



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Emisión de Metano Proveniente del Estiércol de Ganado Vacuno,
Actividad de Producción Lechera, a Pequeña Escala,
Samegua, Moquegua - 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Quicaño Maquera, Brenda Paola (ORCID: 0000-0002-8102-0497)

ASESOR:

Mgtr. Honores Balcázar, César Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Se lo dedico en primer lugar a Dios por ser el inspirador y fortaleza en todo momento.

A mis padres por su constante amor, trabajo, sacrificio y apoyo en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, son los mejores padres.

A mi hermana y a mi familia por estar siempre presentes acompañándome a lo largo de esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi asesor de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, al Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi por guiar esta investigación y formar parte de otro objetivo alcanzado.

A mis padres quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	18
3.6. Método de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información pecuaria de vacunos: población, cantidad y valor - Samegua ...	8
Tabla 2. Comparación de las emisiones del INGEI en el sector Agricultura	9
Tabla 3. Composición química del estiércol vacuno (%)	10
Tabla 4. Instrumentos utilizados en la investigación	17
Tabla 5. Digestibilidad del pienso diferenciada por tipo de crianza	23
Tabla 6. Valores promedio in situ del vacuno lechero en producción.....	28
Tabla 7. Valores promedio in situ del vacuno lechero en seca	29
Tabla 8. Valores in situ de la dieta alimenticia del ganado lechero en extensivo	29
Tabla 9. Valores in situ del vacuno lechero en producción	30
Tabla 10. Valores in situ del vacuno lechero en seca	31
Tabla 11. Valores in situ de la dieta alimenticia del ganado lechero en mixto.....	31
Tabla 12. Constantes utilizadas para el ganado vacuno lechero	33
Tabla 13. Valores promedio respecto a la EB y VS de las vacas lecheras en producción.....	34
Tabla 14. Valores promedio respecto a la EB y VS de las vacas lecheras en seca...34	34
Tabla 15. Valores promedios totales de la EB, VS por sistema de alimentación	35
Tabla 16. Determinación del factor de emisión de CH ₄ por fundo para vacas lecheras.....	37
Tabla 17. Resumen de la determinación del factor de emisión de CH ₄ para vacas lecheras.....	39
Tabla 18. Diferencias de los valores de emisiones de CH ₄ por sistema de alimentación	40
Tabla 19. Resumen de las emisiones de CH ₄ obtenido por sistema de alimentación mediante el IPCC	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las fases del estudio.	19
Figura 2. Uso de la cinta métrica bovina.	22
Figura 3. Diagrama de procedimiento para la obtención de las emisiones de metano.	26
Figura 4. Comparación de los promedios de la Energía Bruta (EB) respecto a las vacas lecheras.	36
Figura 5. Comparación de los promedios de deyección de Sólidos Volátiles por día sobre la base de la materia orgánica seca (VS).....	37
Figura 6. Comparación de los promedios por fundo del factor de emisión de CH ₄ para vacas lecheras.	38
Figura 7. Comparación de los promedios del Factor de Emisión CH ₄ resultantes del estiércol vacuno.	40
Figura 8. Comparación de las emisiones de CH ₄ por sistema de alimentación.	41
Figura 9. Comparación de las emisiones totales de metano.	43

RESUMEN

El trabajo investigativo tiene por objetivo el de estimar la emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera en Samegua; para ello se procesó y analizó información de 14 fundos, comprendiendo cuatro sectores: Cerrillos, Totoral, El Crucero y Tucumán, diferenciados por el sistema de alimentación (extensivo y mixto); la información colectada in situ corresponde a los factores físicos por fundo de 127 cabezas de ganado respecto al peso vivo, producción de leche, contenido graso, cantidad de crías producidas, ración alimenticia y manejo de estiércol. Se estimaron los niveles de emisión por medio de las directrices del IPCC en el nivel 2 (Tier 2) aplicando el software, introduciendo datos in situ y coeficientes predeterminados.

Con relación a los resultados de las emisiones totales se determinó la Energía Bruta (EB - MJ/día), digestibilidad (DE %) y Tasa de Excreción de Sólidos Volátiles (TSV - kg VS/día) proveniente del estiércol, para un extensivo los valores fueron de 358.07578, 50 , 9.6416 y en el sistema mixto fueron de 253.02966, 65, 5.1183, estos indicadores fueron primordiales para la determinación del factor de emisión de CH₄ reportándose valores de 1.4482 y 2.7281 kg CH₄/fundo/año para el sistema extensivo y mixto respectivamente; sobre la emisión total de metano se reportó el valor final de 0.00028338 Gg CH₄/año, expresado en kg sería de 283.38 kg CH₄/año. Se concluye que existe diferencias significativas en los sistemas, teniendo valores elevados en el extensivo respecto al mixto, los valores reportados han sido regulados por el tipo de crianza, ración alimenticia, peso, manejo del estiércol, condiciones climáticas.

Palabras clave: Metano, estiércol, ganadería, software IPCC

ABSTRACT

The objective of the research work is to estimate the emission of methane from cattle manure, a dairy production activity in Samegua; For this, information from 14 farms was processed and analyzed, comprising four sectors: Cerrillos, Totoral, El Crucero and Tucumán, differentiated by the feeding system (extensive and mixed); The information collected in situ corresponds to the physical factors per farm of 127 head of cattle with respect to live weight, milk production, fat content, number of offspring produced, feed ration and manure management. IPCC guidelines at level 2 (Tier 2) applying the software, entering in situ data and predetermined coefficients.

In relation to the results of the total emissions, the Gross Energy (EB - MJ/day), digestibility (DE %) and the excretion rate of Volatile Solids (TSV - kg VS / day) from manure were determined, for an extensive the values were 358.07578, 50, 9.6416 and in the mixed system they were 253.02966, 65, 5.1183, these indicators were essential for determining the CH₄ emission factor, reporting values of 1.4482 and 2.7281 kg CH₄ / I found / year for the extensive system and mixed respectively; on the total methane emission the final value of 0.00028338 Gg CH₄/year was reported, expressed in kg would be 283.38 kg CH₄/year. It is concluded that there are significant differences in the systems, having high values in the extensive compared to the mixed, the reported values have been regulated by the type of breeding, food ration, weight, manure management, climatic conditions.

Keywords: Methane, manure, livestock, IPCC software

I. INTRODUCCIÓN

La variación climática está generando estragos en los ecosistemas del planeta tierra, forja complicaciones al bienestar social actual y de las futuras generaciones que enfrentan los países a nivel mundial. (Convención Marco sobre el Cambio Climático [CMCC], 2009, p. 6).

Los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) afectantes a la atmósfera son: el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los denominados clorofluorocarbonados (Fernández, García, y Gómez, 2007, p. 1). Es necesario conocer que el CH_4 es uno de los gases de la atmósfera más importante después del CO_2 debido a las emisiones antropogénicas al globo terráqueo, el CH_4 tiene propiedades radiactivas consideradas de alta capacidad, ya que absorbe la energía infrarroja, de tal forma que contribuye al cambio climático (Reátegui, 2014, p. 9).

Cabe mencionar que el sector pecuario es uno de los más contribuyentes en las emisiones totales de origen antropogénico considerado también como uno de los sectores que puede incidir en la mitigación de dichas emisiones, por ende, se debe proponer medidas para efectuar la aplicación de estrategias para reducir impactos a nivel global (FAO, 2010, p. 1).

En muchos países, el ganado es la principal fuente de CH_4 debido a su gran población y al sistema digestivo que presentan los rumiantes, lo que conduce a altas tasas de emisión. Las principales fuentes por la que se genera el metano son la fermentación entérica, la producción de heces y la descomposición anaeróbica del estiércol [(PCC, 2006, p.37).

La gestión del estiércol del vacuno es una de las acciones preocupantes a nivel global ya que es de un elevado impacto en los GEI, generando en su gran mayoría el CH_4 representando el 60 % y el CO_2 el 39 % (Bekkering, Broekhuis, y Van Gemert, 2010, p. 450). En la actualidad el estiércol del ganado vacuno impacta en los sistemas de producción agroindustrial sea por el manejo, almacenamiento, transporte, los

nutrientes y componentes hidrológicos (Pinos et al., 2012, p. 3). Maqueda et al. (2005, p. 5), menciona que en los últimos años hubo una crecida en la generación de emisiones por parte del sector agropecuario, esto se debe al aumento poblacional y a la demanda de producción de carne, leche.

La comunidad científica considera que el aumento de los GEI en la superficie está provocando variaciones climáticas. El CH₄ tiene significancia por ser 23 veces más potencial que el CO₂ y tiene entre sus primordiales fuentes de emisión a la agricultura, distribución de energía y vertido de residuos sólidos (Fernández, García, y Gómez, 2007, p. 1).

Moquegua ha tenido un incremento en el sector ganadero, lo cual se puede evidenciar en los anuarios estadísticos que emite la Gerencia Regional de Agricultura. La actividad rumiante es responsable del 18 % de las emisiones totales producto de la actividad fermentativa (metano), el manejo de estiércol (óxido nitroso y metano) (IPCC, 2006, p. 19).

Ante lo expuesto, con respecto a la formulación del problema, surge la siguiente cuestión, **problema general:** ¿Cuál será la cantidad de emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua? mediante el cual se desglosan los siguientes **problemas específicos:** ¿Cómo los factores físicos contribuyen en la emisión de CH₄ en los sistemas de alimentación en condiciones de Samegua?, ¿Cuál es el factor de emisión proveniente del estiércol del ganado vacuno lechero de acuerdo al sistema de alimentación a pequeña escala bajo el software IPCC a nivel TIER 2?, ¿Existirán diferencias entre los valores de las emisiones de CH₄ entre los sistemas de alimentación extensivo y mixto en condiciones de Samegua, Moquegua?

La presente investigación tiene el **objetivo general** de estimar la emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua. Y se tiene como **objetivos específicos:** Describir los factores físicos involucrados en la emisión de CH₄ en los sistemas de

alimentación en condiciones de Samegua; Determinar el factor de emisión proveniente del estiércol del ganado vacuno lechero de acuerdo al sistema de alimentación a pequeña escala bajo el software IPCC a nivel TIER 2 y Determinar las diferencias entre los valores de las emisiones de CH₄ en los sistemas de alimentación extensivo y mixto en condiciones de Samegua, Moquegua.

La justificación de la investigación es teórica ya que aborda el desarrollo del conocimiento, asimismo se plasmó la importancia de desarrollar el tema en lo social, económico y ambiental; en ese entender la estimación de los valores de emisión del metano generado por el ganado vacuno proveniente de excretas (bosta y orina) es necesaria, ya que no ha sido estudiado, ni elaborado en la región Moquegua, lo que permitiría ampliar conocimientos sobre esta problemática a nivel local para posteriormente obtener un registro útil para el inventario regional y/o nacional de GEI. Desde lo social permitirá que los ciudadanos y autoridades tomen acciones respecto al hecho de optimizar los sistemas de alimentación sea para aprovechar mejor la producción de leche, crianza y mejorar la actividad pecuaria integralmente de tal manera que se mejore la condición de vida del agricultor. Desde lo económico, servirá como información para la formulación de proyectos sobre la captura del gas metano que permita posteriormente a la instalación de Biogás en Moquegua. Desde el punto ambiental, la estimación de la emisión del CH₄ proveniente del manejo del estiércol brindará información de índole crítico para conocer los niveles de emisión en dos sistemas de alimentación de tal forma que también se identificará los principales factores que influyen en la emisión de dichos valores de CH₄ relacionados con la fisiología del ganado vacuno y la gestión del estiércol el cual permita óptimamente plantear medidas correctivas y reducir los efectos negativos provenientes de dicho gas.

II. MARCO TEÓRICO

Se tomo a bien de revisar trabajos relacionados a la emisión de metano producto del ganado vacuno resultante de la gestión del estiércol, a fin de tener un mejor panorama del trabajo desarrollado.

La investigación presenta como antecedentes internacionales a Luque (2016), en su investigación tuvo como objetivo el de determinar la relación entre la cantidad poblacional del ganado vacuno y las emisiones de CH₄, en un lapso de 10 años en Ecuador. El estudio se realizó en la población total de ganado vacuno en la provincia de Manabí desde el año 2004 a 2013. Se aplicaron las guías y directrices emitidas por el IPCC 2006, efectuando el uso del software en su versión 2.10 en un nivel 1 (Tier 1). los resultados exportados sobre el factor de emisión para la fermentación entérica se tiene un promedio de 51.4 kg CH₄/fundo/año y para la gestión del estiércol de 2 kg CH₄/cabeza/año ambos para vacas lecheras, sobre las emisiones totales para el caso de la fermentación entérica se tiene un valor de 287.724 Gg y para la gestión del estiércol de 7,217 Gg de CH₄. Se concluye que existe un aumento de las emisiones de metano, a causa del incremento de la población de ganado bovino.

