



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

UNAN Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria, Matagalpa

FAREM Matagalpa



**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCION DE RESIDUOS PROVENIENTES DE LAS
UNIDADES PRODUCTIVAS DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA DE
HONDURAS, SEDE CATACAMAS**

**Tesis para optar al grado de Máster en Producción Animal y Gestión en Sistemas
Ganaderos (PAGSG)**

Autor

Ing. Francisco Antonio Barahona Montalván

Tutor.

Francisco Chavarría Aráuz, PhD.

Matagalpa, octubre 2022

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

UNAN Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria, Matagalpa

FAREM Matagalpa



**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCION DE RESIDUOS PROVENIENTES DE LAS
UNIDADES PRODUCTIVAS DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA DE
HONDURAS, SEDE CATACAMAS**

**Tesis para optar al grado de Máster en Producción Animal y Gestión en Sistemas
Ganaderos (PAGSG)**

Autor

Ing. Francisco Antonio Barahona Montalván

Tutor.

Francisco Chavarría Aráuz, PhD.

Matagalpa, octubre 2022

INDICE

INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
VALORACIÓN DEL TUTOR	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación	6
II. OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivos específicos	7
III. MARCO TEÓRICO	8
3.1 Residuos en la ganadería	8
3.2 Características de los residuos y desechos ganaderos	8
3.3 Aspectos microbiológicos sobre el reciclaje de desechos orgánicos ganaderos ..	9
3.4 Métodos de estimación de residuos y desechos	10
3.5 Gases efecto invernadero	11
3.6 El dióxido de carbono	12
3.7 Emisiones globales de gases con efecto invernadero, diferentes al CO ₂ , provenientes del ganado.	12
3.8 El metano	13
3.9 El óxido nitroso	13

3.10 Animales Rumiantes.....	14
3.11 Animales monogástricos.....	15
3.12 Modelos de predicción de GEI.....	15
3.13 Estrategias y tecnologías para gestión de residuos.....	16
3.14 Manejo de residuos sólidos.....	18
3.15 Estrategias de tratamiento de desechos.....	19
3.16 Manejo de Estiércoles sólidos.....	19
3.16.1 Esparcimiento de estiércol.....	19
3.16.2 Almacenamiento.....	20
3.16.3 Separación de fases.....	21
3.16.4 Tratamientos biológicos.....	22
3.17 Manejo de desechos líquidos.....	23
3.17.1 Utilización de lagunas.....	23
3.17.2 Uso de filtros biológicos o humedales.....	24
IV. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.1 Hipótesis general.....	25
4.2 Hipótesis específicas.....	25
V. VARIABLES EVALUADAS.....	26
VI. DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
6.1 Área de estudio.....	27
6.2. Tipo de estudio.....	27
6.3. Población y muestra.....	28
6.4. Metodología.....	28
6.5. Desarrollo del estudio.....	36
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1 Estimación de residuos provenientes de las unidades pecuarias de la UNAG.....	37

7.2 Generación de GEI en las unidades productivas de la UNAG	42
7.2.1. Emisiones de metano	42
7.2.2 Emisiones de óxido nitroso.....	44
7.3 Gestión de las deyecciones	50
7.3.1 Medidas de reducción en origen	50
7.3.2 Plan de aplicación a suelos y cultivos	51
7.3.3 Tratamientos	51
7.3.4 Separación de fases sólido/líquido	52
7.3.5 Tratamientos de la fracción sólida	52
7.3.6 Tratamiento de la fracción líquida.....	54
7.3.7 Partes del biodigestor instalado	54
7.3.8 Cálculos de requerimientos de volumen del biodigestor Centro de aprendizaje porcino	55
7.3.9 Cálculos de requerimientos de volumen del biodigestor Centro de aprendizaje bovino	56
VIII. CONCLUSIONES	57
IX. RECOMENDACIONES	58
X. BIBLIOGRAFÍA	59
XI. ANEXOS	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista Satelital Catacamas- UNAG-----	27
Figura 2. Ficha técnica de peletizadora -----	53
Figura 3. Partes del biodigestor instalado -----	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables evaluadas -----	26
Cuadro 2. Categorías representativas del ganado -----	29
Cuadro 3. Factores de emisión de metano para la estimación de emisiones en nivel tipo 1 por categoría animal-----	31
Cuadro 4. Valores por defecto para la estimación de emisiones de óxido nitroso en América Latina en nivel 1-----	35
Cuadro 5. Factor de emisión para el cálculo de emisiones de óxido nitroso -----	36
Cuadro 6. Estimación de la generación de residuos provenientes de las diferentes unidades pecuarias de la FMVZ/UNAG -----	39
Cuadro 7. Categorías de la ganadería de abasto de la UNAG con su respectivo número de poblaciones -----	39
Cuadro 8. Categorías y subcategorías de la ganadería de abasto de la UNAG con sus respectivas poblaciones -----	40
Cuadro 9. Emisiones de metano provenientes de la ganadería de abasto de la UNAG -----	43
Cuadro 10. Emisiones de óxido nitroso provenientes de la ganadería de abasto de la UNAG-----	45
Cuadro 11. Emisiones de óxido nitroso provenientes de la ganadería de abasto de la UNAG. -----	47
Cuadro 12. Emisiones de N ₂ O expresadas en Eq CO ₂ para cada categoría animal de la UNAG para un horizonte temporal de 100 años -----	48
Cuadro 13. Total de emisiones de GEI de la ganadería de abasto de la UNAG y su respectivo equivalente de CO ₂ para un horizonte temporal de 100 años-----	49
Cuadro 14. Producción de purines de porcinos y bovinos-----	55

DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso por darme vida, salud, perseverancia, paciencia y voluntad para llegar hasta el final de mí meta anhelada.

A mi esposa y mis hijos por su amor, paciencia, apoyo y comprensión incondicional en cada momento.

AGRADECIMIENTO

A nuestro **DIOS TODO PODEROSO** por nunca dejarme, por siempre tenderme la mano en cada momento de mi vida, por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para seguir adelante.

A mi tutor **Ph. D. Francisco Chavarría** por compartir conmigo sus conocimientos y por su valioso tiempo, apoyo y paciencia para hacer posible la culminación de este trabajo.

A la **UNAN Managua**, Facultad Regional Multidisciplinaria, Matagalpa por permitirme ser parte de su comunidad universitaria y fortalecer mis conocimientos en sus recintos.

VALORACIÓN DEL TUTOR

Me permito presentar ante los honorables miembros del jurado calificador, la Tesis **“Estimación de la producción de residuos provenientes de las unidades productivas de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras, sede Catacamas.”** trabajo elaborado por el Ingeniero Francisco Antonio Barahona Montalván, estudiante de la maestría en Producción Animal y Gestión de Sistemas Ganaderos, que ofrece la Facultad Regional Multidisciplinaria, Matagalpa de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua.

A mi criterio, la tesis cumple los requerimientos del sistema de posgrado de la UNAN Managua, por lo cual pongo en manos del jurado la presente tesis.

Suscribo la presente en la ciudad de Matagalpa, a los 18 días del mes julio del año dos mil veintitrés.

Atentamente,

Francisco Chavarría Aráuz Ph.D.

Tutor

RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende la valoración de la gestión integral de los desechos sólidos y líquidos provenientes de las unidades pecuarias de la Universidad Nacional de Agricultura en Catacamas Olancho, cuyo propósito fue cuantificar claramente las emisiones de GEI que efectúan las unidades de producción animal con el fin de sugerir alternativas para la reducción de dichas emisiones. El nivel de profundidad de la investigación es explicativo, la población fue de 4,020 animales y las muestras fueron tomadas de la población total. La recolección de información se realizó a través de encuesta y listados de verificación, a continuación, se clasificó la información en categorías y sub categorías utilizando los requerimientos para cálculos según Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). La producción institucional de desechos sólidos y líquidos es de 13,088.33 kg diarios y la estimación de Gases de Efecto Invernadero fue realizada utilizando la metodología IPCC con nivel tipo 1 es de 514,839.10 Kg eq CO₂ y muestra que el 78.59% de estas emisiones corresponden a CH₄ y el 21.41% corresponden a N₂O. Las estrategias de mitigación no significan necesariamente que el sistema de producción genere menos desechos, sin embargo, estos pueden ser aprovechados como insumos para mejorar la productividad y, por lo tanto, disminuir las emisiones de GEI por unidad animal producida.

Palabras clave: GEI, reducción, IPCC, emisiones, desechos.

ABSTRACT

The present research work includes the assessment of the integral management of solid and liquid waste from the livestock units of the National University of Agriculture in Catacamas Olancho, whose purpose was to clearly quantify the GHG emissions made by the animal production units in order to suggest alternatives for the reduction of these emissions. The level of depth of research is explanatory examples, the population was 4,020 animals and samples were taken from the total population. Information collection was done through survey and checklists, then the information was classified into categories and sub-categories using the requirements for calculations according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). The institutional production of solid and liquid waste is 13,088.33 kg per day and the estimate of Greenhouse Gases was made using the IPCC methodology with type level 1 is 514,839.10 Kg eq CO₂ and shows that 78.59% of these emissions correspond to CH₄ and 21.41% correspond to N₂O. Mitigation strategies do not necessarily mean that the production system generates less waste, however, these can be used as inputs to improve productivity and, therefore, reduce GHG emissions per animal unit produced.

Keywords: GHG, reduction, IPCC, emissions, waste.

I. INTRODUCCIÓN

La producción animal aporta el 14,5% de las emisiones de GEI de origen antropogénico, de los cuales, el 20 y 41% provienen de los sistemas de producción bovina, destinados a leche y carne, respectivamente (Gerber et al. , 2013). La emisión de metano entérico es la categoría con mayor participación en las emisiones de GEI, proveniente de la producción bovina, representando entre el 43 y 47% (Gerber et al. , 2013). Según (PNUD, 2021) un 0.06% de emisiones de GEI a nivel global y se ha establecido como meta la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en un 16 % para 2030.

La investigación consistió en identificar y cuantificar la producción de residuos en las unidades de producción animal que se encuentran en la Universidad Nacional de Agricultura, la cual es una institución de educación superior dedicada al sector agropecuario, dentro de sus instalaciones cuenta con áreas productivas de diversos tipos de ganado. Bajo este marco se destaca la importancia de generar una base de datos que permita el cálculo de niveles de emisión de gases de efecto invernadero y volumen de desechos producidos por la ganadería de la institución. así como, definir una propuesta de procesos y procedimientos con el fin de mitigar la emisión de GEI en las áreas de producción animal de la UNAG.

Durante el proceso de investigación se utilizó el método descriptivo, el cual tiene el propósito de describir un hecho u objeto de estudio por medio de la indagación y análisis de la realidad, a través de la recolección y análisis de datos se concluye que las unidades de producción no cuentan con procedimientos adecuados para manejar integralmente los residuos, por lo que se recomienda a la dirección de centros de aprendizaje mejorar el control de la recolección y almacenamiento de las deyecciones de las distintas secciones ganaderas, ya que la conversión de desechos orgánicos en subproductos puede representar un aporte en la reducción de GEI, así como una fuente endógena de energía y nutrientes en un sistema de producción animal.

1.1 Planteamiento del Problema

Existe una disciplina específica que se acredita los procesos asociados a la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armonice con las normativas y mejores prácticas de lo referente a la salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y de otras consideraciones ambientales, esta es la gestión integral de los residuos sólidos.

Los residuos sólidos contribuyen también a la contaminación de los ríos y acuíferos subterráneos por la infiltración en el suelo de los lixiviados y por el arrastre de las lluvias, llegando a incidir en la calidad de las aguas marítimas, contaminando las reservas disponibles de agua y provocando el agotamiento de los espacios para disponer los residuos, así como el encarecimiento de los costos de tratamiento, entre otros efectos (Fernandez & Sanchez , 2007).

La problemática del manejo integral de los residuos sólidos está acompañada de oportunidades para el desarrollo sostenible, no sólo por el ahorro de los pasivos ambientales y los gastos en salud, sino también por las ventajas económicas y sociales producidas por la recuperación de materiales comerciales, la generación de nuevas fuentes de empleo y el aumento de la gobernabilidad. El manejo de los residuos sólidos origina también impactos económicos importantes asociados a los costos para su tratamiento y disposición final. La manera de encarar la problemática está relacionada con los conceptos actuales de evitarlos y minimizarlos (Fernández y Sánchez, 2007).

