursos para operar las actividades del hato porcino?
2. ¿Qué tipo de capacitaciones han recibido de acuerdo a las actividades que realizan en el hato porcino?
3. ¿Se realiza un almacenamiento selectivo de los desechos que se generan en el hato porcino?
4. En caso de emergencia ¿qué tipo de seguridad le ofrece el hato porcino?
5. ¿Conoce usted las normas técnicas de manejo, recolección y disposición final de los desechos inorgánicos y orgánicos?

Anexo 4. Directrices del IPCC

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

La incertidumbre de estas estimaciones es de ±50%.

* Resumido de las *Directrices del IPCC de 1996, 1997*; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH₃ Inventory Draft Report, 2004; y datos de inventarios de GEI del Anexo I que las Partes presentaron ante la Secretaría de la CMNUCC en 2004.

^b La excreción de nitrógeno de los porcinos está basada en una población del país estimada en 90% de porcinos de mercado y 10% de cría.

^c Modificado de la Agencia Europea de Medio Ambiente, 2002.

^d Datos de Hutchings *et al.*, 2001.

Anexo 5.
Registro fotográfico



Ilustración 1. Cerdos alimentándose.

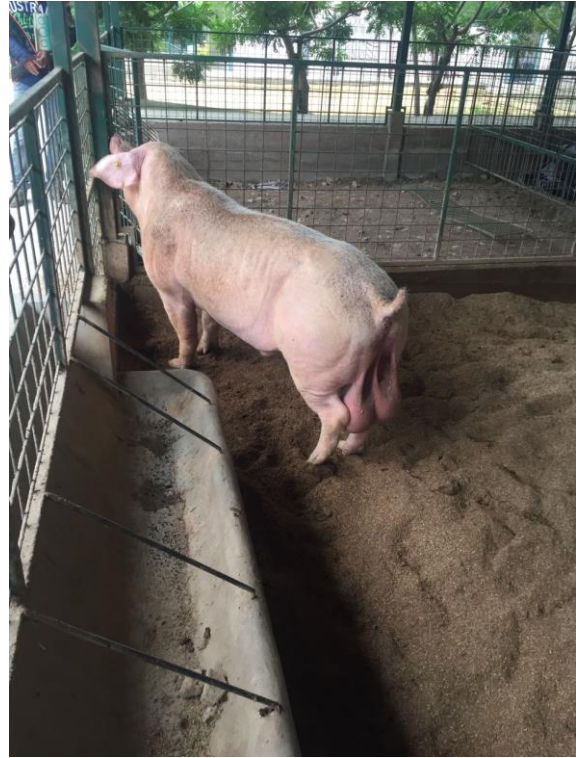


Ilustración 2. Corral de los cerdos.



Ilustración 3. Alimentación diaria de los cerdos.



Ilustración 4. Alimentos (balanceado) de los cerdos.



Ilustración 5. Corral de los cerdos.



Ilustración 6. Crías de cerdos alimentándose.



Ilustración 7. Limpieza y mantenimiento de los pisos.



Ilustración 8. Alimentación de cerdos adultos



Ilustración 9. Inseminación de la cerda.