En particular Villareal et al, (2016) en su investigación tuvo el objetivo de estimar las emisiones de gas metano procedentes de la ganadería lechera en un sistema familiar en México. Se intervino 124 cabezas de vacas Holstein solo en producción. El cálculo del metano se realizó dos veces al día al momento del ordeño (AM y PM) por 14 días. Los análisis de los resultados se realizaron mediante estadística descriptiva. Las emisiones de CH₄ promedio fueron de 18.9, 18.2, 14.6, 18.0 y 18.3 kg MS/vaca/día y 477, 419, y 415, 405 y 404 g CH₄/vaca/día para los cinco establos en los cuales realizaron las evaluaciones. La diferencia observada en las emisiones de CH₄ entre vacas del establo que produjo mayor y menor emisión se debió al comportamiento del ganado, cantidad de los ingredientes y composición de la dieta, así como el manejo nutricional en cada establo, clima, entre otros factores.

También se cita la investigación de Delgado y Pinargote (2015), quien tuvo como objetivo el de evaluar niveles de metano generado por el estiércol vacuno utilizando el software IPCC 1996 y biodigestores tipo salchicha en Manabí, Ecuador. La metodología utilizada incluye dos variables: estiércol vacuno y emisión de metano. Los resultados utilizando el software IPCC fueron para el ganado no lechero del 33.33 % equivalente a 2 Gg de CH₄ y para el ganado lechero de 66.67 % equivalente a 4 Gg de CH₄ y en los análisis en el laboratorio utilizando biodigestores tipo salchicha poseen los valores de 49.97 % de emisión en ganado no lechero y el 47.51 % de emisión del ganado lechero. Se concluye que existe una similitud en los resultados y están en el rango de aceptación de niveles de gas metano por estiércol.

Finalmente, Núñez. et al, (2015) determina en su investigación la estimación de la emisión de CH₄ del ganado lechero en explotaciones lecheras de la Región Lagunera, México. Los valores obtenidos se analizaron por medio de la estadística descriptiva y análisis de correlación. En cada establo se colectaron tres muestras de manera aleatoria de 8 kg de ración. La ración de la dieta alimenticia se analizó mediante los procedimientos de Goering y Van Soest del año 1970. Se obtuvieron datos de proteína cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y carbohidratos no fermentables. Las estimaciones de CH₄ denotaron cifras de 0.325 a 0.468 g/día para vacas en producción, 0.205 a 0.291 g/día para vacas secas, 0.152 a 0.269 g/día para vaquillas y 0.076 a 0.163 g/día para terneras.

Para los antecedentes nacionales se cita a Ocas (2019), quien en su objetivo de su investigación ha estimado las emisiones de metano en vacas lecheras Holstein y Brown Swiss utilizando dos tipos de alimento (pienso y pienso más concentrado) en Cajamarca. Se utilizó el software LIFE SIM (Dairy 15.1). Se aplicó de bloques con un arreglo factorial 2x2 en cuatro repeticiones. Siendo la raza Holstein la que más emisión genera con un valor de 305.818 kg CH₄/vaca/año, con una diferencia de 54,698 kg CH₄ sobre la raza Brown Swiss; se encontró diferencias en la emisión según la edad del vacuno lechero.

Asimismo, Lipa (2017), tuvo como objetivo el de evaluar la emisión de metano producido mediante el pastoreo (pasto con ensilado) y con suplementación de concentrado en “La Raya” a 4 300 m.s.n.m. durante época seca, la investigación corresponde a una investigación cuantitativa de correlacional causa-efecto aplicando el método del SF₆; el aporte de metano generado por el vacuno provisionándole solo ensilado fue de 578.71 g/día y para el vacuno provisionado por suplementación de concentrado fue de 407.07 g/día, expresado en litros por día para el vacuno provisionado por solo ensilado fue de 882.54 l/día y el vacuno con consumo en concentrado fue de 620.77 l/día; no se han encontrado diferencias significativas entre los vacunos diferenciados por la dieta alimenticia ($p < 0.05$).

Por otro lado, Reátegui (2014) tuvo como objetivo el de cuantificar la emisión de gas metano producto de las excretas por medio de la aplicación de ecuaciones numéricas proporcionadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático en condiciones climáticas de Majes, Arequipa, efectuándolo en un nivel 2. Se utilizó un diseño al azar usando el software SASv9.0, en la que se obtuvo datos de la tasa de sólidos volátiles de excreción, digestibilidad y energía bruta proveniente de las excretas en el sistema estabulado reportando una emisión de 0.99 ± 0.13 y para el sistema semi estabulado una emisión de 1.16 ± 0.15 kg de CH₄/vacuno/año. Los resultados fueron manipulados por la dieta alimenticia, digestibilidad, así como el manejo del estiércol por establo.

También se tiene la investigación de Luperdi (2015) tuvo como objetivo en su investigación el de relacionar la emisión de CH₄ fermentativo con la composición de la dieta alimenticia de las vacas lecheras bajo el sistema estabulado y convencional (extensivo) en la irrigación Majes – Arequipa; lo que se ha relacionado fue la proteína cruda, proteína sobre pasante, proteína degradable, Energía neta de lactancia (ENL), fibra cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y porcentaje de digestibilidad del pienso, aplicando el IPCC, considerando en el estudio 10 establos ganaderos de los dos sistemas de alimentación, usando la prueba de regresión encontrándose el siguiente resultado: para el sistema estabulado la correlación entre proteína cruda y CH₄ la ecuación de regresión fue de $0.0672x + 20.029$ y un valor de

$R^2 = 0.0472$, para el sistema extensivo fue de $y = 0.1059x + 11.228$ con un valor de $R^2 = 0.0683$, respecto a la relación entre la digestibilidad (DE %) y el metano fue de $y = 0.0396x + 70.112$ y con un $R^2 = 0.0065$, para el sistema extensivo de $y = -0.0403x + 66.225$ y un $R^2 = 0.0087$ para el sistema estabulado, en la que se halló la relación directa, en el caso del sistema extensivo se encontró relación inversa. Se finaliza aduciendo que la relación entre la composición nutricional en vacas lecheras sobre el factor de emisión ruminal es precaria en los dos sistemas de alimentación, además bajo ello se indica que la emisión de CH_4 tiene una complicada interacción sobre condiciones y factores diversos.

En esta misma línea, se cita la investigación de Vilca (2015), la investigación tuvo como objetivo general, evaluar el efecto del concentrado fibroso en la alimentación sobre las emisiones de metano entérico (CH_4) en vacas lecheras en condiciones de altura; la muestra estuvo conformada por un lote de 24 vacas lecheras, distribuidas en dos grupos de 12 vacas. Los datos fueron probados mediante el ensayo de comparación de medias con t Student, los resultados de la estimación de metano indican que son mayor para vacas suplementadas ($P < 0.00001$) teniendo 368.67 ± 22.06 vs. 325.25 ± 15.55 g CH_4 /día/vaca, 742.38 ± 26.69 vs. 809.48 ± 38.69 L CH_4 /día/vaca. A partir de los resultados se concluye que los concentrados fibrosos reducen las emisiones de CH_4 entérico en vacas.

En el marco conceptual, para comprender mejor el propósito de la investigación es de importancia conceptualizar hechos que fortalezcas el estudio mencionando el campo agropecuario, Gases de Efecto Invernadero (GEI), el gas metano y la actividad ganadera y los procedimientos sobre el IPCC.

El sub sector pecuario representa en promedio el 40 % del Valor Bruto sobre el sector agropecuario, asimismo en el año 2015 la máxima producción de vacuno en peso vivo se registró en la región Cajamarca y el mayor rendimiento vacuno en Moquegua; la actividad ganadera se efectúa en la costa, sierra y selva, en base a las condiciones geográficas se definen las características de los diversos tipos de sistemas de

alimentación (MINAGRI, 2017, p. 5). La ganadería vacuna es una actividad con repercusión socio económico de gran índole sobre el desempeño agrícola desarrollada en todo el mundo, dicha actividad ha sido cuestionada fuertemente en los últimos 10 años por su desempeño productivo y su impacto al ambiente (Mahecha, Gallego, y Peláez, 2002, p. 1).

A nivel local la región Moquegua cuenta con 5638 y a nivel del distrito de Samegua cuenta con 184 cabezas de ganado vacuno lechero respectivamente, la GRAM realiza los censos de vacuno a nivel local el cual permite conocer año a año la población pecuaria (Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, 2020, p. 116):

Tabla 1. Información pecuaria de vacunos: población, cantidad y valor - Samegua

Año	Ámbito	Población total	Vacas lecheras	Leche Fresca	
				Total (litros)	S/. X Litros
2020	Región Moquegua	24,411	5,638	17,616.92	1.55
	Provincia Mariscal Nieto	12,750	3,831	12,365.56	1.58
	Distrito de Samegua	499	184	607.66	1.55
2019	Región Moquegua	24,369	5,671	17,576.62	1.50
	Provincia Mariscal Nieto	11,957	3,848	12,354.56	1.48
	Distrito de Samegua	255	189	622.24	1.50
2018	Región Moquegua	21,522	5,436	16,965.59	1.50
	Provincia Mariscal Nieto	8,883	3,568	11,480.71	1.48
	Distrito de Samegua	528	180	609.46	1.50

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura (2020, p. 116)

La actividad pecuaria se clasifica en dos sistemas alimenticios grandes: la ganadería convencional el cual implica un estilo agrícola agresivo contra las parcelas por sobre presión y el ambiente, en las que la cosecha en su mayoría es únicamente de alfalfa para el ganado y existe la ganadería sostenible (racional) el cual implica en usar el suelo rotativamente de tal forma que sosteniblemente sea el consumo por predio pecuario el mismo también permita que la naturaleza se regenere (reponer lo consumido para nuevamente iniciar con el consumo) (Rúa, 2011, p. 4).

Por otro lado, el ganado vacuno tiene un sistema gástrico con la fortaleza de convertir el material fibroso y aprovecharlo en alimentos de alta calidad nutricional sea en la

leche y carne, pero desdichadamente por sus características propias del sistema digestivo, el vacuno también produce metano un gas aportante a los GEI, contribuyendo así el 18 % al calentamiento global ocasionado por las actividades cotidianas de la gestión del ganado y estiércol (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2005, p. 2).

Los GEI que instituye el protocolo de Kioto son el: CO₂, CH₄, N₂O, hidrofluorocarbonos (CFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Solórzano, 2003, p. 2). Algunos de estos gases en mención han logrado valores elevados en los años noventa respecto a las últimas diez décadas por la actividad de la quema de combustibles de la descomposición orgánica y por el cambio del uso de la tierra (Laguna, 2002, p. 5), citado por (Delgado y Pinargote, 2015, p. 18).

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en el año 2016, las emisiones estimadas del Perú fueron de 205,294.17 Gg CO₂ eq., comprendiendo valores reportados del sector energía, procesos industriales, residuos sólidos, agricultura; las emisiones de GEI del sector agrario (ganado, tierras, fuentes agregadas) fueron de 25,910.29 GgCO₂eq, representado el 12.62 % del total de emisiones a nivel nacional (INGEI, 2021, p. 11). La principal fuente de emisión en el sector agrícola es la actividad de producción ganadera sobre la generación de metano por medio de la fermentación entérica con un reporte de 11,462.85 GgCO₂eq representando un 44.24 % y el manejo del estiércol con un reporte de 246.03 GgCO₂eq representando el 2.40 % del total, siendo la tercera actividad más aportante del sector; Se sabe que el sector agrario tiene un aumento significativo de las emisiones en los últimos dieciséis años (INGEI, 2021, p. 28), tal comparación se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 2. Comparación de las emisiones del INGEI en el sector Agricultura

Sector	año	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]
Agricultura	2000	62,195.69
	2005	67,528.27
	2012	84,585.25

	2014	91,918.69
	2016	96,302.88
Aumento de emisión GEI en 16 años		34,107.19

Fuente: INGEI (2021, p. 11)

El CH₄ es un GEI con un potencial de Calentamiento Global 23 veces más elevado que el CO₂. Las actividades agrícolas sobre todo el manejo del ganado vacuno aporta a la acumulación del metano, tanto por fermentación entérica y descomposición anaeróbica de sus excretas (Moss, et al., 2000, p. 30) citado por (Guzmán y Sager, 2013, p. 4).

Se sabe que el estiércol vacuno en los sistemas pecuarios produce un alto índice de impacto ambiental desde el proceso de la limpieza en los comederos, el almacenamiento, control, transporte y distribución en el corral debido a la emanación de excretas (bosta y orina), tales generando emisiones de gases contaminantes como el metano y óxido nitroso (Méndez, 2019, p. 14).

En la siguiente tabla se muestra la composición química del estiércol que en su mayoría se compone por materia orgánica, a su vez minerales y micronutrientes que proporcionan al excremento un uso potenciado en las propiedades fisicoquímicas de los suelos.

Tabla 3. *Composición química del estiércol vacuno (%)*

Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Humedad
36.1 %	1.51 %	1.20 %	1.51 %	3.21 %	0.53 %	25.5 %

Fuente: García, et al. (2009, p. 36)

Al enfocarnos en la ganadería como uno de los responsables de la emisión atmosférica, debemos conocer los procesos biológicos y los factores que están influyendo en la emisión de estos. Este aspecto es muy importante y relevante, ya que nos ayudaría a visualizar una posible vía de reducción en las emisiones (Clark, 2009, p. 71).