Se cuenta con un amplio estamento legal que rige los procesos y procedimientos requeridos para un manejo adecuados de los residuos sólidos, en la praxis y en lo referente a los sistemas de producción animal existen muy pocas iniciáticas que aborden de manera integral la problemática del manejo de los desechos generados durante el proceso productivo; la Universidad Nacional de Agricultura no es la excepción a esta observación, ya que cuenta con diversos sistemas de ganadería y no existe un sistema especializado y eficiente para tratar sus residuos, se observa que aún existe la generación de gases y otras sustancias derivadas del proceso de descomposición de las fracciones orgánicas y a la combustión espontánea de estos gases, se producen sustancias altamente nocivas para la salud y el medio ambiente.

¿Cuáles son las valoraciones de la gestión de los desechos producidos en los centros de producción animal de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia y que alternativas contribuirían al mejoramiento del manejo de los desechos sólidos y líquidos, así como la reducción de la emisión de GEI?

1.2 Antecedentes

En el estudio “Las emisiones globales de gases de efecto invernadero de los alimentos de origen animal son el doble que las de los alimentos de origen vegetal.” se analizó el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso liberados por la producción y el consumo de alimentos procedentes de la agricultura en tierra. Y descubrieron que, entre 2007 y 2013, las emisiones ascendieron a 17.318 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero equivalentes al CO₂ por año, o el 35 % de todas las emisiones causadas por el hombre.

Se calculó que el 57 % de las emisiones relacionadas con la alimentación procedían de los alimentos de origen animal, incluidos los cultivos para alimentar al ganado, en cambio las plantas cultivadas para el consumo humano generaron el 29 % de las emisiones alimentarias. Las emisiones globales de gases de efecto invernadero de los alimentos de origen animal son el doble que las de los alimentos de origen vegetal (Shun & Jain , 2020).

Actualmente la actividad del sector ganadero se enfrenta a un dilema. Por una parte, se le adjudica la emisión de GEI, de acuerdo con datos de la FAO 2013, debido a que a la producción mundial de carne y leche de bovino se le atribuye la mayoría de las emisiones, pues su contribución es del 41 y el 29 %, respectivamente, de las emisiones generadas por el sector. La producción de carne porcina y de huevos de aves de corral, aportan el 9 y el 8 % de las emisiones del sector. La actividad de producción y elaboración de piensos para la producción animal y la fermentación entérica del proceso de digestión de los animales rumiantes son las dos fuentes principales de emisiones, responsables del 45 y el 39 % de las emisiones del sector. El almacenamiento y tratamiento del estiércol representa el 10 %. La parte restante se atribuye a la elaboración y el transporte de productos pecuarios (Grain, 2010).

El metano es un gas con un potencial de calentamiento 28 veces mayor que el dióxido de carbono (IPCC, 2013) y su tiempo de vida en la atmósfera es de, aproximadamente, diez años (Moss, 2000) con ello, el metano representa una pérdida energética para el animal, que varía entre un 2 y 12% de la energía bruta consumida (Jhonson & Jhonson , 1995).

En este sentido, Honduras se adicionó al Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y, en el año 2015, al Acuerdo de París, comprometiéndose a reducir las emisiones de GEI en 15% para el año (Canu et al., 2018). Por ello es indispensable un proceso colaborativo entre las entidades público y privadas, de ámbitos nacionales e internacionales, y la Academia para cuantificar y mitigar el impacto ambiental de la ganadería.

1.3 Justificación

La investigación de desechos en unidades de producción animal de la Universidad Nacional de Agricultura es muy relevante en el contexto actual de la industria agropecuaria. El sector ganadero representa una actividad económica importante en muchos países, incluyendo a Honduras, sin embargo, el crecimiento de esta actividad ha llevado a un incremento significativo la producción y acumulación de desechos y residuos.

La Universidad Nacional de Agricultura tiene importantes programas de investigación en el área de producción animal y esta tesis de maestría busca contribuir a esta línea de trabajo investigando específicamente los desechos generados en estas unidades de producción. El objetivo de este trabajo es analizar la cantidad y potencial de emisiones de los desechos que se generan en estas unidades, identificar posibles problemas ambientales y de salud pública asociados con su manejo, además, sugerir alternativas para su correcta gestión y disposición.

Es importante destacar que la gestión inadecuada de los desechos de la producción animal puede tener impactos negativos en la calidad del agua y del aire, así como en la salud de las personas y los animales. También puede contribuir al cambio climático, al deterioro del suelo y la biodiversidad. Por lo tanto, esta investigación es necesaria para reducir los riesgos ambientales y garantizar una producción animal sostenible y responsable.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Valorar de manera integral la gestión de los desechos sólidos y líquidos provenientes de las unidades pecuarias de Facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura.

2.2 Objetivos específicos

Estimar generación de residuos provenientes de las diferentes unidades pecuarias de la Facultad medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura.

Cuantificar la generación de los GEI en las unidades productivas de la FMVZ de la Universidad Nacional de Agricultura.

Formular una propuesta de gestión integrada de desechos sólidos y líquidos, con el propósito de generar una reducción en la emisión de gases efecto invernadero.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Residuos en la ganadería

Los residuos son generados por organismos vivos, como desechos de las funciones fisiológicas que éstos realizan, por los fenómenos naturales derivados de los ciclos y por la acción directa del ser humano, donde se encuentran los residuos nocivos para el medio ambiente ya que muchos de ellos tienen efectos negativos en el entorno, lo cual viene dado en muchos casos por la propia naturaleza fisicoquímica de los desechos (Fernandez & Sanchez , 2007).

Rodríguez C. (2002) Menciona que a intensificación ganadera conlleva a una serie de situaciones como son: Concentración de explotaciones en zonas concretas; Concentración de residuos en unas zonas concretas; Concentración en estas zonas de infraestructura de industrias y servicios, mataderos, industrias cárnicas, etc.; Creación de riqueza Estabilidad y aumento de población. A la vez propone que una buena utilización de los residuos ganaderos y una buena redistribución de los mismos, hace que solo podamos considerar como residuos los excedentes que no hemos podido reciclar en el ciclo normal de fertilización orgánica de nuestras tierras de cultivo.

3.2 Características de los residuos y desechos ganaderos

El impacto ambiental, debido a la ganadería, es un tema de gran interés en la actualidad. Recientemente, se ha evaluado el impacto ambiental de los sistemas de producción animal, bajo enfoques integrales, como lo son el de huella de carbono, huella hídrica y ciclo de vida (Steinfeld , 2006).

3.3 Aspectos microbiológicos sobre el reciclaje de desechos orgánicos ganaderos

El aumento de las producciones pecuarias intensivas, ha traído consigo un problema de excretas y de contaminación ambiental. Esta situación puede afectar la salud animal y por consiguiente tiene implicancia en la salud humana, por lo que previamente a la aplicación de cualquier tecnología en reciclaje se requiere una investigación del ecosistema bacteriano para conocer y prevenir riesgos sanitarios eventuales. El tratamiento de los residuos agrícolas y pecuarios, adicionalmente a su beneficio energético por la producción de biogás, tiene un efecto inmediato la descontaminación ambiental y significa, además, una producción adicional de biofertilizante (Chao & Perez, 2003).

Entre los diversos tipos de excretas de animales, las camas de aves y en especial las de pollos parrilleros, constituidas por fecas y orina, material absorbente, restos de alimento y plumas, ofrecen posibilidades significativas de reciclaje: inclusión en raciones, fertilizantes de suelos, lombricultura y otros. Las excretas de aves tienen una gran composición bacteriana, predominando anaerobios facultativos y estrictos, aunque también han sido investigados microorganismos proteolíticos, amonificantes, anaerobios celulolíticos, denitrificantes y fijadores anaeróbicos de nitrógeno, seguido por microorganismos amilolíticos, pectolíticos, sulfito reductores y mineralizantes anaeróbicos del sulfuro (Rodriguez & Beolletto , 1997).

La producción bovina en el trópico, ha causado gran daño ambiental. Este se debe al desarrollo de una ganadería bovina extensiva asentada sobre suelos sin aptitud de uso ganadero. Adicionalmente, en las regiones con suelos de alta fertilidad natural de los países de América Tropical, los cultivos intensivos han desplazado a la ganadería bovina hacia áreas de suelos marginales. Esto, y el manejo deficiente,

han impedido el incremento de los parámetros productivos, manteniéndose actualmente en 50% anual la natalidad en el hato bovino de América Tropical (Botero, 2004).

Dentro de la familia Enterobacteriaceae, también se han comprobado agentes productores de gastroenteritis que no pertenecen a los referidos tipos clásicos enteropatógenos. Estas bacterias pueden adquirir la patogenicidad por transferencia de material genético a partir de las enterobacterias patógenas (Proteus, Klebsiella, Citrobacter y Enterobacter). Por manejo se producen diferencias significativas dentro de un mismo tipo de desechos, aunque el incremento de Salmonella enteritidis en el hombre y medio ambiente sugiere que las aves constituyen un eslabón importante en la cadena infecciosa (Rodríguez & Beolleteo, 1997).

La multiplicidad de factores propios de cada criadero, generan un estado sanitario inherente a cada uno de ellos, el que juega un papel fundamental en la contaminación del mismo, variando en consecuencia, el NMP/g de coliformes totales y coliformes fecales según las especies estudiadas. Teniendo en cuenta que los desechos orgánicos se reciclan con diferentes fines, la presencia de microorganismos patógenos puede afectar la salud animal y en el caso de compostajes y/o lombricultura puede no sólo disminuir la calidad del humus sino también perjudicar su posterior aplicación en suelos (Rodríguez & Beolleteo, 1997).

3.4 Métodos de estimación de residuos y desechos

El bovino adulto defeca de 10 a 15 veces por día, cubriendo 1–1.5 m², generando 20-30 kg/día, elevándose hasta 45 kg. Las deyecciones pecuarias son básicamente el estiércol que se queda en el lugar donde fue expulsado sin ningún tipo de tratamiento. Una vaca normalmente tiene deyecciones del 8% de su peso por lo

cual una vaca de unos 700 kilos defecará 56 kilos estiércol, un kilo de estiércol vacuno puede producir entre 37 a 170 ml de gas metano, durante un periodo de 10 a 18 días (Cruz, 2011).

3.5 Gases efecto invernadero

La atmosfera está compuesta por nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78.1%) y oxígeno (20.9%), más una serie de oligogases como el argón (0.93%), el helio y gases con efecto invernadero como el dióxido de carbono (0.035%) y el ozono, entre otros gases, como ser aquellos con efecto invernadero o gases de invernadero originados de forma natural o como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la tierra, los principales gases considerados con efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) y con distinto potencial de calentamiento global ($EqCO_2$) (Ballesteros & Aristizabal , 2007).

El gas con efecto invernadero es aquel que en la atmósfera actúa como el vidrio en un invernadero: absorbe la energía y el calor del sol que se irradia desde la superficie de la tierra, lo atrapa en la atmósfera y evita que escape al espacio. Este proceso es la razón principal del efecto invernadero que mantiene la temperatura de la tierra más caliente de lo que sería de otra manera, permitiendo que exista la vida en la tierra. Muchos de los GEI se producen naturalmente, pero la actividad humana agrega cantidades considerables (aporte antropogénico), aumentando con ello el efecto invernadero y el calentamiento global (Infografía , 2018).

3.6 El dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) (Braga s.f.). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la actividad ganadera genera aproximadamente 7.1 gigatoneladas de dióxido de carbono al año, 14.5% de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico (Nuñez , 2014).

3.7 Emisiones globales de gases con efecto invernadero, diferentes al CO₂, provenientes del ganado.

El sector pecuario representa una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todo el planeta, al generar dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) a lo largo del proceso productivo. El ganado contribuye con el cambio climático al emitir GEI, bien sea directamente a través de la fermentación entérica o el estiércol o indirectamente por las actividades desarrolladas durante la producción de piensos y la conversión de bosques en pastizales. Se ha calculado, con base en el análisis del ciclo de vida (ACV), que el sector ganadero emite aproximadamente 7.1 gigatoneladas de CO₂-eq/año, o cerca del 18 % del total de las emisiones de los GEI antropogénicas (FAO , 2013).

Según la FAO (2013) y el IPCC (2006) la producción de ganado genera emisiones de metano (CH₄) resultante de la fermentación entérica y emisiones de CH₄ y óxido nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado.