Es necesario desarrollar estrategias que controlen la generación de emisiones de metano en la ganadería, para iniciar el desarrollo de estrategias se debe efectuar la cuantificación de las emisiones bajo un amplio rango de circunstancias. El CH₄ puede ser evaluado por múltiples formas para efectuar la medición de las emisiones, se puede utilizar las siguientes técnicas: uso de un software, espectroscopia infrarroja cromatografía de gas, espectroscopia de masa, técnicas de diodo laser, técnica calorimétrica que comprende a las cámaras cerradas, caja en la cabeza o capuchas ventiladas y mascarar faciales, la técnica con trazadores que comprende a los trazadores isótopos y no isótopos (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2005 p. 11).

También existen los métodos fermentativos in vitro respecto a estudios nutricionales y fisiológicos en rumiantes, la más conocida es la Tilley y Terry implementada en 1963; asimismo la otra técnica es la del rumen artificial (RUSITEC) con similitud de las características del ecosistema ruminal (Carmona, Bolívar, y Giraldo, 2005 p. 11).

Finalmente la técnica de estimación de los GEI utilizando ecuaciones de predicción que se han desarrollado en un inicio en 1960 por Wolin el cual permite calcular las emisiones de metano; así mismo el Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC desarrolló una versión revisada en el año 1996 para inventarios nacionales el cual brinda metodologías acordadas internacionalmente, el desarrollo del manual se da gracias a la invitación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC teniendo en cuenta el trabajo pertinente conforme a la Convención y al Protocolo de Kyoto; actualmente se cuenta con las directrices de 2006 y un software que se actualiza por año (Eggleston, et al., 2006, p. 10).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo aplicada, ya que soluciona problemas prácticos. Este tipo de estudio investigación busca recabar conocimientos previos antes de plasmar una solución al problema de modo práctico, específico, real y útil (Espinoza y Toscano, 2015, p. 30).

Cabe mencionar que la investigación aplicada suministra datos y material investigativo, permite descubrir problemas no resueltos y crear desafíos de investigación, asimismo, el desenvolvimiento de nuevas técnicas de instrumentación y medición (Gersbach, Sorger, y Amon, 2018, p. 438). De tal forma que es motivada a la aplicación inmediata mediante acciones específicas para enfrentar dicho problema (Chávez, 2007, p. 134).

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, se define así al estudio donde no se puede manipular las variables deliberadamente, eso quiere decir que se observan los fenómenos tal como se muestran en su contexto natural, para en lo posterior analizarlo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 149).

Es necesario mencionar que este diseño de la presente investigación no determina cambios deliberados en las variables, no existe la relación causa - efecto, de tal forma no requiriendo hacer un experimento sino tan solo registrar los datos tal como se dan en la realidad en el diagnóstico para posteriormente hacer la propuesta (Hernández y Mendoza, 2018, p. 213).

El tipo de estudio es descriptivo, ya que se describen los datos y características de lo que se pretende estudiar. Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014), “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p. 63).

En la presente investigación se describió los parámetros físicos del ganado vacuno, se obtuvo los valores del factor de emisión y finalmente los niveles de emisión de metano mediante la aplicación del software. En ese sentido el diseño empleado descriptivo utiliza los estudios a la solución de un problema puntual con el fin de ampliar procedimientos y/o conocimientos (Marroquín, 2012, p. 4).

3.2. Variables y operacionalización

Según Villasís y Miranda (2016, p. 3), las variables en un estudio investigativo son todo aquello que se mide, también la información que se recolecta o los datos que se obtienen con el fin de responder preguntas investigativas, las mismas que se expresan en los objetivos.

Al ser una investigación descriptiva contiene una variable 1 y una variable 2.

En la actual investigación se tiene las siguientes variables (ver anexo N° 1):

- Variable uno: Metano
- Variable dos: Estiércol

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

Para la presente investigación se consideró en base al último anuario estadístico del Gobierno Regional de Moquegua el cual menciona que existe una población de ganado vacuno lechero en el distrito de Tamegua de 184 cabezas. Dicha población se ha contrastado con el conteo personal de la visita previa realizada a los diferentes fundos del valle de Samegua (Gerencia Regional de Agricultura Moquegua, 2020, p. 116).

“Población se refiere a un grupo de individuos, elementos o fenómenos en quienes puede mostrarse una determinada característica accesible a ser estudiada” (Carrillo Flores, 2015, p. 5).

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación estuvo conformada por 125 cabezas de ganado vacuno lechero, la muestra se obtuvo a través de la fórmula estadística utilizando un margen de error del 5 %.

Fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{(N - 1)E^2 + Z^2 * P * Q}$$

En dónde:

n = Tamaño de muestra

Z = Valor z curva normal (1.96)

P = Probabilidad de éxito (0.50)

Q = Probabilidad de fracaso (0.50)

N = Población (184)

E = Error muestral (0.05)

Sustituyendo la fórmula:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50 * 184}{(184 - 1) 0.05^2 + 1.96^2 * 0.50 * 0.50}$$

$$n = 125$$

Según Bornstein, Jager, y Putnick (2013), señala que “la muestra es un sub grupo obtenido por medio de la población, la cual debe ser representativa y se da porque no fijamos los recursos (tiempo, dinero o personal) para evaluar a toda la población de interés” (p. 358).

3.3.3. Muestreo

El muestreo utilizado fue un muestreo probabilístico aleatorio simple, ya que se utilizaron muestras homogéneas, con la misma similitud para que pueda ser contrastada con otras investigaciones.

Según Otzen y Manterola, (2017, p. 2), “la técnica de muestreo probabilístico aleatorio simple, garantiza que todos los individuos que componen la población, tienen la misma probabilidad de selección de un sujeto a estudio “x” mediante una selección al azar.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis en la investigación fue la cabeza de ganado vacuno de la actividad lechera, según Krippendorf (1990, p. 81), “Las unidades de muestreo son las unidades materiales que, en su conjunto, conforman la realidad a investigar y que deben, en algún momento ser recogidas y conservadas para permitir el estudio, asimismo son fundamentales para realizar el muestreo, ya que de aquí se extrae el universo de unidades muestrales”

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se empleó la técnica de observación durante la investigación; la cual según Tamayo (2003, p. 182) indica que el tesista puede llevar la recolección de datos por medio de su propia observación.

La técnica de recolección de datos basada en la observación es un procedimiento en el cual recoge información observable respecto a un determinado aspecto de interés y mediante un procedimiento establecido, debe ser inequívoco y estructurado de tal forma que los datos sean con uniformidad y comparables para un posterior análisis estadístico (Hueso y Cascant, 2012, p. 25).

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de la investigación en mención se usaron los instrumentos que se describen a continuación:

Para el levantamiento de información se aplicó una ficha de registro de datos (ver anexo 2, ficha de registro de datos) en la cual se consideraron datos observados, la misma contempla el promedio del pesaje de ganado (ver anexo 8 para información

detallada), disposición final del estiércol, producción de leche, dieta alimenticia entre otros (ver anexo 2). Por otro lado, se tuvo a bien de utilizar una ficha de registro de peso vivo por individuo (ver anexo 2 sobre registro de pesos, para información detallada) y para el pesaje del ganado se utilizó una cinta métrica para vacuno.

En primer lugar, se aplicó la ficha de recolección de datos considerando el tipo de crianza, la ración alimenticia, su distribución diaria en el corral y almacenaje de las excretas (sólido, líquido, laguna anaeróbica no cubierta o uso de biodigestor).

En segundo lugar, se efectuó la revisión bibliográfica sobre la cuantificación de CH₄ en ganado rumiante tanto a nivel internacional y en regiones del Perú con similares condiciones geográficas, así mismo se utilizó el programa del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC 2006) para computar los niveles de metano mediante la inclusión de factores físicos, uso de coeficientes y valores predeterminados.

Según Gallardo, (2016, p. 28), la ficha de observación nos da los parámetros para la realización de la observación.

3.4.3. Validez

3.4.3.1. Validación del instrumento

Para la validez de los instrumentos, se detalla lo siguiente:

Para la obtención de datos confiables el instrumento (ficha de recolección de datos) fue sometido a la evaluación por medio del juicio de expertos de tres especialistas de la Universidad Cesar Vallejo obteniendo el certificado de validación de instrumentos de investigación con una ponderación promedio del 78 % (muy buena), la cual permite obtener una opinión de sujetos expertos en el tema que permite su aplicación.

Además, se usó una cinta métrica para bovino el cual facilitó el registro del peso vivo de cada cabeza de vaca lechera y el software que permitió procesar los datos en campo, en conjunto con los coeficientes y ecuaciones proporcionados por las

directrices del IPCC se obtuvo los datos finales, se explica en los siguientes ítems la aplicabilidad de cada uno:

a) Uso de la cinta métrica para vacuno

Para la obtención de datos sobre el peso corporal del ganado vacuno en estudio se efectuó la medición mediante el perímetro torácico con una cinta métrica graduada y se solicitó el acompañamiento de un técnico agropecuario de SENASA para utilizar de manera correcta la cinta bovina, el especialista emitió un documento de validación de datos (ver anexo 3, peso según la cinta bovina). La cinta métrica tuvo la finalidad de determinar el peso aproximado de una vaca lechera; el dato obtenido se compara con la tabla la misma que se puede apreciar en la sección de procedimientos (Stamm y Burch, 1965, p. 53).

b) Uso del Software

El programa del Panel Intergubernamental del Cambio Climático según el Grupo de Apoyo Técnico del IPCC sobre Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero UATINGEI (2019, pág. 5), menciona que la intención de este programa es efectuar metodologías del IPCC por medio de ecuaciones para brindar valores aportantes a los inventarios nacionales de GEI. La orientación del software es facilitar el llenado de las hojas de trabajo en base al manual del Panel Intergubernamental empleando datos de la actividad en campo, coeficientes y los factores de emisión que se determinan usando el programa. Asimismo, el programa es compatible con otras funciones relacionadas con la administración de bases de datos, control de calidad, la exportación de datos o importación, así como la orientación de informes.

Tabla 4. Instrumentos utilizados en la investigación

INSTRUMENTO	DEFINICIÓN	FUENTE	ETAPA
Cinta métrica bovina	Las medidas zoo métricas de los animales se relacionan sustancialmente con el peso por lo tanto es posible su uso para estimar el peso mediante estas medidas. Dos medidas zoo métricas primordiales que se pueden utilizar	(Wangchuk, Wangdi, & Mindu, 2018, p. 349) Comparación y confiabilidad de técnicas para	Levantamiento de información (registro de pesos por cabeza de vacuno)

	<p>son el perímetro torácico (PT) y el largo del cuerpo (LC).</p> <p>Además, la cinta de vacuno es un excelente artículo promocional, los laboratorios de medicina veterinaria, almacenes veterinarios, agro puntos y demás instituciones relacionadas con la ganadería, han escogido la cinta como un medio publicitario dando un excelente resultado en sus campañas.</p>	<p>estimar el peso corporal del ganado vivo</p> <p>(INALMET, 2016, p. 1) División veterinaria, cinta bovina</p>	
<p>Software IPCC 2006 versión 2.69</p>	<p>Los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC (programa) y su Unidad de Apoyo Técnico ubicado en IGES en Hayama, Japón, desarrollaron el GEI inventario de software "Inventario del software del IPCC". El propósito de este programa es poner en práctica metodologías Tier 1 y Tier 2 en base a los procedimientos del IPCC, 2006.</p> <p>El enfoque básico del programa es permitir el rellenando de valores utilizando las directrices del IPCC 2006, sean estas las hojas de trabajo con los datos físicos tomados en campo y factores de emisión para obtener la emisión total de GEI.</p>	<p>(UATINGEI, 2019, p. 5) Unidad de Apoyo Técnico sobre los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Grupo de Trabajo del IPCC. Inventario de software IPCC.</p>	<p>Procesamiento de datos</p>

3.5. Procedimientos

La estimación de los niveles de CH₄ consiste en cuantificar la cantidad del gas existente proveniente del estiércol del ganado vacuno lechero en condiciones de Samegua para el cual se consideró cuatro fases de acuerdo a los objetivos propuestos de la presente investigación: elaboración de la estrategia de intervención e identificación de los fundos, levantamiento de información de los factores físicos del ganado vacuno en ambos sistemas de alimentación, medición de la cantidad de metano generado por el estiércol mediante el software IPCC, sistematización e

interpretación de los resultados finales de la investigación, las mismas se evidencian en la siguiente figura:

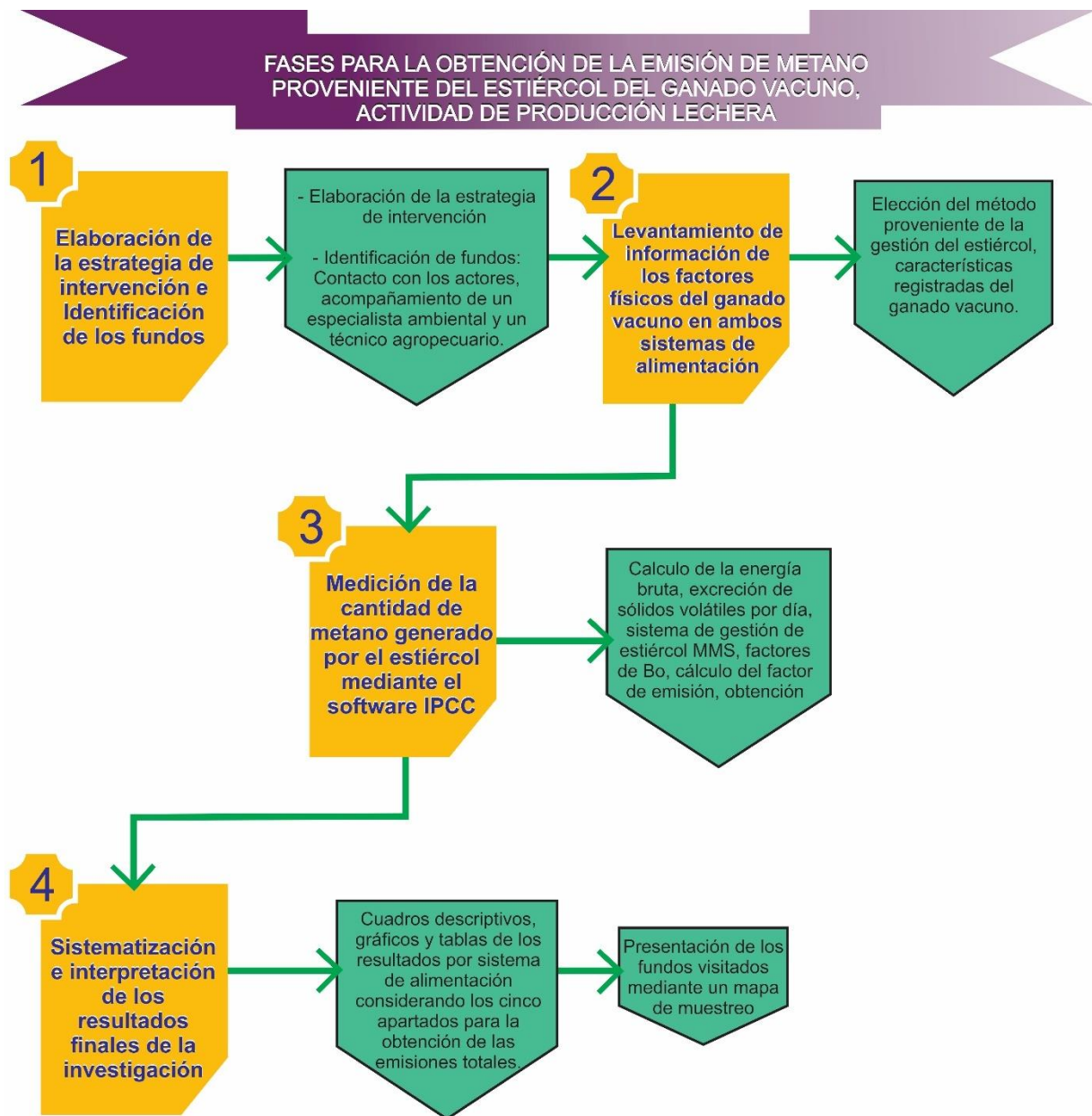


Figura 1. Diagrama de las fases del estudio.

3.5.1. Elaboración de la estrategia de intervención e identificación de fundos

a) Elaboración de la estrategia de intervención

Se elaboraron las fichas de registro de datos personales y parámetros físicos, ficha de registro de pesos por cabeza de ganado vacuno para que cuando se visite los fundos no se tenga inconvenientes de poder recolectar la información necesaria.

Se ha previsto el acompañamiento del especialista Ambiental para que pueda evidenciar el correcto levantamiento de información, el correcto uso de los equipos en campo, asimismo pueda coadyuvar a tener un mejor entendimiento del tema. Se considero el apoyo del Tec. de SENASA con la finalidad de identificar los fundos ganaderos, realizar el pesaje del ganado vacuno, cuantificar la población, entablar dialogo con los agricultores sobre el tipo de alimento suministrado y otros factores considerados en la ficha de registro de tal forma que puedan ser datos verídicos los tomados en campo.

b) Identificación de los fundos

Con el apoyo del Tec. Agropecuario quien tuvo la labor de guía de tal forma que no se tenga inconvenientes con los agricultores se identificó los fundos más representativos del valle de Samegua (mayor número de cabeza y por transecto) de los cuatro sectores:

- Cerrillos
- Totoral
- El Crucero
- Tucumán

La recolección de datos se efectuó en catorce fundos ganaderos georreferenciados con GPS, son siete fundos del sistema alimenticio mixto y siete fundos del sistema alimenticio extensivo, distribuyéndose proporcionalmente; visitando de esa manera en

seis ocasiones, por cada salida a campo se visitaron dos a tres fundos del valle de Samegua.

3.5.2. Levantamiento de información de los factores físicos del ganado vacuno en ambos sistemas de alimentación

a) Elección del método proveniente de la gestión del estiércol

Según el IPCC (2006, p. 37) existen tres niveles de estimación, se puede evidenciar en el árbol de decisiones anexado (ver anexo 3); en trabajo investigativo se desarrollo en el nivel 2.

Nivel 1: Método reducido solo incluye datos de cantidad poblacional y temperatura, en interpolación con los factores de emisión por defecto del IPCC.

Nivel 2: Método más complejo, requiere información detallada sobre las características y prácticas de gestión del estiércol respecto a las condiciones del país.

Nivel 3: Método donde las emisiones del ganado pretenden llegar más lejos que el nivel 2 y desarrolle modelos metodológicos específicos del país.

b) Características registradas del ganado vacuno:

➤ Sistemas de alimentación

Se describe las diferencias de los dos sistemas de alimentación convencional (extensivo) y mixto evidenciándose en campo y contrastado por el técnico. El primer sistema es controlado por un cerco eléctrico, la alimentación en alfalfa es en un 95% y 5% de concentrado, producción de leche regular a bajo, el ganado en el sistema convencional pierde más energía porque se desplaza a menudo, consume alimento indiscriminadamente pero la producción de leche es de regular a bajo y emite más metano; el segundo tiene un consumo de alimento de alfalfa en un 60 %, ensilado en un 30% y 10 % es concentrado aquí normalmente el agricultor sabe su consumo, tiene un desplazamiento regular del 50% y una inmovilidad del 50%, una producción de leche de regular a elevado.

➤ Peso vivo

El uso de la cinta bovina es aplicado por instituciones a menudo entendiéndose que es una técnica practica que se aplica en situaciones en la que es difícil acceder a un equipo de pesaje, para la investigación se consideraron los siguientes pasos:

- Hay que considerar que el vacuno debe estar desestresado, recto en sus cuatro extremidades y la persona que lo pese debe ser reconocida por el ganado (Ej. Agricultor, personal técnico)
- Debemos verificar la cinta bovina y buscar la raza del ganado a pesar, posterior a ello debemos colocar la cinta alrededor del cuerpo, debe estar correctamente detrás de las patas delanteras del ganado a la altura del corazón, más no en el estómago.
- Finalmente se utilizó los anillos que tiene la cinta en cada lado, primero la punta que tiene la raya de los ceros y se pasó por encima del dorso del ganado, se sujetó ese extremo de la cinta y ajusto para cuidadosamente tomar el registro en campo.

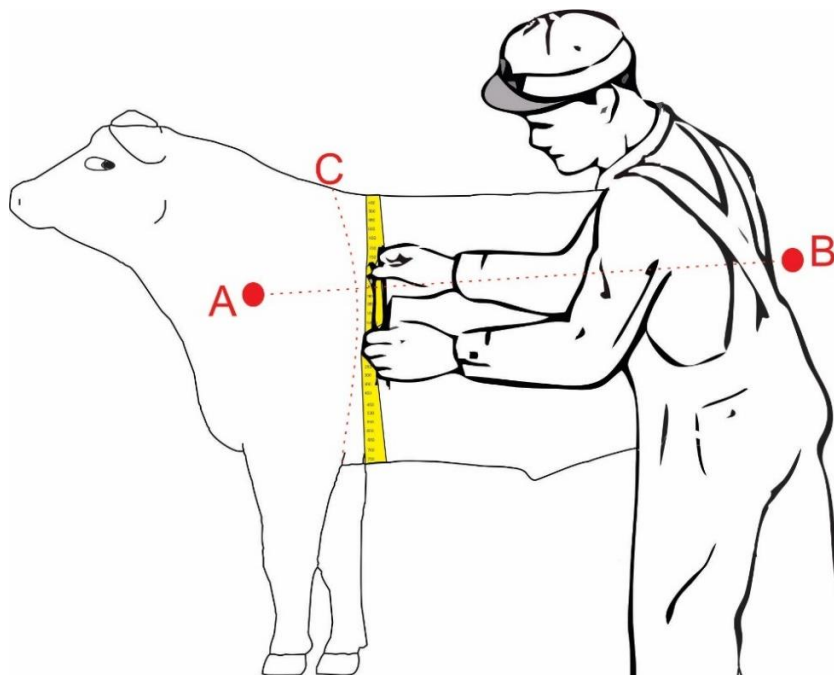


Figura 2. Uso de la cinta métrica bovina.

Se tomó en cuenta la sugerencia respecto al uso correcto el cual indica que debe estar exactamente detrás de las manos o patas delanteras del animal a la altura del corazón o la cruz, nunca en la barriga, se debe tener cuidado que la cinta no se doble en ningún momento. Donde indique la línea de los cerros, la cinta dará el peso promedio en kilos, libras y arrobas (INALMET, 2016, p. 1).

Según Stamm y Burch (1965, p. 53) menciona que la tabla anexada sobre el peso según la cinta bovina es usada por quienes no cuentan con basculas lo suficientemente grandes para pesar los animales. La tabla está basada en un trabajo elaborado por H. P. Davis y R. F. Morgan, de la Universidad de Nebraska. Con pocas excepciones da resultados con error menor de 7 % del peso total.

➤ Población

El IPCC señala que el investigador debe utilizar datos poblacionales obtenidos de estudios nacionales o de fuentes del sector competente. En este caso se usó datos del anuario estadístico regional en ganadería del año 2020 de la Gerencia Regional de Agricultura Moquegua - GRAM.

➤ Digestibilidad del pienso

Es el porcentaje de comida que no se digiere el cual representa el % de la ingestión (introducción de alimento en el aparato digestivo) de materia seca que se va a defecar (bosta y orina) en forma de excreciones. Los valores comunes de digestibilidad que brinda el IPCC aplican para toda una serie de clases de ganado y distintos tipos de dietas, se presentan en el siguiente cuadro, cabe mencionar que estos datos fueron usados en el estudio:

Tabla 5. *Digestibilidad del pienso diferenciada por tipo de crianza*

Digestibilidad por tipo de crianza o sistema de alimentación	
Extensivo	Mixto
50 %	65 %

Fuente: IPCC (2006, p. 15)

➤ Producción media diaria de leche (kg/día)

Estos datos relatan a la producción de leche diaria por las vacas lecheras, es un dato que se ha tomado in situ por cabeza de ganado, además evidenciando los porongos que los trasladan para la venta, cada ganadero en su fundo nos indicó la cantidad promedio que generan, la misma varía por sistema de alimentación.

➤ Contenido de grasa de la leche (% en peso)

Para la investigación presente es necesario conocer la cantidad de grasa promedio de la leche en vacas en periodo de lactancia que produzcan leche para consumo humano y provisión de alimento para el ternero. Se obtuvo datos de fuentes bibliográficas y de las boletas de venta de la empresa Gloria S.A., datos que fueron validados por un médico veterinario (ver anexo 8).

3.5.3. Medición de la cantidad de metano generado por el estiércol mediante el software

a) Cálculo de la energía bruta (EB)

Los cálculos de la EB en el software se generan por la suma de las energías netas NEm, NEa, NEI, NEp, REM, dividido por DE %, para obtener la energía bruta (EB) y el uso de factores predeterminados para calcular la energía neta para mantenimiento, % de hembras que dan a luz en un año, coeficiente para calcular la energía neta para el embarazo; la ecuación siguiente representa la buena práctica para calcular la EB empleando las diversas ecuaciones de energía neta (ver anexo 3, ecuación).

b) Cálculo de la excreción de sólidos volátiles por día

Constituyen el material orgánico del estiércol del vacuno tanto en biodegradables como no biodegradables, para ello se aplica la siguiente ecuación desarrollada por el software refiriéndose al total de VS tal como las excretas por vacuno dado que los valores de B_0 se objetan en los totales de ambos sistemas de alimentación (ver anexo 4, ecuación).

c) Cálculo del factor de emisión (FE) resultante de la gestión del estiércol

La mejor forma de establecer los factores de emisión es realizar mediciones no invasivas y no perturbadoras de las emisiones en sistemas representativos del país;

para ello se aplica la siguiente ecuación la misma que da como resultado el objetivo específico dos (ver anexo 4, ecuación).

d) Obtención del metano

Ecuación N° 4: Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol

$$CH_{4\ Estiércol} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} * N_{(T)})}{10^6}$$

CH₄ Estiércol = Emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄/año

EF(T) = Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza-1/año

N(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

T = especie/categoría de ganado

La incertidumbre de los datos de uso del sistema de gestión del estiércol depende del manejo ganadero del país y de cómo se recopila la información sobre el manejo del estiércol (IPCC, 2006, p. 40).

3.5.4. Sistematización e interpretación de los resultados finales de la investigación

En esta fase se procesó todos los datos obtenidos del software considerando cada uno de los objetivos de la investigación siguiendo el siguiente diagrama de obtención de los resultados finales la misma que diferencia sobre todo la obtención de los factores físicos, el factor de emisión y emisiones totales de la siguiente forma:

Levantamiento de información mediante la ficha de registro de datos físicos del ganado vacuno in situ (anexo 2, ficha de recojo de datos); aplicación de los procedimientos del IPCC (2006) en el TIER 2 aplicando el software en su versión 2.694 para obtener el factor de emisión (FE) para finalmente obtener las emisiones de metano (EM), de tal forma se puede evidenciar en la siguiente figura:

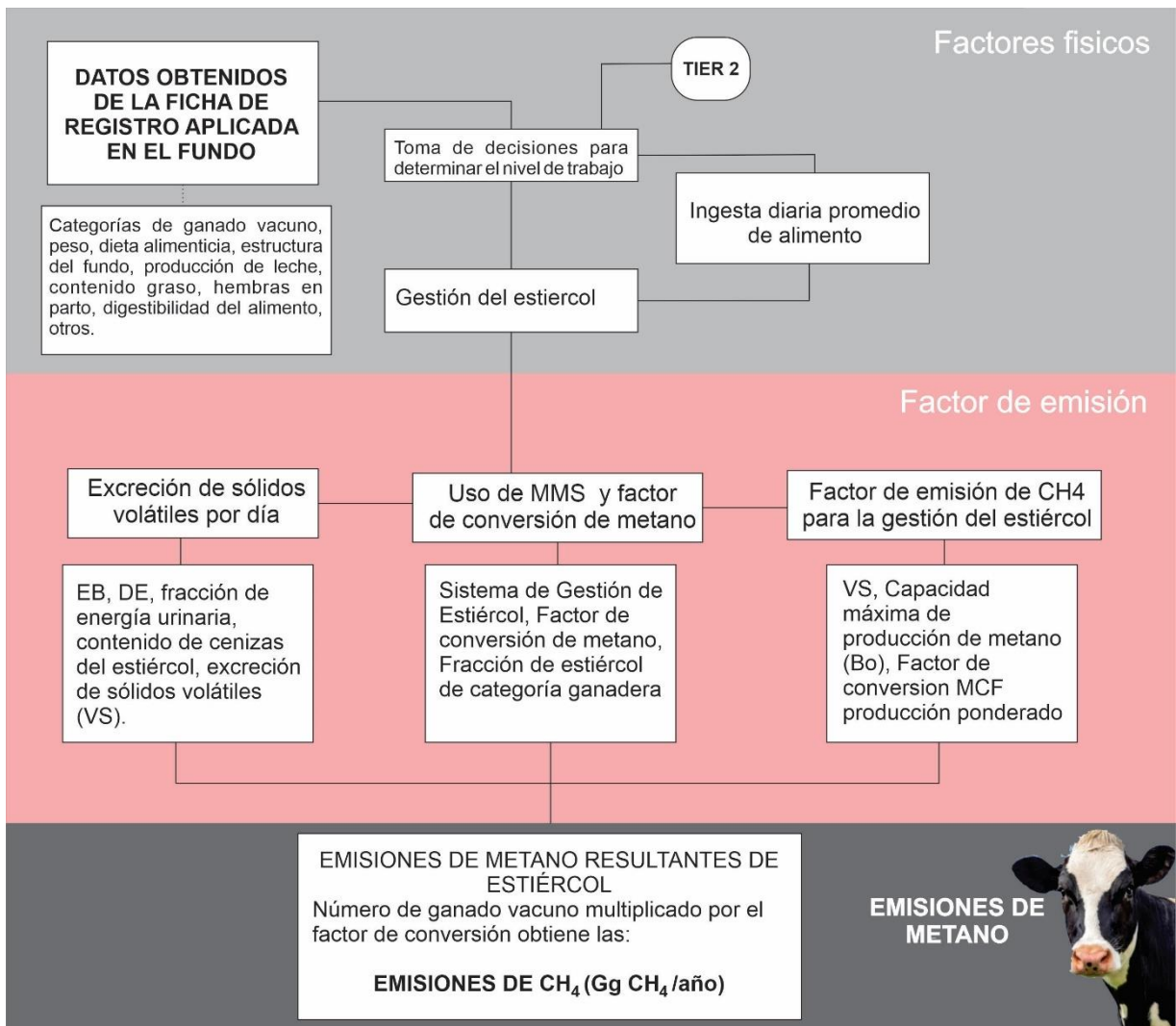


Figura 3. Diagrama de procedimiento para la obtención de las emisiones de metano.

Asimismo, cabe mencionar que se elaboró un mapa de ubicación y muestreo (fundos georreferenciados); ambos se elaboraron en el programa Arc Gis 10.8.

3.6. Método de análisis de datos

La estadística descriptiva se aplicó mediante un diseño con una variable el cual se halló mediante la comparación de los resultados (Quintín y Cabero, 2008, p. 33).

Para obtener los resultados del estudio se procesaron datos en el software IPCC 2006, en el desarrollo de los mismos se utilizaron tablas y gráficos para el entendimiento de los valores obtenidos durante la investigación.

El software se desarrolla en base al manual del IPCC 2006, en la versión 2.694 Tier 2 (nivel 2); es un programa que se aplica en el sector energía, procesos industriales, agricultura y desechos; en este caso la investigación es perteneciente al sector agricultura perteneciente al sub sector ganadería. El programa se ejecuta en base a cuadros y apartados que de manera secuencial permiten llegar al resultado, el mismo está protegido para que las fórmulas y las tablas no puedan ser modificadas por accidente. Existe un manual de uso y es necesario mencionar que el procedimiento es en base a las directrices del IPCC.

3.7. Aspectos éticos

Manifiesto que los datos mostrados en la investigación fueron exclusivamente elaborados por mi persona, respetando el derecho de autor y que los datos de diversos autores han sido cuidadosamente mencionados, cabe resaltar que todos los datos de la investigación tienen la finalidad de aportar con información la cual busca un aporte a la sociedad beneficiando a la comunidad y no a un beneficio personal. La recolección de datos es obtenida de fuentes fiables y conocidas, haciendo hincapié también al asesoramiento de profesionales de la universidad, dando fiabilidad de los datos obtenidos, de tal forma la dedicación y empeño es con el objeto de lograr resultados óptimos. Se verificó el grado de similitud en el programa Turnitin, obteniéndose el 16 % encontrándose dentro del rango de similitud, asimismo se respetó el código de ética de la universidad de tal forma que se trabajó en base a la ISO 690-2, guías y normas facilitadas.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de los factores físicos

4.1.1. Datos físicos del ganado vacuno in situ

4.1.1.1. Datos en el sistema de alimentación extensivo

El programa IPCC contempla seis apartados, entre las cuales se encuentra el primero que refiere a los datos del vacuno (datos primarios), los mismos que se especifican en las siguientes tablas promedio (ver anexo 4 para obtener información detallada):

Tabla 6. Valores promedio in situ del vacuno lechero en producción

Zona geográfica	Código del fundo	Población (cabeza)	Peso vivo (kg)	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Cantidad de leche diaria (kg / día)	Grasa en la leche (%)	Hembras que dan a luz en un año (%)
Z	Cód.	P	W	Tw			
19	CE-5	6	470	14	8	3.5	70
	CE-6	3	400	20	23	3.5	70
	CE-7	7	260	16	30	3.5	70
	TO-12	5	430	22	15	3.5	70
	TO-14	8	490	17	12	3.5	70
	TO-2	7	450	17	15	3.5	70
	TU-8	2	300	18	30	3.5	70
TOTAL		38					

En la tabla 6 menciona a los valores físicos de la categoría de ganado lechero, para este caso los datos comprenden la sub categoría vacas lecheras en producción referente al sistema de alimentación extensivo, expresándose la cantidad por cada fundo visitado encontrándose los siguientes datos: vacas lecheras en producción un total de 38 unidades, y el promedio del peso vivo oscila entre 300 hasta 490 kg, la temperatura esta entre 14 hasta 22 °C, la producción de leche se efectúa dos veces al día obteniéndose lo siguiente 8 hasta 30 kg/día, el % de grasa en la leche se diferencia por el tipo de crianza en este caso para el sistema de alimentación extensivo es de 3.5 % y la probabilidad de que en un establo una vaca sea preñada es de 70% cabe mencionar que una vaca da una cría en un lapso de 380 días (ver el anexo 5 y 8 para obtener información detallada).

Tabla 7. Valores promedio in situ del vacuno lechero en seca

Zona geográfica	Código del fundo	Población (cabeza)	Peso vivo (kg)	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Cantidad de leche diaria (kg / día)	Grasa en la leche (%)	Hembras que dan a luz en un año (%)
Z	Cód.	P	W	Tw			
19	CE-5	3	420	17	0	0	70
	CE-6	3	400	20	15	3.5	70
	CE-7	3	210	17	0	3.5	70
	TO-12	6	410	22	5	3.5	70
	TO-14	4	430	17	5	3.5	70
	TO-2	3	450	17	10	3.5	70
	TU-8	3	300	18	0	0	70
TOTAL		25					

En la tabla 7 menciona a los valores físicos de la categoría de ganado lechero, para este caso los datos comprenden la sub categoría vacas lecheras en seca referente al sistema de alimentación extensivo, expresándose la cantidad por cada fundo visitado encontrándose los siguientes datos: vacas lecheras en seca un total de 25 unidades, y el promedio del peso vivo oscila entre 210 hasta 300 kg, la temperatura es de 17 hasta 22 °C, la producción de leche se efectúa dos veces al día obteniéndose lo siguiente 0 hasta 15 kg/día, el % de grasa en la leche se diferencia por el tipo de crianza en este caso para el sistema de alimentación mixto es de 3.5 % y la probabilidad de que en un establo una vaca sea preñada es de 70% (ver el anexo 5 y 8 para obtener información detallada).

Tabla 8. Valores in situ de la dieta alimenticia del ganado lechero en extensivo

Código	Sector	Piso Forrajero	Ración por tipo de alimento kg			
			Alfalfa	Concentrado	Ensilado	Otros Forrajes
TO-2	Total	2 ha	35 kg	5 kg	-	-
CE-5	Cerrillos	3 ha	20 kg	1 kg	-	-
CE-6	Cerrillos	2,5 ha	50 kg	-	-	3 kg
CE-7	Cerrillos	2 ha	40 kg	-	-	-
TU-8	Tucumán	1/2 ha	30 kg	5 kg	30 kg	10 kg
TO-12	Total	4 ha	50 kg	2 kg	10 kg	-
TO-14	Total	2 ha	40 kg	3 kg	-	-

En la tabla 8 se puede apreciar la dieta alimenticia que el ganado vacuno consume por cada fundo visitado por sector para el sistema de alimentación extensivo, entendiéndose que fueron siete fundos visitados las cuales contaron con cantidad considerable de vacunos a ser evaluados que pastan en un piso forrajero disponible de $\frac{1}{2} \pm 4$ ha., la ración comprende a la alfalfa de 20 hasta 50 kg, concentrado de 1 hasta 5 kg, rara vez el consumo de ensilado de 10 hasta 30 kg y rara vez otros forrajes (alfalfa seca, heno de avena, vainita seca) de 3 hasta 10 kg (ver anexo 4, tabla referente a la dieta alimenticia, para obtener información detallada).

4.1.1.2. Datos en el sistema de alimentación mixto

Tabla 9. *Valores in situ del vacuno lechero en producción*

Zona geográfica	Código del fundo	Población (cabeza)	Peso vivo (kg)	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Cantidad de leche diaria (kg / día)	Grasa en la leche (%)	Hembras que dan a luz en un año (%)
Z	Cód.	P	W	Tw			
19	CE-4	9	520	14	25	3	70
	CR-3	4	510	20	17	3	70
	TO-1	8	530	16	40	3	70
	TO-10	3	530	22	30	3	70
	TO-13	7	480	17	15	3	70
	TU-11	6	600	17	18	3	70
	TU-9	6	390	18	12	3	70
TOTAL		43					

Se menciona en la tabla 9 los valores físicos sobre las vacas lecheras para este caso comprende a la sub categoría de vacas lecheras en producción referente al sistema de alimentación mixto, expresándose la cantidad por cada fundo visitado encontrándose los siguientes datos: vacas lecheras en producción un total de 43 unidades, y el promedio del peso vivo oscila entre 390 hasta 600 kg, la temperatura es de 14 hasta 22 °C, la producción de leche se efectúa dos veces al día obteniéndose lo siguiente 12 ± 40 kg/día, el % de grasa en la leche se diferencia por el tipo de crianza en este caso para el sistema de alimentación mixto es de 3 % y la probabilidad de que

en un establo una vaca sea preñada es de 70% cabe mencionar que una vaca da una cría en un lapso de 380 días (ver el anexo 5 y 8 para obtener información detallada).