3.8 El metano

Según el IPCC (2006) el metano es un gas de efecto invernadero que se emite a la atmosfera y se origina en algunas actividades antropogénicas. Es una molécula abundante en la atmosfera y altamente radiactiva. Cuando la estructura molecular del metano absorbe un *quinto* de energía su nivel energético incrementa y la sitúa en un estado inestable. Por ello, al cabo de un espacio de tiempo relativamente corto esta energía va a liberarse otra vez a la atmosfera. Este proceso o “*tempus*” retrasa la liberación de energía a la atmosfera y consiguientemente produce calentamiento, que es global y se conoce comúnmente como efecto invernadero. La estructura molecular del CH₄ le confiere un potencial radiactivo 21 veces superior al CO₂.

La ganadería emite CH₄ debido fundamentalmente a los procesos de fermentación anaeróbica que se produce en los diferentes compartimentos de fermentación, en el rumen, mayoritariamente, pero también en otras especies cuyos compartimentos se sitúan a nivel post-gástrico, colónicos (équidos, cerdos) o cecálicos (conejo) (Morazan , 2011).

3.9 El óxido nitroso

El óxido nitroso es un gas incoloro y no inflamable cuya fórmula química es N₂O. Las bacterias producen este gas de forma natural. El sector ganadero y la industria son las principales fuentes antropogénicas de emisión de óxido nitroso. Las emisiones directas de N₂O se producen a través de la nitrificación y desnitrificación combinadas del nitrógeno contenido en el estiércol. La emisión de N₂O del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento depende de su contenido de nitrógeno y de carbono, así como de la duración del almacenamiento y del tipo de tratamiento (IPCC, 2006).

3.10 Animales Rumiantes

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje como: celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales. Entre ellos tenemos a los bovinos, ovinos y caprinos (Morazan , 2011).

Cuando una vaca come, mastica sólo lo suficiente para tragar la comida, esta pasa a los dos primeros estómagos, el rumen y el retículo. El rumen o panza es el estómago más grande, junto con el retículo tienen una capacidad de 200 litros en los animales adultos. Aquí se lleva a cabo la fermentación del alimento por medio de microorganismos que se encargan de hacer digeribles la fibra y los carbohidratos de los forrajes. La actividad ganadera produce entre 15- 20% de la emisión mundial de metano. Los bovinos emiten gas metano porque su proceso digestivo ocurre bajo condiciones anaeróbicas y participan diferentes tipos de bacterias que degradan la celulosa a glucosa, posteriormente fermentan a ácido acético y reducen el dióxido de carbono, formando metano en el proceso (Carmona, 2005).

Las deposiciones fecales, estiércol del bovino están compuestas principalmente por agua y por los elementos no digeridos, ya sea por fibra lignificada indigerible o por granos con cubierta muy firme, o por otras fracciones alimenticias que podrían ser digeridas, pero que no lo son por un pasaje muy rápido por el tracto intestinal, como ser alimentos en partículas muy finas, algunos sectores de fibra del forraje, alimentos muy digestibles, granos enteros, etc.

3.11 Animales monogástricos

Los monogástricos son todos aquellos animales que tienen un estómago simple. Entre las especies domésticas tenemos: equinos, caninos, suinos, felinos, monos, roedores y aves. Dichos animales tienen distintas formas de alimentarse, consumen varias clases de alimentos, también diferentes formas de masticarlos y diferente digestión. Su función es proporcionar al organismo todos los nutrientes que éste necesita para realizar sus funciones vitales, tanto de mantenimiento como de crecimiento (Morazan, 2014)

Hay que tomar en cuenta que en los animales monogástricos hay algunas diferencias en cuanto a las funcionalidades de algunos órganos. El animal típico representante con ciego funcional es el conejo. En estos casos el ciego es una gran bolsa de fermentación que contiene los microorganismos encargados de realizar la digestión microbiana. Este ciego se conecta con el intestino grueso (colon) en su porción distal. En el caso de los animales con colon funcional (el clásico representante es el caballo), el ciego posee reducidas proporciones y en cambio hay un gran ensanchamiento de la porción distal del colon, siendo esta la región donde se aloja los microorganismos formando la cuba de fermentación (UNCuyo, 2005).

3.12 Modelos de predicción de GEI

El cambio climático y las emisiones de gases contaminantes de origen antropogénico a la atmósfera, son temas que resaltan cada vez más y preocupan a la comunidad internacional, en consecuencia, se han desarrollado metodologías para la predicción y estimación de las emisiones de gases con efecto invernadero generadas por las actividades antropogénicas. Actualmente la metodología más utilizada internacionalmente es la implementada por la IPCC (2006). En la cual

establece pautas y lineamientos para la realizar los cálculos correspondientes para la estimación de las emisiones de gases con efecto invernadero.

La ganadería está entre las actividades que son más tomadas en consideración a la hora de hacer estas estimaciones. La producción de ganado puede traer como resultado emisiones de metano (CH₄) resultante de la fermentación entérica, emisiones de CH₄ y de óxido nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Los métodos para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por el ganado requieren definiciones de las subcategorías de ganado, las poblaciones anuales y factores de emisión para cada una de ellas (IPCC, 2006).

Para las estimaciones usando la metodología IPCC (2006) hay que tomar en cuenta que los valores para el cálculo de las emisiones son asignados a cada categoría animal en base a la ubicación geográfica, al propósito y tipo de ganado, entre otros; por tal razón, los resultados van a variar dependiendo en que parte del mundo se realicen los estudios correspondientes. Tomando esto como referencia y dado que estos no cuentan con información para cada tipo de ganado, se han desarrollado modelos de predicción específicos y puntuales para ciertas especies. Se puede hacer mención a los trabajos realizados y publicados por la World Rabbit Science Association (WRSA) parte de (Estelles & Belenguer, 2014) para emisiones en conejos; así como los trabajos de posgrado de Medina *et al.* (2013) y Morazan (2014), realizados en emisiones de GEI en porcinos (cerdas reproductoras y cerdos de cebo, respectivamente).

3.13 Estrategias y tecnologías para gestión de residuos

Para realizar una gestión adecuada de residuos, se han desarrollado diversas biotecnologías para el tratamiento de desechos sólidos y líquidos. En este marco, diversos países han establecido programas de manejo y tecnologías de revalorización con el objetivo de reducir el deterioro ambiental ocasionado por

acumulaciones, buscando que no implique costos excesivos, bajo un contexto de estricta y transparente legislación ambiental (Burton & Turner, 2003).

Para el sector ganadero los residuos orgánicos representan una fuente de nutrientes para el mejoramiento de cultivos y generación de combustibles y fertilizantes; sin embargo, por su alto contenido de metales pesados, también contribuyen a generar impactos negativos en suelo y agua (Petersen , 2007). Esto se agudiza en las unidades de producción intensivas con altas emisiones de olores y contaminantes y el riesgo de esparcimiento de enfermedades entre el ganado (Miller & Berry, 2005).

El establecimiento de estrategias de tratamiento que permitan reciclar nutrientes provenientes de desechos ganaderos representa una alternativa eficaz para reducir problemas de contaminación; sin embargo, deben considerarse características y condiciones ecológicas, socioculturales y económicas de cada ecosistema agrícola (Olymar & Reyes , 2003).

Los mecanismos por los cuales estos sistemas operan pueden ser: a) la estabilización del material orgánico con una relación óptima carbono – nitrógeno (C/N) y la factibilidad de aplicarse a cultivos en el tiempo propicio, b) concentración y transporte en áreas deficientes de nutrientes, c) eliminación de compuestos indeseables tales como emisiones de NH₃ o CH₄, d) valorización del residuo (Petersen , 2007).

3.14 Manejo de residuos sólidos

El manejo de residuos sólidos está compuesto por todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos (Ochoa , 2009).

El manejo de los residuos tienen una cercana relación con la salud de la población, se han presentado tres situaciones principales, la primera referida a la transmisión de enfermedades bacterianas y parasitarias tanto por agentes patógenos transferidos por los residuos como por vectores que se alimentan y reproducen en los residuos; en segundo lugar el riesgo de daños e infecciones ocasionados por los objetos punzo penetrantes que se encuentran en los residuos, esta condición pone en alto riesgo la salud de las personas que recuperan materiales en los vertederos; y en tercer lugar la contaminación ocasionada por la quema de residuos, la cual afecta el sistema respiratorio de los humanos (Contreras, 2008).

Otro de los entornos que afecta el manejo de los residuos es la relación con el ambiente, la afectación de los residuos sobre la tierra, el agua y el aire. La colocación y acumulación de residuos inutiliza las tierras para otros usos; además representa un riesgo para quienes viven cerca de los vertederos y acumulaciones de desechos, debido a los gases que se originan durante el proceso de descomposición; así mismo se contaminan las aguas freáticas con nitratos y metales pesados que se filtran a través de los residuos; se contaminan las aguas de lluvia y las aguas superficiales; la acumulación indiscriminada de residuos puede convertir el agua en no apta para el consumo humano y el desarrollo de la vida acuática; la quema de residuos sólidos ocasiona deterioro del aire conjuntamente con los gases tóxicos generados por la quema de materiales plásticos así como el metano emanado por la descomposición de los residuos sólidos (Contreras, 2008).

3.15 Estrategias de tratamiento de desechos

Existen diferentes metodologías de sistemas de tratamiento para el manejo de residuos sólidos y líquidos, cada una se caracteriza por un método particular de eliminación, concentración, conversión o inmovilización de uno o más de los componentes presentes en el estiércol (Bohm , 2004). Aun cuando no logran por sí mismos alcanzar una completa reducción en la contaminación, los productores tienen otras opciones que, analizadas y combinadas de manera apropiada, podrían conducir a una estrategia de reducción y control de la contaminación a costos mínimos o a la fabricación de productos potencialmente vendibles (Grommen & Verstraete , 2002).

3.16 Manejo de Estiércoles sólidos

Entre las tecnologías aplicadas para el tratamiento de estiércoles frescos y sólidos, las más utilizadas son:

3.16.1 Esparcimiento de estiércol

Aunque la distribución del estiércol fresco a las plantas no es un proceso de tratamiento, representa la alternativa más común y extendida en explotaciones de pequeña escala en países en desarrollo que carecen de recursos económicos y socio culturales para la aplicación de tecnologías y estrictas regulaciones ambientales (Riethmuller , 2003).

Según Velez & Cuevas (2008) en América Latina, esta práctica se ejecuta de manera general en sectores ganaderos de las zonas rurales, donde los sistemas de producción intensivos se han incrementado como un medio de apoyo a la economía

familiar. Los problemas derivados de estas prácticas se atribuyen al alto contenido de nitrógeno (orgánico y amoniacal) y de material orgánico que para los microorganismos del suelo que requieren una proporción determinada de C/N resulta excesiva, lo que origina una elevada demanda de oxígeno (Ocyasa Mediomabiental , 2002).

Esto provoca una bio-disponibilidad limitada de nitrógeno por las plantas que es consumido por los microorganismos, una disminución del pH de suelo causada por la alta demanda de oxígeno acidificación que empobrece y dificulta el desarrollo vegetal (Tamminga, 2003). En regiones con producción excesiva de estiércoles que rebasan los límites legales establecidos para su aplicación a cultivos se recomienda transportarlo a otras áreas, aplicar un tratamiento, ajustar la densidad del ganado o balancear los niveles de nutrientes en las dietas del animal (Sims & Bergstrom, 2005).

3.16.2 Almacenamiento

El almacenamiento de estiércol en fosas por períodos adecuados facilita la eliminación de agentes patógenos presentes en los desechos y permite esperar a que las condiciones de aplicación sean ideales para que las plantas asimilen con mayor eficacia los nutrientes y reducir la posibilidad de contaminación al medio ambiente (Petersen & Henriksen, 2003).

Las instalaciones de manejo y almacenamiento pueden ser diseñadas para permitir mitigar muchos de los problemas ambientales en suelos y agua; sin embargo, cuando la contaminación deriva de una excesiva cantidad de nutrientes en el lugar, esta medida suele ser insuficiente y debe combinarse con otras técnicas de tratamiento como separación, procesos biológicos, desnitrificación o transporte a zonas periféricas (Ocyasa Mediomabiental , 2002).