Tabla 10. *Valores in situ del vacuno lechero en seca*

Zona geográfica	Código del fundo	Población (cabeza)	Peso vivo (kg)	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Cantidad de leche diaria (kg / día)	Grasa en la leche (%)	Hembras que dan a luz en un año (%)
Z	Cód.	P	W	Tw			
19	CE-4	2	430	17	15	3	70
	CR-3	1	500	20	0	3	70
	TO-1	6	470	17	20	3	70
	TO-10	4	440	22	10	3	70
	TO-13	3	420	17	10	3	70
	TU-11	3	630	17	7	3	70
	TU-9	2	470	18	6	3	70
TOTAL		21					

Se menciona en la tabla 10 los valores físicos sobre las vacas lecheras para este caso comprende a la sub categoría de vacas lecheras en seca referente al sistema de alimentación mixto, expresándose la cantidad por cada fundo visitado encontrándose los siguientes datos: vacas lecheras en producción un total de 21 unidades, el peso vivo oscila entre 420 hasta 630 kg, la temperatura es de 17 hasta 22 °C, la producción de leche se efectúa dos veces al día obteniéndose lo siguiente 0 hasta 20 kg/día, el % de grasa en la leche se diferencia por el tipo de crianza en este caso para el sistema de alimentación mixto es de 3 % y la probabilidad de que en un establo una vaca sea preñada es de 70% (ver el anexo 5 y 8 para obtener información detallada).

Tabla 11. *Valores in situ de la dieta alimenticia del ganado lechero en mixto*

Código	Sector	Piso Forrajero	Ración por tipo de alimento kg			
			Alfalfa	Concentrado	Ensilado	Otros Forrajes
TO-1	Total	3ha	60 kg	-	4 kg	4 kg
CR-3	El Crucero	3 ha	35 kg	1 kg	10 kg	4 kg
CE-4	Cerrillos	3 ha	30 kg	4 kg	20 kg	20 kg
TU-9	Tucumán	1 ha	40 kg	1 kg	15 kg	3 kg
TO-10	Total	2 ha	30 kg	4 kg	10 kg	3 kg
TU-11	Tucumán	1/2 ha	-	5 kg	40 kg	-
TO-13	Total	2.5 ha	45 kg	4 kg	15 kg	-

En la tabla 11 se puede apreciar la dieta alimenticia que el ganado vacuno consume por cada fundo visitado por sector para el sistema de alimentación mixto, entendiéndose que fueron siete fundos visitados las cuales contaron con cantidad considerable de vacunos a ser evaluados pastan en un piso forrajero disponible de ½ hasta 3 ha. Asimismo, cabe mencionar que están por un periodo corto y luego regresan al establo específicamente al comedero para provisionarle alimento balanceado rica en nutrientes, la ración comprende a la alfalfa de 30 hasta 60 kg, concentrado de 1 hasta 5 kg, el consumo de ensilado de 4 hasta 40 kg y otros forrajes (alfalfa seca, heno de avena, vainita seca) de 3 hasta 20 kg (ver anexo 4, tabla referente a la dieta alimenticia, para obtener información detallada).

Cabe mencionar que se ha codificado cada fundo según la lista y las iniciales del sector CE, TO, CR, TU. Asimismo, se ha evaluado 127 cabezas de ganado vacuno, en el sistema de alimentación extensivo se ha intervenido 63 vacunos y en el mixto se ha intervenido 64 vacunos. Es importante mencionar que en el fundo CE-7 del sector Cerrillos en el sistema de alimentación extensivo se ha encontrado el peso mínimo en las vacas en seca (170 kg) y en el fundo TU-11 del sector Tucumán en el sistema de alimentación mixto se ha encontrado el peso más alto en las vacas en producción (750 kg), evidenciándose así en la ficha de recolección de peso vivo (ver anexo 8, documentos escaneados sobre registro de peso in situ).

4.1.1.3. Constantes generadas por las directrices del IPCC

En este ítem se contempla a los factores utilizados para calcular la energía bruta por subcategoría del vacuno lechero diferenciado por sistema de alimentación, son coeficientes existentes de las directrices del IPCC, tales valores se han verificado según las condiciones del valle de Samegua, la variación obedece primordialmente a las diferencias entre los tipos de crianza (ver anexo 3 para obtener información detallada).

Tabla 12. Constantes utilizadas para el ganado vacuno lechero

Vacas lecheras	Coeficiente de situación alimentaria		Coeficiente para mantenimiento	Coeficiente de preñez
	Extensivo	Mixto		
	Ca = MJ/día/Kg		Cfi=MJ / día	Cp = MJ/día
producción	0.36	0.17	0.386	0.1
seca	0.36	0.17	0.322	0.1

En la tabla 12 se evidencia los coeficientes que fueron utilizados en la investigación, respecto al coeficiente de la situación alimentaria (Ca) se tiene $Ca = 0,36$ para el sistema extensivo y $Ca = 0.36$ para el sistema mixto, entendiéndose que la variación se debe a que en el sistema extensivo están todo el tiempo en el campo y generan gasto de energía por consumo de alimento; mientras que en el sistema mixto tiene un movimiento ligero ya que por un tiempo está en un espacio confinado sin movimiento y por otro lapso de tiempo está desplazándose. Referente a los valores del coeficiente para mantenimiento para las vacas lecheras en producción es un valor de $Cfi = 0,386$ sabiendo que solicita mayor gasto de energía por la producción láctea a diferencia de las vacas lecheras en seca tiene un valor de $Cfi = 0,322$. El coeficiente de preñez es utilizado para las vacas desde una ternera hasta una vaca madura, entendiéndose que una vaca da a luz una vez al año $Cp = 0.1$ MJ/día.

4.2. Obtención del factor de emisión resultante por la gestión del estiércol

4.2.1. Obtención de la EB y VS

En esta sección se encuentran todos los indicadores que menciona el manual del IPCC sobre la ingesta de alimentos, el cual procura la obtención de la energía bruta (EB), ya que se obtiene efectuando la suma de los requerimientos de energía neta y las características de la disponibilidad energética del pienso.

En la tabla 15 y 16, se muestran los valores por fundo y promedio sobre la tasa de excreción de sólidos volátiles (TSV), digestibilidad del pienso y energía bruta (EB), respectivamente.

Tabla 13. Valores promedio respecto a la EB y VS de las vacas lecheras en producción

Código del fundo	Tipo de sistema	Digestibilidad - DE (%)	Energía Bruta - EB (MJ/día)	Deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca - VS (kg VS / día)
CE-5	Extensivo 1	50	358.8104	9.6616
CE-6	Extensivo 2		526.1913	14.1657
CE-7	Extensivo 3		555.6489	14.9619
TO-12	Extensivo 4		434.0323	11.6871
TO-14	Extensivo 5		419.232	11.2886
TO-2	Extensivo 6		442.277	11.9091
TU-8	Extensivo 7		574.1152	15.4591
CE-4	Mixto 8	65	355.9159	6.9216
CR-3	Mixto 9		289.7048	5.6339
TO-1	Mixto 10		478.0767	9.2972
TO-10	Mixto 11		398.1331	7.3455
TO-13	Mixto 12		266.8796	5.19
TU-11	Mixto 13		317.6362	6.1771
TU-9	Mixto 14		221.7029	4.0904

La tabla 13 muestra los valores en las vacas lecheras en producción, tales son valores individuales (a nivel fundo) y promedio (sistema de alimentación) respecto a la digestibilidad del pienso para extensivo 50 % y para el mixto 65 %, se observó también la energía bruta (EB) para el sistema extensivo en vacas lecheras en producción se tiene 358.8104 ± 574.1152 MJ/día y para el sistema mixto fue de 266.8796 ± 478.0767 MJ/día; referente a la deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (VS) se tiene para el para el sistema extensivo en vacas lecheras en producción 9.6616 ± 15.4591 y para el sistema mixto fue de 5.19 ± 9.2972 kg VS / día.

Tabla 14. Valores promedio respecto a la EB y VS de las vacas lecheras en seca

Código del fundo	Tipo de sistema	Digestibilidad - DE (%)	Energía Bruta - EB (MJ/día)	Deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca - VS (kg VS / día)
CE-5	Extensivo 1	50	194.8228	5.246
CE-6	Extensivo 2		384.1514	10.344
CE-7	Extensivo 3		115.8423	3.1193

TO-12	Extensivo 4		256.7763	6.9142
TO-14	Extensivo 5		263.7345	7.1015
TO-2	Extensivo 6		336.0551	9.0489
TU-8	Extensivo 7		151.3714	4.076
CE-4	Mixto 8	65	232.8041	4.2952
CR-3	Mixto 9		126.4087	2.4583
TO-1	Mixto 10		280.5636	5.4562
TO-10	Mixto 11		194.7957	3.7882
TO-13	Mixto 12		190.8576	3.7116
TU-11	Mixto 13		206.2937	4.0118
TU-9	Mixto 14		168.6427	3.2796

La tabla 14 muestra los valores en las vacas lecheras en seca, tales son valores individuales (a nivel fundo) y promedio (sistema de alimentación) respecto a la digestibilidad del pienso para extensivo 50 % y para el mixto 65 %, se observó también la energía bruta (EB) para el sistema extensivo en vacas lecheras en producción fue de 115.8423 ± 384.1514 MJ/día y para el sistema mixto fue de 126.4087 ± 280.5636 MJ/día; referente a la deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de la materia orgánica seca (VS) se tiene para el para el sistema extensivo en vacas lecheras en seca 3.1193 ± 10.344 y para el sistema mixto fue de 2.4583 ± 5.4562 kg VS / día. Finalmente, por sistema de alimentación se tiene una EB para el sistema extensivo de 115.8423 ± 574.1152 y para el sistema mixto de 126.4087 ± 478.0767 MJ/día; asimismo se tiene un VS para el sistema extensivo de 3.1193 ± 15.4591 y en el sistema mixto de 2.4583 ± 9.2972 kg VS / día.

Tabla 15. Valores promedios totales de la EB, VS por sistema de alimentación

Categoría	Sistema de alimentación	Digestibilidad - DE (%)	Energía Bruta - EB (MJ/día)	Deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca - VS (kg VS/día)
Vacas lecheras	Extensivo	50	358.07578	9.6416
	Mixto	65	253.02966	5.1183

En la tabla 15 se exhiben las digestibilidades por cada sistema siendo para el sistema extensivo y mixto de 50 y 65 % respectivamente, los promedios de la energía bruta (EB) se emplean para estimar la ingesta de alimentos, quiere decir la cantidad de

energía (MJ/día) que necesita el vacuno para su mantenimiento y actividades relacionadas a la lactancia, crecimiento y la preñez el cual para el estudio indica los valores para el sistema extensivo de 358.07578 y para el sistema mixto de 253.02966 MJ/día; sobre los promedios de la tasa de deyección de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca para el sistema extensivo es de 9.6416 y para el sistema mixto de 5.1183 kg VS/día.

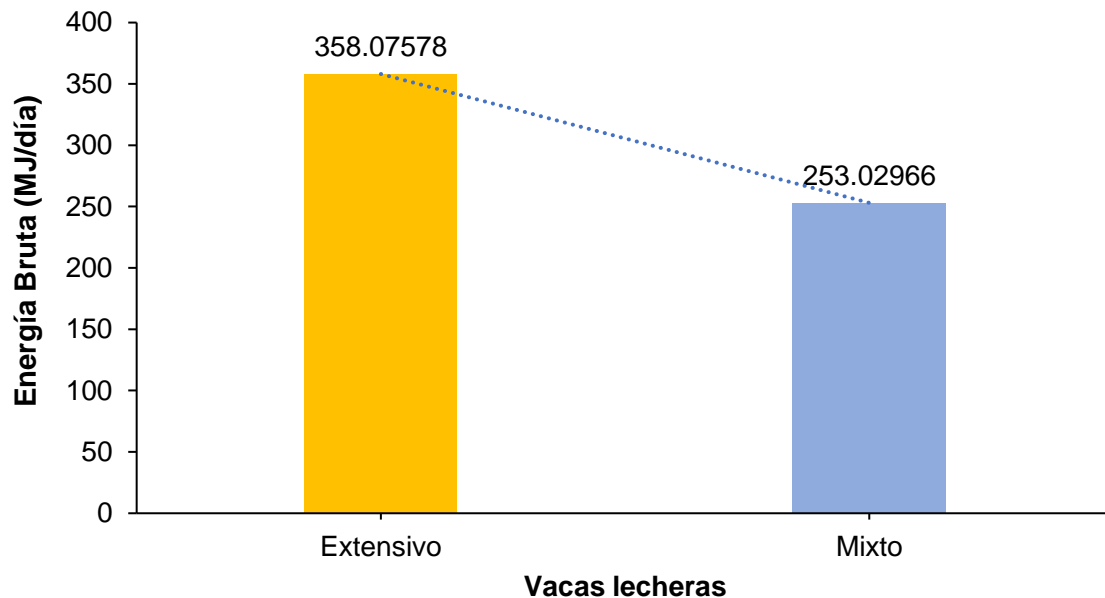


Figura 4. Comparación de los promedios de la Energía Bruta (EB) respecto a las vacas lecheras.