Aunque el almacenamiento no evita la emisión total de gases invernadero y no permite la utilización bioenergética de la biomasa (Amon , 2006). Es posible reciclar nutrientes con riesgos higiénicos controlados y contenidos de metales pesados que no excedan de los límites autorizados en el suelo (Nicholson & Chambers , 2006).

3.16.3 Separación de fases

La separación de la fase líquida y sólida del estiércol proporciona el manejo de desechos y reduce problemas de almacenamiento y transporte. De esta manera, las partículas sólidas y líquidas pueden ser aprovechadas de manera separada de modo que el productor les aplique un valor agregado. Por su bajo contenido de humedad la fracción sólida puede ser utilizada como compost originando un producto estable de fácil transportación o una vez seca, se puede amontonar y manipular sin olores ofensivos (Sorensen & Thomsen, 2005).

La fracción líquida por su alto valor fertilizante, puede ser aplicada en terrenos distantes sin riesgos de taponamiento en tuberías o bien, puede ser tratada en lagunas de fermentación aeróbicas o anaeróbica. En sistemas biológicos el volumen del material orgánico que se fermenta depende del contenido de sólidos volátiles, demanda biológica de oxígeno (DBO) y población bacteriana; la separación de sólidos presentes en el estiércol fresco trae como resultado una reducción de la carga diaria de SV que ingresan en lagunas y por consecuencia del volumen a tratar (30 a 50 %) lo que incrementa la eficiencia del proceso.

Igualmente se disminuyen los volúmenes de almacenaje desde 6 a 10% de la mezcla (Burak, Orhan, & Turgut, 2005). lo que se refleja en menores costos de construcción, mantenimiento y facilidad en el manejo de residuos. Una desventaja

de esta técnica podría ser la poca rentabilidad en operaciones ganaderas de pequeña escala ante la necesidad de contar con equipo de bombeo y filtros para el manejo de desecho sólidos y líquidos (Campos , 2001).

3.16.4 Tratamientos biológicos

Las aguas residuales y excretas de ganado pueden ser estabilizados mediante tratamientos biológicos aerobios o anaerobios que, en este último caso, la concentración de oxígeno es perjudicial. Estos procesos permiten el aprovechamiento del potencial energético de la biomasa, disminuyen su carga contaminante y generan subproductos estabilizados con valor fertilizante y energético (Soyez & Plickert , 2002).

Entre los tratamientos biológicos más utilizados a escala comercial para el manejo de residuos sólidos ganaderos se encuentra el composteo y la biometanización que se basan en la degradación bioquímica de la fracción orgánica biodegradable del residuo convirtiéndola en una sustancia con características estables e inofensivas desde el punto de vista higiénico y sanitario.

El compostaje en muchas circunstancias es preferido por ser un método fácilmente accesible, rápido y con disponibilidad de diversos tipos de sustratos orgánicos susceptibles a utilizar; el proceso ocurre naturalmente en un ambiente húmedo y cálido y puede ser acelerado con la aplicación de condiciones apropiadas tales como; relación de nutrientes, humedad, superficie de área, temperatura, aireación y pH, población microbiana (Portejole & Dourmard , 2004).

3.17 Manejo de desechos líquidos

Los tratamientos de aguas residuales provenientes de establos también deben ser consideradas para un manejo integral de desechos pecuarios. A pesar de que la separación de las fracciones líquidas del estiércol contribuye de manera significativa a la reducción de su potencial contaminante, el líquido que se queda después de la separación aun representa una amenaza al medio ambiente (Marino & Boland, 1999). En la mayoría de los casos su aplicación cuidadosa al suelo permite la eliminación segura, sin embargo, en condiciones específicas de una granja puede ser poco indicado. Entre las estrategias disponibles para el tratamiento de los desechos líquidos ganaderos se describen:

3.17.1 Utilización de lagunas.

El estiércol líquido antes o después de ser separado de la fracción sólida, puede ser tratado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas. En ambos casos el material orgánico es total o parcialmente mineralizado y parte de los nutrientes se descargan a través de la fase líquida a aguas superficiales o se usan para riego (Craggs & Tanner, 2003).

Al igual que en el proceso de composteo las bacterias oxidan los compuestos contaminantes como los AGVs presentes en el lodo haciéndolo menos ofensivo con menos olores y emisiones de metano durante el almacenamiento y en el momento de la aplicación al suelo; por medio de la nitrificación y desnitrificación subsiguiente, existe una reducción en el contenido de nitrógeno amoniacal, de la demanda biológica de oxígeno (DBO) del lodo y la inactivación de muchos patógenos, aunque no siempre se logra una desinfección completa, los productos finales son CO₂, H₂O y N₂ (Grommen & Verstraete, 2002).

3.17.2 Uso de filtros biológicos o humedales

Forman parte de una alternativa de bajo costo para el tratamiento de aguas residuales de pequeños núcleos urbanos; se fundamentan en el uso de plantas fijadas con grava, de modo que, al escurrir la corriente de agua por sus raíces, las bacterias que se acumulan degradan el material orgánico (García , 1997). Para cualquier sistema incluyendo desechos líquidos ganaderos, pueden idearse como tratamiento terciario después de un tratamiento biológico (lagunas o bio-digestores) obteniéndose mejores niveles de depuración.

Entre otros tratamientos físicos, la eliminación de amoníaco por "stripping" y absorción genera como producto una solución concentrada de sal de amonio que requiere un tratamiento posterior para su utilización; mientras que por la electro-remediación se hace pasar una corriente eléctrica a través de la fase líquida del estiércol que provoca la precipitación de los iones metálicos en el electrodo y permite disminuir la concentración de metales pesados (Dash & Starmans, 2006).

IV. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Hipótesis general

La facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura, Gestiona de manera integral desechos sólidos y líquidos provenientes de las unidades pecuarias.

4.2 Hipótesis específicas

La mayor generación de residuos en la Facultad medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura proviene de la unidad de producción porcina.

La mayor generación de GEI en la Facultad medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura proviene de la unidad de producción porcina.

Se requiere establecer un protocolo de gestión integrada de desechos sólidos y líquidos, con el propósito de generar una reducción en la emisión de gases efecto invernadero.

V. VARIABLES EVALUADAS

Cuadro 1.

Variables Evaluadas

N° De Variable	Variable	Sub Variable	Indicador	Herramienta
1	Estimación de Residuos de las unidades productivas	Categoría animal	producción de heces y orina en Kg/día	muestreo en campo
2	Generación de GEI de las unidades productivas	Emisiones de Metano CH ₄	Producción de CH ₄ en Kg	Datos de campo y Metodología IPCC 2006
		Emisiones de Óxido Nitroso N ₂ O	Producción de N ₂ O en g	Datos de campo y Metodología IPCC 2006

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Área de estudio

La Universidad Nacional de Agricultura fue el escenario de la investigación, esta se localiza a 6 Km de la ciudad de Catacamas, Olancho, a una altitud de 350 msnm, una precipitación promedio anual de 1,350 mm y una temperatura promedio de 24.7°C (Canaca , 2016).

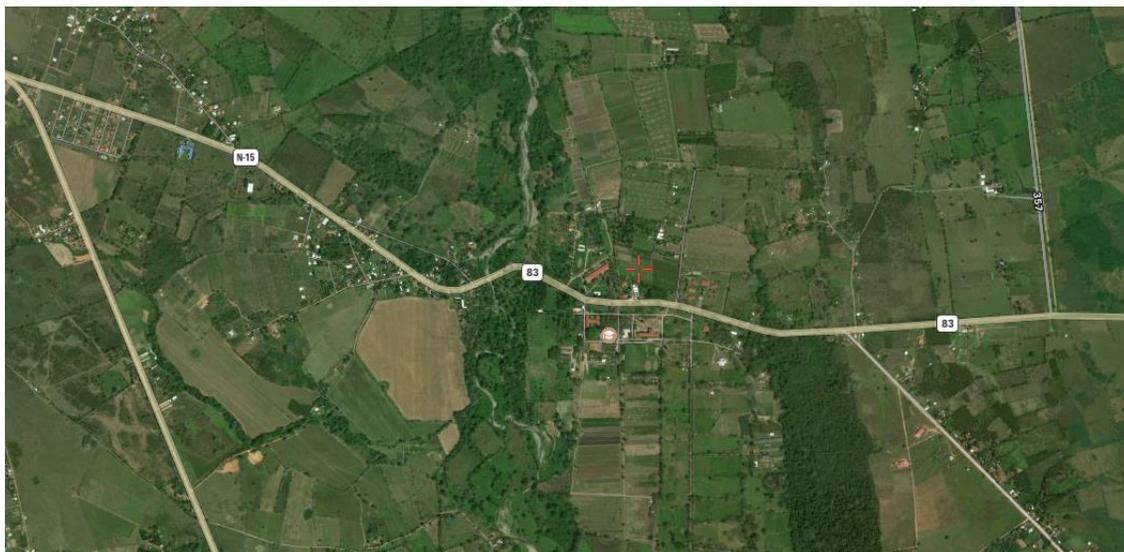


Figura 1. Vista Satelital Catacamas- UNAG

6.2. Tipo de estudio

Por su objeto de estudio es una investigación aplicada, empleando en el proceso una metodología descriptiva, la que registra información de los objetos en estudio mediante herramientas conceptuales y un lenguaje formal. Es de tipo cuantitativo, ya que procura medir, estimar y recolecta datos mediante procedimientos técnicos,

la fuente de información es de campo, obteniéndola directamente del área en estudio y de personal que labora en los sitios observados.

Según su nivel de profundidad es descriptivo, con una temporalidad longitudinal realizando una manipulación de variables no experimental con inferencia deductiva.

6.3. Población y muestra

La información fue recopilada de cuatro centros de producción zotécnica de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura, en Catacamas Olancho, posteriormente la población total de animales fue clasificada en 10 categorías para su análisis, esto se efectuó en un tiempo de 100 días comprendidos los meses de agosto de 2020 a noviembre de 2020.

6.4. Metodología

Se aplicó un instrumento tipo encuesta (véase Anexo 1) con el fin de identificar y cuantificar el ganado presente en la Universidad Nacional de Agricultura, la recolección de datos se realizó visitando las unidades productivas del sector pecuario, utilizando los requerimientos para cálculo según IPCC (2006) clasificando cada categoría y subcategoría animal (véase anexo 1).

Los cálculos se realizaron mediante la aplicación del método de estimación de emisión de GEI establecido como referencia a nivel mundial, es decir, la metodología IPCC (2006), las metodologías de Belenguer *et al.* (2011) y Estellés *et al.* (2014) para emisiones en conejos; trabajos de postgrado de Medina *et al.* (2013) y Morazán (2014) para emisiones de N₂O en cerdos.

La metodología IPCC cuenta con distintos niveles de predicción, cada uno con sus respectivas exigencias (Hongmin, 2006). Se desarrolló con el nivel Tipo 1, siguiendo la metodología aplicada por Madrid (2016), esto con el fin de actualizar la base de datos para los gases problema (CH₄ y N₂O).

Es imprescindible clasificar las poblaciones de ganado en subcategorías de cada especie según edad, tipo de producción y sexo, para mayor precisión en los análisis.

Cuadro 2.

Categorías representativas del ganado

Categorías principales	Subcategorías
Vacas lecheras maduras o hembras de búfalo maduras	Vacas de alta producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche. Vacas de baja producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche.
Otro ganado vacuno maduro o búfalos maduros no lecheros	Hembras: Vacas utilizadas para producir cría para carne Vacas usadas para más de un propósito productivo: leche, carne, tiro Machos: Toros utilizados principalmente con fines reproductivos Bueyes utilizados principalmente para fuerza de tiro
Ganado vacuno en crecimiento o búfalos en crecimiento	Terneros antes del destete Vaquillonas lecheras de reemplazo Ganado vacuno o búfalos en crecimiento / de engorde post-destete Ganado alimentado a corral con dietas
Ovejas maduras	Ovejas reproductoras para cría y producción de lana Ovejas lecheras donde la producción comercial de leche constituya el propósito fundamental
Otros ovinos maduros	No se recomienda mayor subcategorización tiene que ser <1 año
	Machos enteros

Corderos en crecimiento	Castrados Hembras
Porcinos maduros	Cerdas en gestación Cerdas que han parido y están amamantando sus crías Cerdos utilizados con fines reproductivos
Porcinos en crecimiento	Lactantes En terminación Hembras utilizadas con fines reproductivos Machos que se van a utilizar con fines reproductivos
Aves de Corral	Pollos parrilleros criados para producir carne Ponedoras para la producción de huevos, en cuyo caso el estiércol se gestiona con sistemas húmedos (p. ej., lagunas) Aves criadas a campo para producción de huevos o carne
Otros (por ejemplo)	Camélidos Mulas y asnos Llamas, alpacas Pelíferos Conejos Equinos Ciervos Avestruces Gansos
<p>1 Fuente: Grupo de Expertos del IPCC</p> <p>2 Sólo se deben considerar las emisiones respecto a las especies de ganado utilizadas para la producción de alimentos, pienso o materias primas para procesos industriales.</p>	

Siguiendo la metodología IPCC (2006), se presenta el Cuadro 3 y la Ecuación 1 los cuales indican el factor de emisión por especie y fórmula aplicada para estimar el gas metano.

Cuadro 3.

Factores de emisión de metano para la estimación de emisiones en nivel tipo 1 por categoría animal

Categoría Animal	Factores de emisión (EF)	
	EF CH ₄ (Kg/animal/año) por Fermentación Entérica	EF CH ₄ (Kg/animal/año) por Manejo de Estiércol
Bovinos Lecheros	63.00	2.00
Otros Bovinos	56.00	1.00
Búfalos	55.00	2.00
Ovinos	5.00	0.20
Caprinos	5.00	0.22
Equinos	18.00	2.19
Gallinas de Postura	0.02	0.03
Porcinos	1.00	2.00
Conejos	3.30*	0.08
*Factor de emisión en gramos, según los trabajos de Belenguer <i>et al.</i> (2011)		

$$\text{Emisiones} = \text{EF}_{(T)} * \text{N}_{(T)}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular emisiones de metano por categoría animal.

Donde:

Emisiones = emisiones de metano Kg CH₄ por año

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ por animal por año (Cuadro 4)

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

T = especie/categoría de ganado

Para la estimación de emisiones directas e indirectas de óxido nitroso se utilizará las directrices de la IPCC (2006), aplicando los factores de emisión correspondientes para categoría y subcategoría animal a la región de América latina, basados en la temperatura ambiental promedio y los sistemas de gestión de estiércol. Para ello se emplearán ecuaciones y valores preestablecidos que reflejan la tasa de excreción de nitrógeno (N) por animal, contenido de N en estiércol con relación al sistema de gestión de estiércol, emisiones directas y emisiones indirectas.

$$N_{ex(T)} = N_{rate(T)} * \frac{TAM(T)}{1000} * 365$$

Ecuación 2. Fórmula para calcular el N excretado en el estiércol por categoría animal por año.

Donde:

$N_{ex(T)}$ = N excretado en el estiércol por categoría animal T, kg de N por animal por año

$N_{rate(T)}$ = Tasa de excreción por defecto de N por masa, kg N (toneladas masa animal) (Cuadro 4)

$TAM(T)$ = Masa animal típica por categoría animal T, kg animal (Cuadro 4)

T = Categoría animal

El valor de "365" es la constante referente a los días del año y "1000" corresponde a la conversión toneladas a kilogramos.

$$NE_{MS(T)} = (N_{(T)} * N_{ex(T)} * MS_{(S.T)})$$

Ecuación 3. Fórmula para calcular el Nitrógeno total excretado de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal.

Donde:

$NE_{MS(T)}$ = Nitrógeno total excretado de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal, kg N por año

$N_{(T)}$ = Número de cabezas de categoría animal

$N_{ex(T)}$ = N excretado en el estiércol por categoría animal, kg N por animal por año

$MS_{(S,T)}$ = Porcentaje de estiércol tratado en cada sistema S por categoría animal T (Cuadro 4)

T = Categoría animal

S = Sistema de gestión del estiércol (laguna, fango, almacenaje de sólidos, corral de engorde, distribución diaria, digestor, pozo < 1 mes, pozo > 1 mes, otros).

$$\text{Direct Emissions (N}_2\text{O)}_{(T)} = \sum_s [(NE_{MS(T)}) * (EF_{3(S)}) * 44/28]$$

Ecuación 4. Fórmula para calcular las emisiones directas de N_2O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal.

Donde:

Direct Emissions (N_2O)_(T) = Emisiones directas de N_2O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal T, kg N_2O por año

$NE_{MS(T)}$ = Nitrógeno total excretado de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal T, kg N por año

$EF_{3(S)}$ = Factor de emisión para las emisiones directas de N_2O procedentes de cada sistema de gestión del estiércol S, kg N_2O -N/kg N (Cuadro 4)

T = Categoría animal

S = Sistema de gestión del estiércol

$$\text{Indirect Emissions (N}_2\text{O)}_{(T)} = \text{N}_2\text{O}_{\text{GasMS}(S)} + \text{N}_2\text{O}_{\text{LeachMS}(S)}$$

$$\text{N}_{\text{GasMS}(S)} = \sum [\sum [(\text{NEMS}(T)) * (\text{Frac}_{\text{GasMS}}/100)_{(T,S)}]]$$

$$\text{N}_{\text{LeachMS MS}(S)} = \sum [\sum [(\text{NEMS}(T)) * (\text{Frac}_{\text{LeachMS}}/100)_{(T,S)}]]$$

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{GasMS}(S)} = (\text{N}_{\text{GasMS}(S)} * \text{EF}_4) * 44/28$$

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{LeachMS}(S)} = (\text{N}_{\text{LeachMS MS}(S)} * \text{EF}_5) * 44/28$$

Ecuación 5. Fórmula para calcular las Emisiones indirectas de N₂O producidas por la deposición atmosférica de N volatilizado, procedentes de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal.

Donde:

Indirect Emissions (N₂O)_(T) = Emisiones indirectas de N₂O producidas por la deposición atmosférica de N volatilizado, procedentes de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal T, Kg N₂O por año

NE_{MS(T)} = Nitrógeno total excretado de los sistemas de gestión del estiércol por categoría animal T, kg N por año

Frac_{GasMS(S)} = Fracción de los materiales de fertilizantes nitrogenados orgánicos que se volatilizan como NH₃ y NO_x, kg N de cada sistema S (Cuadro 4)

EF₄ = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la deposición atmosférica de N en suelos y superficies acuosas, kg N- N₂O /kg NH₃-N +NO_x-N volatilizado

Frac_{LeachMS} = Fracción de materiales de fertilizante nitrogenado orgánico aplicado que se filtra como NH y NO_x, kg N filtrado/kg of N aplicado (Cuadro 4)

EF₅ = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación y escorrentía de N, kg N₂O N/kg N (Cuadro 3)

T = Categoría animal

S = Sistema de gestión del estiércol.

Cuadro 4.

Valores por defecto para la estimación de emisiones de óxido nitroso en América Latina en nivel 1

Categoría animal	Nrate_(T)	TAM_(T)	MS_(S,T)	EF_{3(S)}	Frac_{GasMS(S)}	EF₄	Frac_{LeachMS}	EF₅
Bovinos Lecheros	0.48	400	0	20	200	10	100	7.5
Otros Bovinos	0.36	305	0.01	5	300	10	100	7.5
Búfalos	0.32	380	0.01	5	400	10	100	7.5
Ovinos	1.17	28	0	5	0	10	100	7.5
Caprinos	1.37	30	0.01	5	0	10	100	7.5
Equinos	0.46	238	0.01	5	0	10	100	7.5
Gallinas de Postura	0.96	1	0.49	20	0	10	100	7.5

IPCC (2006).

Donde:

Nrate_(T) = Tasa de excreción por defecto de nitrógeno por masa, kg de nitrógeno

MS_(S,T) = Porcentaje de estiércol tratado en cada sistema S por categoría animal T

TAM_(T) = Masa animal típica por categoría animal en Kg

EF_{3(S)} = Factor de emisión para las emisiones directas de N₂O procedentes de cada sistema de gestión del estiércol g N₂O-N/g N

Frac_{GasMS(S)} = Fracción de los materiales de fertilizantes nitrogenados orgánicos que se volatilizan como NH₃ y NO_x g N de cada sistema

EF₄ = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la deposición atmosférica de nitrógeno en suelos y superficies acuosas en g

Frac_{Leach} = Fracción de materiales de fertilizante nitrogenado orgánico aplicado que se filtra como NH y NO_x, g N filtrado/g of N aplicado

EF₅ = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación y escorrentía de nitrógeno, g N₂O N/g N

T = Categoría animal

S = Sistema de gestión del estiércol

Para hacer las estimaciones correspondientes en emisiones de óxido nitroso generadas por los conejos se trabajará con los datos publicados por Estellés *et al.* (2014), además, para las emisiones en cerdos se usarán los resultados de Morazán (2014) y para cerdas de cría se utilizará los resultados de Medina *et al.* (2013) (Cuadro 5). Utilizando la fórmula que se empleó para la estimación de emisiones de metano (Ecuación 1).

Cuadro 5.

Factor de emisión para el cálculo de emisiones de óxido nitroso

Categoría Animal	Kg N₂O/año
Conejos	0.022
Cerdos	0.23
Cerdas reproductoras	0.33

a) Estellés et al. 2014, b) Morazán 2014, c) Medina 2013.

6.5. Desarrollo del estudio

Se levantó información a través de visitas y entrevistas a los coordinadores de áreas productivas para conocer la existencia de los distintos tipos de ganado de abasto en las secciones de producción de la Universidad Nacional de Agricultura (Centro de Aprendizaje Integral de Especies Mayores, Centro de Aprendizaje Porcino, Centro de Enseñanza Avícola, Centro Agro Acuícola el Espino y Finca de RRNN), se clasificaron y agruparon en categorías (Cuadro 6), para esto se tomaron en cuenta las recomendaciones de la IPCC (2006) en cuanto a definición de categorías y subcategorías de ganado. Se determinó los niveles de estimación para las emisiones en base a las características e información recabada de las poblaciones ganaderas, dando como resultado la utilización de estimaciones de nivel 1, el cual es un método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Estimación de residuos provenientes de las unidades pecuarias de la UNAG

La ganadería es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero. El mayor aporte de N₂O proviene de las excreciones animales, principalmente líquidas, mientras que el CH₄ proviene principalmente de la fermentación entérica, que es la principal emisión de los sistemas ganaderos, dentro de sus instalaciones la UNAG cuenta con áreas productivas de diversos tipos de ganado, por ende, el propósito es identificar y cuantificar los animales que se encuentran en cada área.

Bajo este marco se destaca la importancia de crear una base de datos de niveles de emisión de gases con efecto invernadero producidos por la ganadería de la Universidad Nacional de Agricultura y con esto definir una propuesta de procesos y procedimientos con el fin de mitigar la emisión de GEI en las áreas de producción animal de la UNAG.

Cuadro 6.

Estimación de la generación de residuos provenientes de las diferentes unidades pecuarias de la FMVZ/UNAG

Categoría animal	Existencias (N° animales)	Orina + heces Kg/día
Bovinos Lecheros	36	1,584
Otros Bovinos*	201	5,025
Búfalos	1	78
Ovinos	88	594
Caprinos	5	32.4
Equinos	22	440
Gallinas de Postura*	2,184	262.08
Cerdas reproductoras	122	1,586.00
Cerdos	1,336	3,475.60
Conejos	25	11.25

En cuadro 6 se presenta la estimación de los residuos generados provenientes de las diferentes unidades pecuarias de la Facultad medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura, denotando que las categorías con mayor producción pertenecen al centro de aprendizaje de especies mayores (bovinos lecheros y otros bovinos), seguido del centro de aprendizaje porcino (cerdas reproductoras y cerdos).

Cuadro 7.

Categorías de la ganadería de abasto de la UNAG con su respectivo número de poblaciones

Categoría animal	Existencias (N° animales)	*Otros bovinos corresponde a todos aquellos animales bovinos cuyo propósito no es la producción de leche (vacas secas, terneros, vaquillas, bovinos para producción de carne). El cuadro 7 es la suma de las categorías (véase cuadro 8).
Bovinos Lecheros	36	
Otros Bovinos*	201	
Búfalos	1	
Ovinos	88	
Caprinos	5	
Equinos	22	
Gallinas de Postura	2,184	
Cerdas reproductoras	122	
Cerdos	1,336	
Conejos	25	

Cabe mencionar que la categoría Otros Bovinos, en 2019 tenía 215 y varió para el 2020 a 201 animales. La categoría Ovinos disminuyó de 92 a 88 debido a la venta de los mismos, se cuenta con 5 caprinos adquiridos recientemente el 2020 ya que no se contaba con ninguno en el 2019. En los equinos murió uno. La población de gallinas de postura también disminuyó de 2,218 a 2,184 animales. Los cerdos aumentaron de 1,327 a 1,336 al igual que los conejos de 9 a 25.