La figura 4 reafirma lo mostrado en la tabla 16 el cual en una sección representa los promedios de las energías brutas (EB) totales en los fundos lecheros en condiciones del valle de Samegua, se diferencia por el sistema de alimentación. Se aprecia la densidad energética de la ración de los sistemas de alimentación, para el extensivo 358.07578 MJ/día a diferencia del mixto donde se alcanzó un valor de 253.02966 MJ/día, esta comparación presenta diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

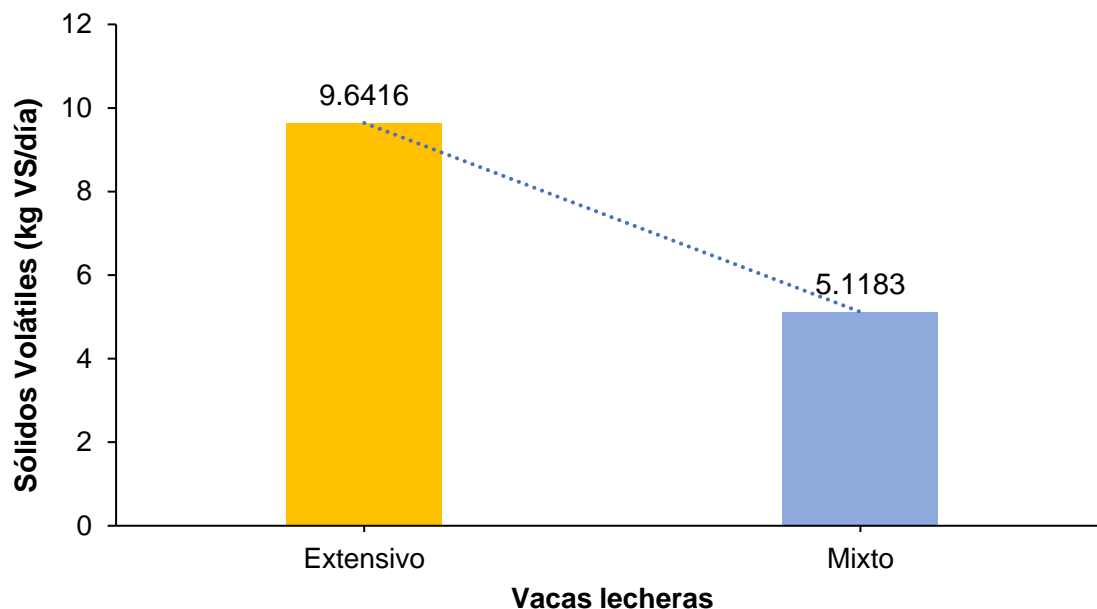


Figura 5. Comparación de los promedios de deyección de Sólidos Volátiles por día sobre la base de la materia orgánica seca (VS).

La figura 5 reafirma lo mostrado en la tabla 16 el cual en una sección representa los promedios de la tasa de excreción de sólidos totales en los fundos lecheros y se diferencia por el sistema de alimentación. Se aprecia que el sistema mixto o semi intensivo produce una tasa menor de 5.1183 kg VS/día en comparación al sistema de alimentación extensivo o convencional de 9.6416 kg VS/día, esta comparación presenta diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

4.2.2. Factor de emisión de CH₄ resultante del estiércol

Tabla 16. Determinación del factor de emisión de CH₄ por fundo para vacas lecheras

Código del fundo	Cantidad poblacional	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
Cód.	P	EF= (VS x 365) x [B ₀ x 0.67 x \sum MCF/100 x MS]
EXTENSIVO		
CE-5	9	2.109
CE-6	6	3.46785
CE-7	10	2.558
TO-12	11	2.63155
TO-14	12	2.60165
TO-2	10	2.96495

TU-8	5	2.7637
SUB TOTAL	63	2.7281
MIXTO		
CE-4	11	1.58685
CR-3	5	1.14485
TO-1	14	2.0872
TO-10	7	1.57515
TO-13	10	1.25935
TU-11	9	1.44145
TU-9	8	1.0427
SUB TOTAL	64	1.4482
TOTAL	127	2.0882

En la tabla 16 se exhiben los factores de emisión proveniente del estiércol diferenciado por los sistemas de alimentación, se puede evidenciar que en todos los fundos se tiene un índice mayor de emisión por el sistema extensivo frente al sistema mixto. En el fundo CE-6 del sistema extensivo se tiene el factor de emisión mayor el cual fue de 3.46785 kg CH₄/fundo/año y para el fundo y en el fundo TU-9 se tiene el valor menor el cual fue de 1.0427, la emisión total por cabeza de ganado vacuno en un año es de 2.0882 kg CH₄/ fundo/año.

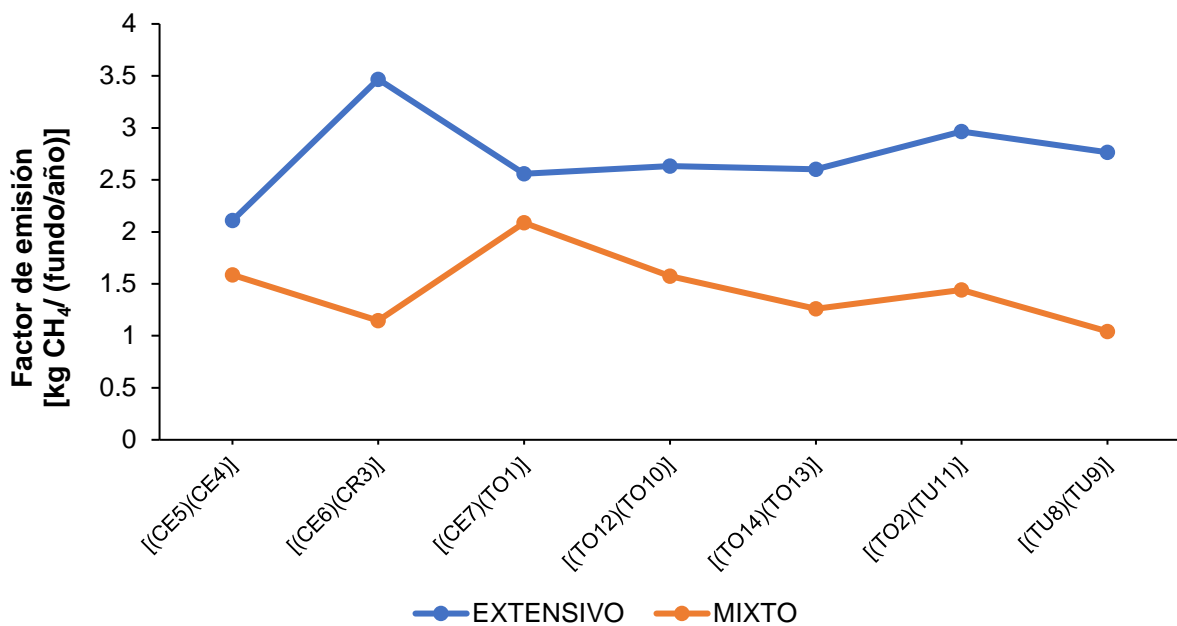


Figura 6. Comparación de los promedios por fundo del factor de emisión de CH₄ para vacas lecheras.

Finalmente, según la figura 6, y reforzando lo mostrado por la tabla 16, en todos los fundos del sistema extensivo muestran valores altos en promedio respecto al sistema mixto, se denota mayor diferencia CE-6 encontrándose el nivel más alto y en el fundo TU-9 el valor mínimo.

Tabla 17. Resumen de la determinación del factor de emisión de CH₄ para vacas lecheras

Factor de emisión para vacas lecheras				
Sistema de alimentación	Población del ganado vacuno	Energía Bruta (MJ/día)	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS / día)	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
SA	P	EB	VS= Ec. 10.24	EF= (VS x 365) x [B _o x 0.67 x ∑MCF/100 x MS]
Producción				
Extensivo	38	472.9010	12.7333	3.6029
Mixto	43	332.5785	6.3794	1.8050
Seca				
Extensivo	25	243.2505	6.5500	1.8533
Mixto	21	173.4809	3.8573	1.0914
Promedio total por sistema de alimentación				
Extensivo	63	358.0758	9.6416	2.7281
Mixto	64	253.0297	5.1183	1.4482
PROMEDIO	-	305.5527	7.3800	2.0882
TOTAL	127	-	-	-

La tabla 17 nos muestra los resultados respecto al factor de emisión por cabeza de ganado vacuno lechero en relación a la subcategoría de vacas lecheras en producción, en la que se ve una diferencia significativa en el sistema de alimentación extensivo encontrándose un valor de 3.6029, referente al sistema de alimentación reportando un valor de 1.8050 kg CH₄/fundo/año; y en relación a las vacas lecheras en seca se evidencia una diferencia significativa del sistema de alimentación extensivo denotando un valor de 1.8533 kg CH₄/fundo/año referente a la alimentación mixta encontrándose el valor de 1.0914 kg CH₄/fundo/año; sobre los promedios totales se tiene los siguientes datos, para el extensivo un valor de 2.7281, encontrándose una diferencia significativa respecto a la alimentación en mixto teniendo el valor de 1.4482 kg CH₄/fundo/año, finalmente para ambos sistemas de alimentación se tiene un valor de 2.0882 kg de metano por cabeza de ganado vacuno en un año.

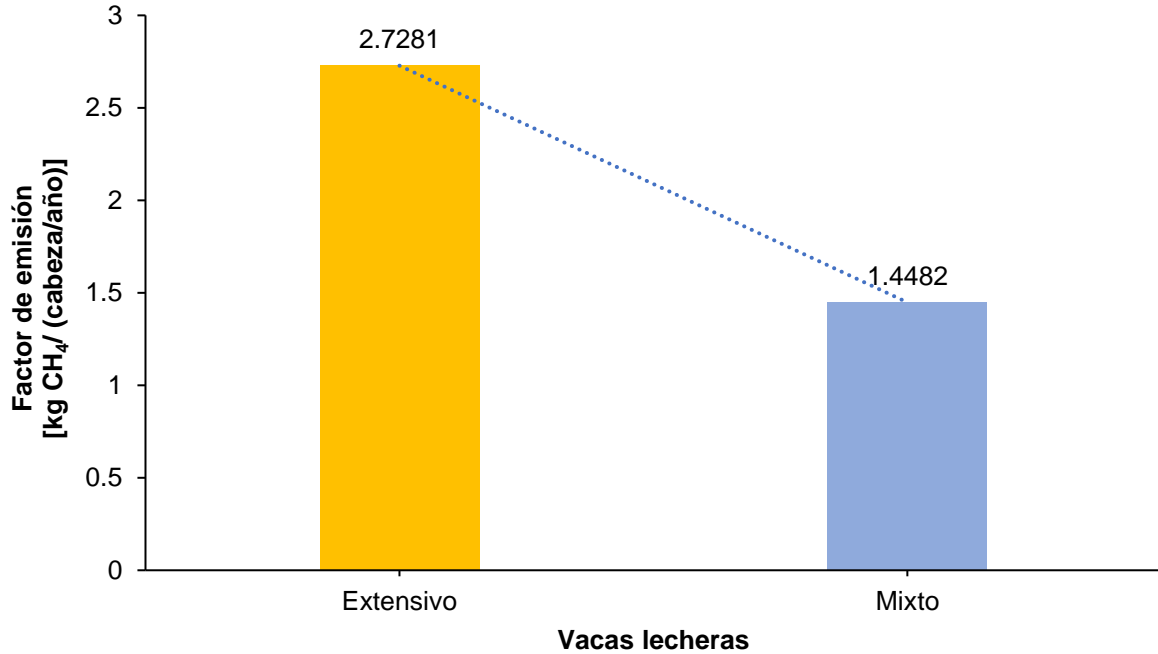


Figura 7. Comparación de los promedios del Factor de Emisión CH₄ resultantes del estiércol vacuno.

Finalmente, según la figura 7, y reforzando lo mostrado por la tabla 17, el sistema de alimentación extensivo refleja un valor significativo (2.7281 kg CH₄/fundo/año) referente al sistema de alimentación mixto (1.4482 kg CH₄/fundo/año) en base a los promedios.

4.3. Diferencias entre las emisiones de CH₄ por sistema de alimentación

Determinar las diferencias entre los valores de las emisiones de CH₄ en los sistemas de alimentación extensivo y mixto en condiciones de Samegua, Moquegua.