Cuadro 8.

Categorías y subcategorías de la ganadería de abasto de la UNAG con sus respectivas poblaciones

Sección de producción Ganadera de la UNA	Categoría animal	Subcategoría	Existencias (N° animales)
Centro de Aprendizaje Integral de Especies Mayores	Bovinos Lecheros	Vacas en producción de leche	36
		Vaquillas	43
		Terberos	30
	Otros Bovinos	Vacas secas (adultas)	39
		Terteras	27
		Vaquillas	19
		Terberos	19
		Reproductores	7
	Equinos	Equinos Adultos	10
Finca Agroecológica	Otros Bovinos	Vacas secas (adultas)	3
		Toretas	1
		Terberos	2
	Gallinas de Postura	Gallinas	16
Ovinos	Ovejas	10	
Centro Agro acuícola	Otros Bovinos	Vacas secas (adultas)	3
		Vaquillas	2
		Bueyes	4
		Terberos	2
	Búfalo	Búfalo (macho)	1
	Equinos	Equinos Adultos	12
	Cerdos	Cerdos adultos	20
	Gallinas de Postura	Gallinas	60
	Ovinos	Cordero	21
		Carnero	3
Ovejas		15	
Ovejas de primer parto		8	

		Ovejos	31
	Caprinos	Cabras	4
		Padrón	1
	Conejos	Conejos	25
Centro de Aprendizaje Porcino	Cerdas Reproductoras	Cerdas Gestantes	90
		Cerdas Lactantes	22
		Cerdas Vacías	10
	Cerdos	Verracos	12
		Cerdos en crecimiento	1,304
Centro de Enseñanza Avícola	Gallinas de Postura	Gallinas	2,108

En la Universidad Nacional de Agricultura se encuentran categorías tales como ganado vacuno, búfalo, caprinos y ovinos (animales poligástricos), equinos, conejos, porcinos y aves de corral (animales monogástricos), donde se contabilizaron en cada área productiva y manejo de sus deyecciones. Partiendo de los datos recabados (números de animales) y mediante aplicación de las metodologías de emisión propuestas se estimó la emisión de CH₄ y N₂O, realizando también la conversión a equivalentes de CO₂ en un horizonte temporal de 100 años utilizando como factor 21 y 298 EqCO₂ respectivamente, una molécula de CH₄ es igual a 21 moléculas de CO₂ y una molécula de N₂O es igual a 298 moléculas de CO₂

7.2 Generación de GEI en las unidades productivas de la UNAG

7.2.1. Emisiones de metano

Cabe mencionar que por la descomposición del estiércol se produce emisiones de metano, cuando éste se conserva en condiciones anaeróbicas, como por ejemplo en forma líquida en tanques o fosas. Sin embargo, las emisiones de este gas con efecto invernadero son escasas cuando el estiércol se descompone aeróbicamente, como sucede en la superficie de pastos y campos. A nivel entérico, un proceso más de la digestión animal, la emisión de metano se produce por el exhalado o eructado del animal, este proceso tan solo se da en los rumiantes por ser poligástricos, mientras que en los monogástricos la fermentación entérica se da en el intestino grueso por lo que es menor su emisión.

En el Cuadro 9 se puede observar que la categoría animal con mayor cantidad de individuos es aves de postura, sin embargo, debido a ser animales pequeños y con un sistema digestivo monogástrico, sus niveles de emisión son considerablemente más bajos en comparación a las demás categorías, el mayor nivel de emisión corresponde a los rumiantes mayores, específicamente a la categoría de otros bovinos, seguidos de porcino, estos últimos debido a su superioridad numérica en comparación a los bovinos.

En trabajo de Madrid (2016) las emisiones de metano oscilaron en 19,201.86 kg año o 480,046.58 kg CO₂ eq, mayores a las obtenidas en esta actualización (19,267.11 kg año o 404,609.31 kg CO₂ eq), esto es debido probablemente al manejo del estiércol ya que, según información recabada, parte del estiércol es utilizado para fertilización y otra parte se deposita en biodigestor. Por otra parte, también podría deberse al menor número de animales mayores (Otros Bovinos).

Cuadro 9.*Emissiones de metano provenientes de la ganadería de abasto en la UNAG*

Inventario		Factores de emisión para CH ₄ (Kg/animal/año)		Emisiones CH ₄ (Kg/año)			Kg Eq. CO ₂ emitidos por categoría (CH ₄ *21) **
Categoría Animal	N(T)	Fermentación entérica	Manejo de estiércol	Fermentación entérica*N(T)	Manejo de estiércol*N(T)	Total, CH ₄ emitido por categoría	
Bovinos Lecheros	36	63.00	2.00	2,268.00	72.00	2,340.00	49,140.00
Otros Bovinos	201	56.00	1.00	11,256.00	201.00	11,457.00	240,597.00
Búfalos	1	55.00	2.00	55.00	2.00	57.00	1,197.00
Ovinos	88	5.00	0.20	440.00	17.60	457.60	9,609.60
Caprinos	5	5.00	0.22	25.00	1.10	26.10	548.10
Equinos	22	18.00	2.19	396.00	48.18	444.18	9,327.78
Gallinas de Postura	2,184	0.02	0.03	43.68	65.52	109.20	2,293.20
Porcinos	1,458	1	2	1,458.00	2,916	4,374.00	91,854.00
Conejos	25	*3.3	0.08	0.03	2.00	2.03	42.63
Total				15,941.71	3,325.40	19,267.11	404,609.31

*Los valores de los factores de emisión correspondientes a emisiones anuales en conejos están expresadas en gramos (g).

N(T)= Número de animales. Kg/animal/año= Kilogramos emitidos por animal y año.

**Eq.CO₂= Equivalente en dióxido de carbono para un horizonte temporal de 100 años (Total CH₄ emitido en categoría x 21; una molécula de CH₄ es igual a 21 moléculas de CO₂).

7.2.2 Emisiones de óxido nitroso

Después de tabular y ordenar los datos obtenidos se procedió a la realización de las estimaciones mediante la aplicación de métodos de nivel 1, después de aplicar los datos obtenidos a la matriz de cálculos se obtuvieron los siguientes resultados en emisiones de óxido nitroso (Cuadro 10).

Cabe mencionar que la metodología para estimaciones de la IPCC (2006) está basada en datos e información correspondiente para cada categoría animal, correspondiendo a estos, valores por defecto dependiendo de qué región y país del mundo se realicen las estimaciones. Por tal razón, en el Cuadro 10 se muestran valores en 0, debido a que la producción de este gas se da por la desnitrificación del Nitrógeno contenido en el estiércol y la orina del ganado, donde los animales monogástricos no generan este gas a grandes cantidades a diferencia del cerdo, donde produce cantidades dependiendo de las instalaciones y el manejo.

Tomando en cuenta lo anterior, los cálculos efectuados para la estimación de emisiones para las categorías de cerdos en crecimiento, cerdas reproductoras y conejos se utilizaron los datos obtenidos en las investigaciones de Morazán (2014), y Estellés *et al.* (2014). Estos cálculos se efectuaron utilizando la metodología para estimar metano, es decir, un solo factor de emisión (EF_6) (Cuadro 11).

Cuadro 10.

Emisiones de óxido nitroso provenientes de la ganadería de abasto de la UNAG

INVENTARIO		EMISIONES DIRECTAS							EMISIONES INDIRECTAS				
Categoría Animal	$N_{(T)}$	$N_{rate(T)}$	TAM (T)	$N_{ex(T)}$	MS (S, T)	$NE_{MS(T)}$	$EF_3(S)$	Direct Emissions (g N ₂ O)	$Frac_{GasMS(S)}$	EF_4	$Frac_{LeachMS}$	EF_5	Indirect Emissions (g N ₂ O)
Bovinos Lecheros	36	0.48	400	70.08	0.00	0.00	20	0.00	200	10	100	7.5	0.00
Otros Bovinos	201	0.36	305	40.08	0.01	80.55	5	632.93	300	10	100	7.5	4,746.98
Búfalos	1	0.32	380	44.38	0.01	0.44	5	3.49	400	10	100	7.5	33.13
Ovinos	88	1.17	28	11.96	0.00	0.00	5	0.00	0	10	100	7.5	0.00
Caprinos	5	1.37	30	15.00	0.01	0.75	5	5.89	0	10	100	7.5	8.84
Equinos	22	0.46	238	39.96	0.01	8.79	5	69.07	0	10	100	7.5	103.61
Gallinas de Postura	2,184	0.96	1	0.35	0.49	374.98	20	11,785.21	0	10	100	7.5	4,419.46
Total, Emisiones Directas								12,496.60	Total Emisiones Indirectas				9,312.01

(Metodología IPCC 2006)

$N_{(T)}$ = Número de cabezas de categoría animal T.

$N_{ex(T)}$ = Kg de N excretado en el estiércol por categoría animal.

$N_{rate(T)}$ = Tasa de excreción por defecto de N por masa, kg N.

$TAM_{(T)}$ = Masa animal típica por categoría animal en Kg.

$MS_{(S,T)}$ = Porcentaje de estiércol tratado en cada sistema S por categoría animal T.

Direct Emissions = Emisiones directas de N_2O , g N_2O por año.

$NE_{MS(T)}$ = Nitrógeno total excretado de los sistemas de gestión del estiércol en g.

$EF_{3(S)}$ = Factor de emisión para las emisiones directas de N_2O procedentes de cada sistema de gestión del estiércol S, g N_2O -N/g N.

Indirect Emissions (N_2O) $_{(T)}$ = Emisiones indirectas de N_2O , g N_2O por año.

$Frac_{GasMS(S)}$ = Fracción de los materiales de fertilizantes nitrogenados orgánicos que se volatilizan como NH_3 y NO_x , g N de cada sistema S.

EF_4 = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N_2O procedentes de la deposición atmosférica de N en suelos y superficies acuosas en g.

$Frac_{LeachMS}$ = Fracción de materiales de fertilizante nitrogenado orgánico aplicado que se filtra como NH y NO_x , g N filtrado/g of N aplicado.

EF_5 = Factor de emisión para las emisiones indirectas de N_2O procedentes de la lixiviación y escorrentía de N, g N_2O N/g N.

T = Categoría animal.

S = Sistema de gestión del estiércol.

Cuadro 11.

Emisiones de óxido nitroso de la ganadería de abasto de la UNAG

Categoría animal	N(T)	EF₆	Emisión (Kg N₂O/año)	Emis N₂O en Kg eq de CO₂
Cerdas reproductoras	122	0.33	40.26	11,997.48
Cerdos	1,336	0.23	307.28	91,569.44
Conejos	25	0.022	0.55	163.90

(Metodología Estellés 2014, Morazán 2014)

Donde:

N(T)= Número de animales.

EF₆= Factor de emisión para las emisiones indirectas de N

Se contabilizaron el total de las emisiones, de cerdas reproductoras: 40.26 Kg N₂O, 11,997.48 Kg equivalente CO₂; para cerdos 307.28 Kg N₂O, 91,569.44 Kg equivalente CO₂; y para conejos 0.55 Kg N₂O, 163.90 Kg equivalente CO₂ tenemos como resultado total de 361.67 Kg N₂O, estos valores en Kg equivalente de CO₂ emitidos por año por la ganadería de abasto de la Universidad Nacional de Agricultura.

En el Cuadro 12 se muestran los resultados de las emisiones directas e indirectas de Óxido Nitroso expresadas en equivalentes de CO₂ para un horizonte temporal de 100 años para cada categoría animal (Total N₂O emitido por categoría x 298; una molécula de N₂O es igual a 298 moléculas de CO₂).

Cuadro 12.

Emisiones de N₂O expresadas en Eq CO₂ para cada categoría animal para un horizonte temporal de 100 años

Categoría Animal	Emisiones directas Kg Eq. CO₂/año	Emisiones indirectas Kg Eq. CO₂/año	Total de Emisiones kg Eq. CO₂/año
Bovinos Lecheros	0.00	0.00	0.00
Otros Bovinos	188.61	1,414.60	1,603.21
Búfalos	1.04	9.87	10.91
Ovinos	0.00	0.00	0.00
Caprinos	1.76	2.63	4.39
Equinos	20.58	30.88	51.46
Gallinas de Postura	3,511.99	1,317.00	4,828.99
Cerdas reproductoras			11,997.48
Cerdos			91,569.44
Conejos			163.90
Total Kg Eq. CO₂			110,229.79

Dadas las poblaciones de los distintos hatos ganaderos, condiciones ambientales y el manejo de sus deyecciones, los resultados muestran un total de emisiones equivalentes en dióxido de carbono de 110,229.79 kg generadas en el 2019 por la ganadería de abasto de la Universidad Nacional de Agricultura.

El Cuadro 13 muestra un resumen del total de emisiones de metano y óxido nítrico por parte de la ganadería de abasto de la Universidad Nacional de Agricultura, así como sus respectivos equivalentes en dióxido de carbono a un horizonte temporal de 100 años.

Cuadro 13.

Total de emisiones de GEI y su respectivo equivalente de CO₂ para un horizonte temporal de 100 años

Categoría Animal	Total Emisiones Kg/año		Total de emisiones en equivalentes de CO ₂ Kg/año Eq. CO ₂		
	Emisión total CH ₄	Emisión total N ₂ O	Eq. CO ₂ CH ₄	Eq. CO ₂ N ₂ O	Total Eq. CO ₂
Bovinos Lecheros	2,340.00	0.00	49,140.00	0.00	49,140.00
Otros Bovinos	11,457.00	5.38	240,597.00	1,603.21	242,200.21
Búfalos	57.00	0.04	1,197.00	10.91	1,207.91
Ovinos	457.60	0.00	9,609.60	0.00	9,609.60
Caprinos	26.10	0.01	548.10	4.39	552.49
Equinos	444.18	0.17	9,327.78	51.46	9,379.24
Gallinas de Postura	109.20	16.2	2,293.20	4,828.99	7,122.19
Porcinos	4,374.00	347.54	91,854.00	103,566.92	195,420.92
Conejos	2.03	0.55	42.63	163.90	206.53
Total emisiones	19,267.11	369.90	404,609.31	110,229.79	514,839.10

Dadas las poblaciones de los distintos hatos ganaderos, condiciones ambientales y el manejo de sus deyecciones, los resultados muestran un total de emisiones equivalentes en dióxido de carbono de 514,839.10 kg, lo que es igual a 514.84 toneladas de CO₂ generadas en el 2019 por la ganadería de abasto de la Universidad Nacional de Agricultura.

7.3 Gestión de las deyecciones

El tratamiento de los desechos ganaderos es un programa de acciones individuales o colectivas que conduce a la adaptación de la producción de estiércol a las necesidades comprobadas de cultivos de alta calidad en el espacio y el tiempo. En la medida de lo posible, el plan de gestión debe incluir todos los residuos orgánicos generados en el centro de aprendizaje, que también pueden aplicarse a suelos y cultivos para pasar de situaciones competitivas a situaciones donde se aprovechan ventajas complementarias y sinérgicas. El plan de tratamiento debe considerar actividades en tres áreas indicadas en orden de importancia:

7.3.1 Medidas de reducción en origen

Reducción de caudales; Estas medidas son especialmente importantes para los purines de cerdo con un contenido de agua superior al 90 %. Su implementación impactara el ahorro en costos de transporte y mantenimiento. Una medida sencilla que tiene un impacto significativo en esta reducción de costos es utilizar bombas de presión para las actividades de limpieza y así reducir el requerimiento de agua.

Reducir componentes como nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados; A través de la modificación de la dieta del ganado, esto se compensa con la posibilidad de esparcir mayores cantidades de purines fertilizantes en las inmediaciones, reduciendo los costos de transporte. Estas medidas incluyen reducciones en los costos de producción, así como en los costos de tratamiento y procesamiento de fertilizantes. Considerar los costos ambientales es una herramienta importante para determinar la proporción óptima cuando se usan lodos como fertilizante para lograr mayores rendimientos y una mejor calidad del alimento, aumentando así la producción animal.

7.3.2 Plan de aplicación a suelos y cultivos

El plan de aprovechamiento o fertilización deberá elaborarse en base a la composición de los residuos o de los productos obtenidos de los mismos, el mapa de suelos del área de aprovechamiento y las características de los cultivos, clima e información del sistema hidrológico. En la gestión colectiva y centralizada de varios centros de aprendizaje, también se debe considerar su distribución geográfica y la logística de recolección aplicable.

El equilibrio de nutrientes entre el contenido de los residuos ofrecidos y la demanda de la cosecha, las demandas externas de la zona de aplicación del plan y los costos de transporte que las acompañan definen un posible problema al que los tratamientos deben dar solución. Asimismo, el plan de distribución estacional de cultivos incide directamente en el almacenamiento necesario, ya sea en los propios centros de aprendizaje o en almacenes colectivos.

7.3.3 Tratamientos

La estrategia de gestión será una combinación de procesos integrados que tienen como objetivo transformar los residuos en productos de alta calidad bajo intención de satisfacer una demanda. La declaración anterior supone un cambio en la comprensión general de la gestión de residuos y obliga a un cambio en su concepción, donde se priorizan los conceptos de aprovechamiento o creación de nuevos productos a partir de residuos orgánicos. El tratamiento de residuos deberá ser una nueva actividad industrial estratégicamente importante y se utilizará terminología técnica y administrativa que la valore.

7.3.4 Separación de fases sólido/líquido

En la separación de la fracción sólida y líquida de los lodos por filtración a través de un tamiz, al igual que otros métodos de separación de fases, los macronutrientes (N, P, K) se pueden concentrar en la fracción sólida, mejorando la composición del fertilizante resultante; las fracciones líquidas se utilizarán o se procesarán in situ. Los tamices separadores serán dinámicos, con el fin de evitar el bloqueo del tamiz que es uno de los problemas más comunes con los estáticos, el tamaño de poro del tamiz deberá permitir que las partículas sólidas sean retenidas, mientras que la fracción líquida deberá fluir a través del filtro del tamiz y fluir hacia el colector. Por otro lado, tales dispositivos requieren un suministro continuo de purines para evitar que las partículas se sequen.

7.3.5 Tratamientos de la fracción sólida

El tratamiento que se deberá utilizar para la fracción sólida es el compostaje, este es un proceso que consiste en la descomposición biológica aeróbica y la estabilización de sustratos orgánicos, cuyo principal objetivo es obtener un producto final estable, con bajo contenido de humedad y que retenga el máximo porcentaje de los nutrientes del producto inicial y a la vez se logra un peso y volumen inferior al producto original (debido al agua que se evapora durante el compostaje), lo que supone una reducción de los costos de transporte.

Con el propósito de hacer más eficiente el almacenamiento, transporte y manejo de la fracción sólida una vez tratada se sugiere adquirir una máquina peletizadora para procesar la materia en forma de pellets, a continuación, se presenta las especificaciones técnicas:

FICHA TÉCNICA DE PELETIZADORA



Realizado	Velasca	Fecha	1/1/2023
Maquina- equipo	Peletizadora	Ubicación	Tienda/Bodega
Fabricante	Velasca Asia	Seccion	Bodega
Modelo	PEVEL4	Codigo de inventario	

CARACTERISTICAS GENERALES

Peso		Altura	
Ancho		Largo	

Características Técnicas

- Potencia: 4 Hp
- Produccion: 1 - 2 qq/h
- Longitud del pellet: 3 - 8 mm.
- Humedad de materia 15% - 20%



Función

- Materias que puede convertir .
- Todo tipo de harinas.
- Cascarilla.
- Heno.
- Bagazo
- Residuos
- Combinados.

   <p>1.0MM fat, chicks, duckings, birds</p>	   <p>4.0MM (medium) chicken, duck, rabbit, goose</p>
   <p>6.0-8.0MM sheep, pigs, cows, dogs</p>	   <p>7.0MM large livestock</p>

Figura 2. Ficha técnica de peletizadora

7.3.6 Tratamiento de la fracción líquida

La tecnología a utilizar en el tratamiento de purines perteneciente al grupo "tratamiento de fracción líquida". Es un proceso que consiste en la descomposición biológica de la materia orgánica del sustrato en presencia de oxígeno con la correspondiente producción de CO₂ por parte de microorganismos aerobios heterótrofos. El oxígeno se suministra al sistema mezclando el suelo o burbujeando en una piscina de lodo.

Esta limpieza corresponde a la limpieza utilizada en las estaciones depuradoras de aguas residuales, donde también se produce la descomposición aeróbica del carbono orgánico. Este proceso de tratamiento suele utilizarse cuando es necesario reducir el olor de lodos o patógenos antes de su uso agronómico. En regiones frías, puede ser difícil mantener el nivel de ventilación requerido.

Una propuesta viable para la gestión integrada de desechos sólidos y líquidos, con el propósito de generar una reducción en la emisión de gases efecto invernadero, es la implementación de biodigestores en las áreas que presentan un aporte más significativo en la emisión de GEI en la Universidad Nacional de Agricultura. La composición estructural de un biodigestor se describe a continuación:

7.3.7 Partes del biodigestor instalado

A: Recipiente para la mezcla de sustratos

B: Tubería de entrada al biodigestor

C: tanque en el que se digiere la mezcla de agua y estiércol.

D: Cámara de recolección de gas

E: Tubería por donde sale el gas.

F: Tubería de salida

G: Recipiente para recoger la materia orgánica ya digerida. (biol)

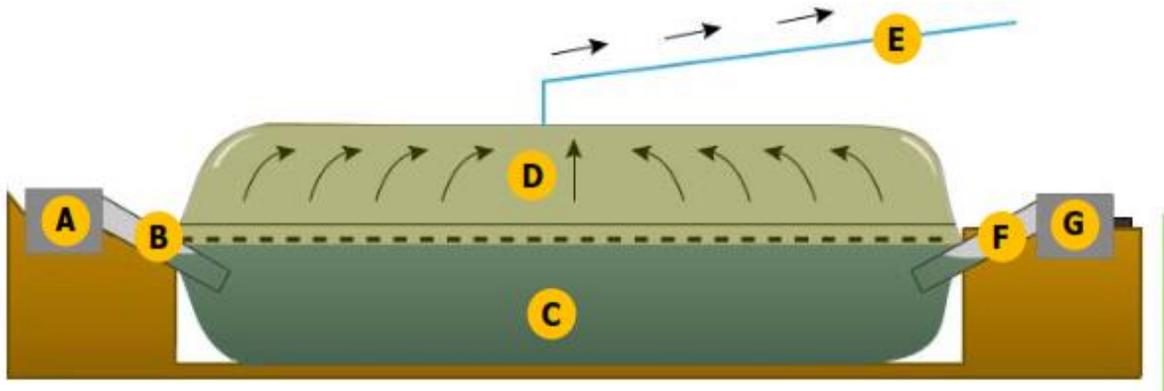


Figura 3. Partes del biodigestor instalado

Fuente: Energía de la biomasa(s.f.)

Cuadro 14.

Producción de purines de porcinos y bovinos

Tipo de animal	Número de animales	Purines Kg/día
Porcinos	1,428	5,061.6
Bovinos	36	1,584

7.3.8 Cálculos de requerimientos de volumen del biodigestor Centro de aprendizaje porcino

Cantidad de animales: 1,428

Estiércol producido en un día: 5,061.6 kg

Días de fermentación: 20

Solución: 2/1

Relación solución/gas: 70/30

Cálculos:

Proporción de la solución 5,061.6Kg cerdaza *2 = 10,123.2Kg de agua

5,061.6Kg de cerdaza + 10,123.2Kg de agua= 15,184.8 litros x 20 días (es el 60% del volumen)

Volumen total requerido por día: **506,160 litros** (303,696 litros de solución y 202,462 litros de gas)

Para procesar esta cantidad de deyecciones se necesita siete biodigestores de 80m³, esto con el propósito de realizar un mejor aprovechamiento y manejo del recurso, se deberá aplicar 723.09 kg de cerdaza diarios a cada biodigestor con una relación de 2:1 (agua, cerdaza), que significa 2,169.26 litros de solución.

7.3.9 Cálculos de requerimientos de volumen del biodigestor Centro de aprendizaje bovino

Cantidad de animales: 36

Estiércol producido en un día: 1,584 kg

Días de fermentación: 20

Solución: 1/1

Relación solución/gas: 70/30

Cálculos:

Proporción de la solución 1,584Kg Vacaza *1 = 1,584Kg de agua

1,584Kg de Vacaza + 1,584Kg de agua= 3,168 litros x 20 días (es el 70% del volumen)

Volumen total requerido por día: **90,514 litros** (63,360 litros de solución y 27,154 litros de gas)

Para procesar esta cantidad de deyecciones se necesita dos biodigestores de 80m³, esto con el propósito de realizar un mejor aprovechamiento y manejo del recurso, se deberá aplicar 792 kg de Vacaza diarios a cada biodigestor con una relación de 1:1 (agua, Vacaza), que significa 1,584 litros de solución.

VIII. CONCLUSIONES

La estimación de la generación de residuos provenientes de las diferentes unidades pecuarias de la Facultad medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura, es de 13,088.33 kg diarios, de estos, 5,334.93 kg son generados por animales manejados en estabulación; 2,210.40 kg por animales semi estabulados y 5,543 kg por animales manejados libres en pastores. El centro porcino aporta el 38.67% y el centro bovino aporta el 50.5% de los residuos generados.

Se estableció el registro de las cantidades de gases con efecto invernadero que son emitidos al medio ambiente por parte de la ganadería, por medio de la aplicación de los diferentes modelos de predicción. Así el nivel de emisión de metano por la ganadería de abasto en la Universidad Nacional de Agricultura asciende a 404,609.31 kg de Eq.CO₂, emitidos principalmente (94.31%) por el ganado bovino y porcino (fermentación entérica y gestión de estiércol). Las emisiones de N₂O asciende a 110,229.79 kg de Eq CO₂ emitido principalmente por la categoría porcinos.

Durante el proceso de investigación se identificó que, las unidades de producción pecuaria estudiadas, no cuentan con estrategias integrales de manejo de desechos y de igual forma carecen de la implementación de acciones para la mitigación de la producción de GEI.

IX. RECOMENDACIONES

Las unidades productivas deben aprovechar sus residuos como fuente de nitrógeno ya sea como fertilizante o como fuente proteína en la alimentación animal, esto reducirá significativamente los costos de producción en alimentación y en adquisición de fertilizantes químicos.

La dirección de los centros de aprendizaje, deberá realizar un mejor control para la recolección y almacenamiento de las deyecciones (estiércol) de las distintas secciones ganaderas de la Universidad para que sean aprovechados, el caso de la Finca Agroecológica donde se encuentra un biodigestor para la utilización del gas metano.

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, deberá establecer un protocolo de monitoreo permanente de generación de gases y purines en los sistemas de producción animal de la Universidad Nacional de Agricultura, así como el contraste con un estudio de la fijación de carbono en las áreas productivas.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abdul, A. (2018). Sustainable biogas production from agrowaste and effluents promising step for small scale industry income. .
- Amon , B. (2006). Methane nitrous oxide and ammonis emissions during storage and after applications of diary cattle slurry and influence os slurry treatment.
- Ballesteros , H. B., & Aristizabal , G. L. (2007). Informacion tecnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climatico . Bogota .
- Bohm , R. (2004). Hygienic safety in organic waste management. Resource recovery and reuse in organic soild waste management. London.
- Burak, D., Orhan, Y., & Turgut, T. (2005). Anaerobic treatmen of dairy wastewasters.
- Burton , C. H., & Turner, C. (2003). Manuremanagement. Treatment strategies for sustainable agriculture. UK.
- Campos , P. (2001). Optimizacion de la digestion anaerobica de purines de cerdo mediante la codigestion con residuos organicos de la industria agroalimentaria. Tesis Doctoral. . Lleida España .
- Canaca , L. (2016). Departamento de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Agricultura. Honduras.
- Canu et al. (2018). Nama for a Low Carbon and Climate Resilient Livestock Sector in Honduras. .
- Carmona, J. C. (2005). El gas metano en la produccion ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de ciencias pecuarias. .
- Chao, R., & Perez, A. (2003). Utilizacion del biogas en un semi-internado de primaria. Impacto Social .
- Cherubini , F. (2011). Cycle assessment of bioenergy systems state of the art and future challengs. Biosegury Technology.

- Contreras, S. (2008). Evaluacion de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad, el caso de desechos solidos. Sartander, Colombia.
- Craggs, R. J., & Tanner, C. C. (2003). Dairy farm wastewater treatment by an advance pond system. Water science and technology .
- Cruz, M. R. (2011). El estiércol, material de desecho o provecho. Dpto de Biodiversidad y Ecología Animal. .
- Dash , J., & Starmans, D. A. (2006). Electroremediation of heavy metals from liquid manure (Vol. II Danish Institute of Agricultural Science.). Technology for recycling of manure and organic residues in a whole farms perspective.
- Estelles , F., & Belenguer, J. (2014). Evaluation of calcium superphosphate as an additive to reduce gas emissions from rabbit manure.
- FAO . (2013). Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. Mitigacion de las emisiones de gases de efecto invernadero en la produccion ganadera.
- Fernandez , A., & Sanchez , M. (2007). Guia para la gestion integral de los residuos solidos urbanos .
- Garcia , J. (1997). Depuracion de aguas residuales mediante humedales construidos. Tecnologia del agua.
- Gerber et al. . (2013). Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería. Evolución global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la alimentacion y la ganadería (FAO). Roma Italia.
- Grain. (2010). Campo y crisis climatica. Soberania alimentaria. Bioseguridad y culturas. . Barcelona España .
- Grommen , R., & Verstraete , W. (2002). Enviromental biotechnology: The ongoing guest biotechnology.
- Infografia . (2018). Emisiones de gases de efecto invernadero por pais y sector . Europa .

- IPCC. (2006). (Panel Interbubernamental del Cambio Climatico). Emisiones resultantes de la gestion del ganado y del estiercol.
- Jhonson , K., & Jhonson , D. (1995). Methane emissions from cattle. .
- Lohuis , H. (1990). Does liquid manure spread weed and bacteria.
- Marino , M., & Boland, J. (1999). An integrated approach to wastewater treatment.
- Miller, D. N., & Berry, E. D. (2005). Cattle feedlot soil moisture and manure content. Impacts on greenhouse gases, odor, compounds nitrogen losed and just.
- Morazan , H. J. (2011). Optimizacion de la produccion de metano a partirde purines de cerdo: utilizacion de subproductos agricolas. Thesis, Mag Sc. Universite de Zaragoza. España.
- Morazan, H. J. (2014). Emision de amoniaco (NH₃) y gases con efecto invernadero (CH₄ Y NO₂) en cerdos en crecimiento: efectodel nivel de proteina y fibra de la racion. Tesis Doctoral. Lerida España.
- Moss, A. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warning.
- .
- Nicholson , F. A., & Chambers , B. J. (2006). Quntifying heavy metal inpunts to agricultural soils in englands and wales. Technology for recycling of manure and organic residues agricultural sciences.
- Nuñez , L. D. (2014). Ganaderia bovina y emisiones de gases de efecto invernadero .
- Ochoa , O. (2009). Recoleccion y disposicion final de los desechos solidos, zona metropolitana .
- Ocyasa Mediomabiental , S. L. (2002). Proyecto industria ganadera de Cantabria. Ingenieria Ambiental.
- Olymar , M., & Reyes , E. (2003). Tecnologias Limpias aplicadas en la agricultura.
- Petersen , S. O. (2007). Recycling of livestock manure in whole farm perspective. livestock science.

- Petersen , S. O., & Henriksen, K. (2003). Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: fate effects of organic contaminants and impact on soil fertility.
- PNUD. (2021). Climate promise. America Latina y el Caribe. Proporción de emisiones globales de GEI. Objetivo de reducción de emisiones para 2030.
- Portejole , S., & Dourmard , J. K. (2004). Effects of lowering crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs.
- Riethmuller , P. (2003). The social impact of livestock: A developing country perspective, Animal journal.
- Rodriguez , C. (2002). Curso de Introduccion a la Produccion Animal. Residuos Ganaderos. La intensificacion ganadera como proceso de produccion de residuos. .
- Rodriguez, C., & Beolleteo , V. (1997). Evaluacion bacteriologica en desechos organicos pecuario. Aves, porcinos y bovinos. (Vol. 9). Revista agronomica NOA .
- Sahakian , A. B., & Pimentel , M. (2009). Methane in the gastrointestinal tract.
- Shun , S., & Jain , A. (2020). Investigating wetland and nonwetland soil methane emissions and sinks across the contiguous United States using a land surface model.
- Sims , J. T., & Bergstrom, B. T. (2005). Nutrient management for intensive animal agriculture. Policies and practices for sustainability.
- Sorensen, P., & Thomsen, I. K. (2005). Separation of pig slurry and plant utilization and loss nitrogen .
- Soyez, K., & Plickert , S. (2002). Mechanical biological pre treatment of waste. State of the art and potentials of biotechnology.
- Steinfeld , H. (2006). Livestock's long shadow - Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Tamminga, S. (2003). Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production.

Tchoblanogous , G., Theisen , H., & Vigil , S. (1998). Gestion integral de los residuos solidios . Mexico .

UNCuyo. (2005). Universidad Nacional de Cuyo, AR. Facultad de ciencias agrarias, Anatomia y fisiologia de los sistemas digestivos.

Velez, C., & Cuevas, G. (2008). Diseño de un plan de gestion para los residuos solidos generados por el sector ganadero. Ingenieria sanitaria ambiental . Chihuahua, Mexico .

XI. ANEXOS

Anexo 1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA Indicaciones: A continuación, se le presenta la siguiente encuesta, la cual tiene como objetivo estudiar y analizar el uso de los residuos ganaderos. Seleccione con un guion la respuesta que considere correcta, agradecemos la mayor sinceridad en sus respuestas. Seleccione la opción que usted considere correcta.

Datos generales

Nombre.

_____.

Ubicación.

_____.

Fecha,

_____.

Teléfono.

_____.

Área _____ dedicada a _____ cerdos.

_____ Topografía de su terreno: Plano _____ Quebrado _____ Ambas _____ Distancia de la ciudad de Catacamas. _____.

Coordenadas.

X _____ Y _____.

Cantidad de vacas que posee. _____ y toros _____.

_____ Alojamiento e instalaciones

1 ¿Cuenta con instalaciones para los bovinos?

Si _____ no _____

2 ¿Si su respuesta es no? ¿en dónde aloja los bovinos?

A

3 ¿Cuál es el material base del que está construida su granja? Concreto
_____ Ladrillo _____ Bloque
_____ Madera _____ Otros

4 ¿Qué tipo de piso posee su granja?
Concreto _____ Tierra _____ Arena

5 ¿Cuánta área de construcción tiene?
A

6 ¿Su granja tiene cerco perimetral?
Si _____ no _____

7 ¿De qué tipo de material está construido?
Concreto _____ Ladrillo
_____ Bloque
_____ Madera
_____ Cerco de alambre de púas
_____ Malla _____ Otros

8 ¿De qué tipo de material es el techo?
Alucín _____ Asbesto
_____ Zinc _____
Teja _____ Paja
_____ Otros

9 ¿Cuenta con bodega para:
Concentrados _____
Productos veterinarios _____
Herramientas _____
Químicos _____

Todos juntos _____

No tiene _____

10 ¿si su respuesta es no? ¿Dónde guarda los insumos?

A _____

11 ¿tiene cuadra de monta?

Si _____ no _____

12 ¿si su respuesta es no? ¿Dónde realiza la monta?

A _____

13 ¿posee sistemas de tratamiento para los residuos de su granja?

Si _____ no _____

14 ¿Qué hace con ellos?

Aguas _____

Solidos _____

15 ¿Cuánta basura en residuos genera diariamente?

16 ¿Tiene quejas por malos olores en su granja?

17 ¿Cantidad de bovinos que posee la granja?

18 ¿Estaría dispuesto a utilizar los residuos de una manera más eficiente?

Manejo sanitario

19 ¿tiene pediluvio?

Si _____ no _____

20 ¿hace desinfección de instalaciones?

Si _____ no _____

21 ¿restringe l entrada de personas ajenas al manejo de la granja?

Si _____ no _____

22 ¿Cada cuánto hace la limpieza del alojamiento de los bovinos?

Diario _____

cada tres días _____

Cada semana _____

cada 15 días _____

Cada 22 _____

cada mes _____

Nunca _____