Tabla 18. Diferencias de los valores de emisiones de CH₄ por sistema de alimentación

Emisiones de CH ₄ resultante de la gestión del estiércol		
Vacas lecheras	Número de animales	Emisiones de metano (Gg CH ₄ /año)
Extensivo (E)		
Producción	38	0.00013248
Seca	25	0.0000468

TOTAL	63	-
Mixto (M)		
Producción	43	0.0000790
Seca	21	0.0000251
TOTAL	64	-

La tabla 18, nos muestra el resumen de las emisiones resultantes del estiércol vacuno por cabeza y por cada subcategoría de vacas lecheras producción, seca respectivamente en la que se evidencia una tendencia mayor en la alimentación extensiva frente a la alimentación mixta, esa diferencia refleja el tipo de la dieta alimenticia que se le suministra en cada sistema descrito anteriormente, cabe mencionar que los datos fueron obtenidos mediante el software IPCC en un nivel 2 (Tier 2) (ver anexo 5 para obtener detallada).

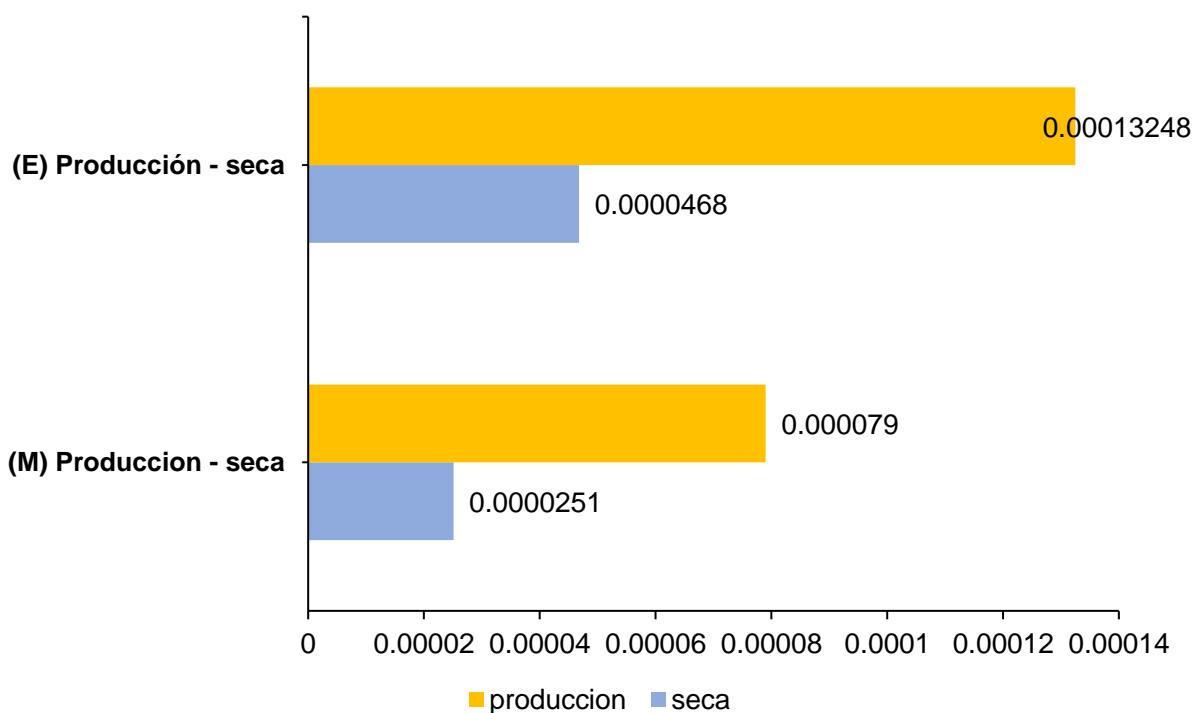


Figura 8. Comparación de las emisiones de CH₄ por sistema de alimentación.

Finalmente, según la figura 8, y en comparación a la tabla 18, se observa que el sistema de alimentación extensivo reporta valores mayores en ambas subcategorías (producción y seca) respecto a los valores del sistema de alimentación mixto. Según

los fundos visitados se tiene que en el fundo TU-8 extensivo para vacas en producción se reporta el valor más alto siendo de 4.3741 kg CH₄/fundo/año y en el fundo CR-3 es la cifra mínima reportada el cual fue 0.6956 CH₄/fundo/año.

4.4. Emisión total de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno lechero

Tabla 19. Resumen de las emisiones de CH₄ obtenido por sistema de alimentación mediante el IPCC

Emisiones totales de metano por gestión del estiércol			
Categoría de ganado	Sistema de alimentación	Número de animales	Emisiones de CH ₄ (Gg CH ₄ /año)
Vacas lecheras	extensivo	63	0.00017928
	mixto	64	0.0001041
Total	ambos sistemas	127	0.00028338

La tabla 19, muestra los promedios sobre las emisiones de metano en la que indica que para el sistema de alimentación extensivo comprende un total de 63 cabezas de ganado vacuno reflejando una emisión de metano total a 0.00017928 Gg CH₄/año el cual si se expresa en kilogramos seria 179.28 kg CH₄/año; para el sistema de alimentación mixto se tiene 64 cabezas de ganado vacuno expresando una emisión total en el sistema de 0.0001041 Gg CH₄/año el mismo que si se expresa en kilogramos seria 104.1 kg CH₄/año; de acuerdo a los resultados finales se tiene que para ambos sistemas se ha evaluado un total de 127 cabezas de ganado vacuno obteniendo una emisión de metano resultante del estiércol de 0.00028338 Gg CH₄/año el cual en kilogramos seria 283.38 kg CH₄/año.

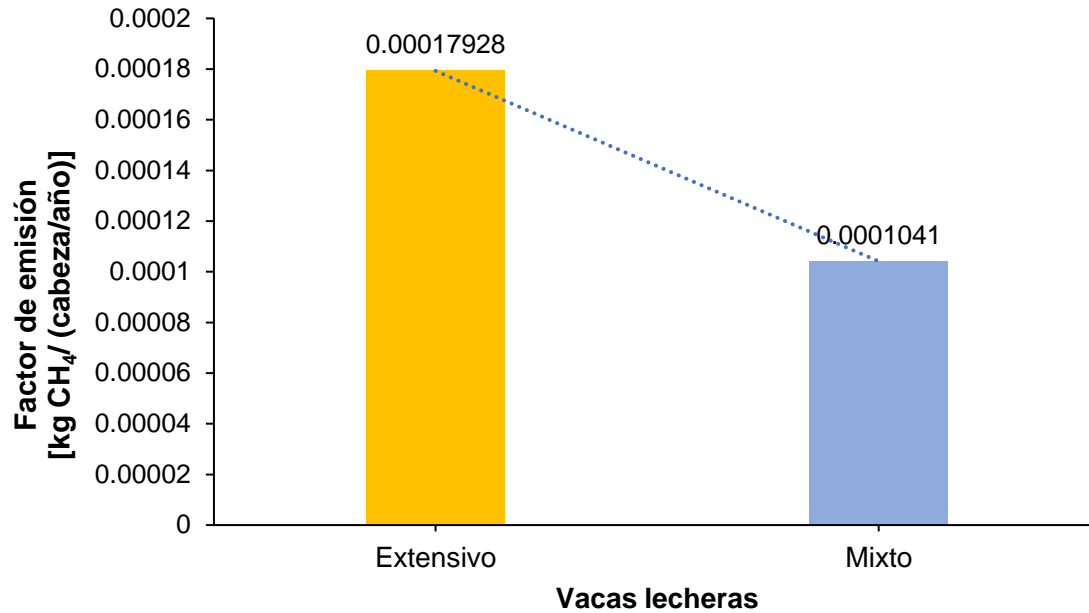


Figura 9. Comparación de las emisiones totales de metano.

Finalmente, según la figura 9, y en comparación a la tabla 19, se evidencia que los valores para el sistema de alimentación extensivo fueron los que obtuvieron mayores valores en un total de 0.00017928 Gg CH₄/año, frente a la alimentación mixta quien tuvo valores mejores en un total de 0.0001041 Gg CH₄/año, obteniendo de tal sentido un valor total de emisiones de gas metano de 0.00028338 Gg CH₄/año, el cual expresado en kilogramos equivale a 283.38 kg CH₄/año.

V. DISCUSIÓN

Los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de la técnica de predicción por medio de las directrices empleando el software IPCC 2006 versión 2.694, siendo una de las técnicas más usadas y de fácil alcance que permite cuantificar los valores de manera secuencial hasta la obtención del resultado final, utilizando la metodología a un nivel 2 (Luque, 2016, p. 4). En ese entender el programa proporciona seis secciones, la cual se va habilitando conforme se va avanzando de tal forma que se pueda obtener los valores de emisión.

En la primera sección se tiene los resultados de la descripción de los factores físico, entre los más importantes factores se tiene: la población del ganado vacuno, peso vivo, situación alimentaria, producción de leche, % de grasa en la leche y coeficientes sobre la energía neta para mantenimiento y el embarazo, los cuales se han diferenciado por el sistema de alimentación (extensivo y mixto) y también por la subcategoría del ganado lechero (producción y seca), cabe mencionar que los datos fueron tomados por fundo mediante la ficha de recolección (ver anexo 2, ficha de recolección, ficha de registro de peso vivo); estos datos primarios influyeron de manera directa en los cálculos, fueron parámetros exclusivos para la caracterización del ganado vacuno correspondiente a factores internos y externos; siendo de tal forma la base para estimar la emisión.

La segunda sección está relacionado a la suma de las energías netas para el mantenimiento, actividad, lactancia, embarazo, digestibilidad, REM el cual permite obtener la Energía Bruta (EB). Sobre los resultados de la investigación concernientes a la EB tanto para el sistema extensivo fue de 358.07578 y mixto fue de 253.02966 MJ/día, estos niveles estadísticamente son significativos.

En comparación con el estudio de Reátegui (2014, p. 23), quien ha efectuado la estimación de las emisiones de metano producidas por el estiércol, bajo condiciones climáticas de la irrigación de Majes, Arequipa, indica que para la Energía Bruta (EB) muestra mayor densidad energética en el sistema estabulado siendo de 361.41 a diferencia del sistema mixto que fue de 338.80 MJ/día, se observa diferencia estadística. Efectuando el cruce de datos entre ambos resultados se puede evidenciar diferencias en las investigaciones; existe una discrepancia influenciada por el tipo de sistema de alimentación entendiéndose que en el sistema de alimentación extensivo requiere más energía para desplazarse en busca del alimento a diferencia del sistema mixto donde el vacuno lechero parcialmente requiere de energía en procura del alimento y a diferencia del sistema estabulado existe una inmovilidad total. Además, otro factor primordial es el tipo de ración consumido ya que se sabe que en un extensivo el consumo de alfalfa es en un 80 %, rara vez concentrado y casi nada de ensilado u otro, en cambio en el mixto el alimento es regularmente mejorado y

balanceado proporcionalmente respecto a la alfalfa, concentrado, ensilado u otro (alfalfa seca, heno de avena, vainita seca), en un estabulado la alimentación es rica en nutrientes y altamente balanceado. Cabe mencionar que tanto la energía neta para la lactancia y la de preñez influyen sobre la variación de los valores EB considerando las condiciones climáticas en Arequipa es de frío a templado y en Moquegua es cálido.

La tercera y cuarta sección menciona a la Tasa de Excreción de Sólidos Volátiles (TSV) por día sobre la base de la materia orgánica seca y también comprende al Sistema de Gestión del Estiércol (MMS) y su obtención de la fracción de estiércol por la categoría en mención por zona geográfica usando valores predeterminados.

Con relación a la TSV hallada en la investigación se reportaron valores para el sistema extensivo de 9.6416 y para el sistema mixto de 5.1183 kg VS/día, presentando diferencia estadística.

En comparación con el estudio de Reátegui (2014, p. 23), quien ha efectuado la estimación de las emisiones de metano producidas por el estiércol, bajo condiciones climáticas de la irrigación de Majes, Arequipa, indica que la TSV para el sistema estabulado produce un promedio de 5.78 en comparación al mixto que produce un promedio de 6.78 kg VS/día, presentando diferencia estadística.

El TSV constituye el material orgánico del estiércol vacuno y se refiere a la dieta consumida que no se digiere y que por ende se excreta. Según el IPCC (2006, p. 45) menciona que los niveles superiores de digestibilidad hacen que la TSV sean menores, en tal sentido tiene una relación con la digestibilidad encontrada por ambos estudios, evidenciándose una relación inversa entre los valores de TSV vs DE; además, se menciona que los resultados TSV tienen una diferencia influenciada por el sistema de alimentación el cual obedece a la calidad de la dieta ya que en el sistema estabulado se caracteriza por utilizar niveles altos de concentrado en su dieta a diferencia de un mixto o un extensivo.

En la quinta sección se obtiene el Factor de Emisión (FE) de CH₄ resultante de la gestión del estiércol, para ello se determinó primero la EB, DE, TSV. En esta sección se menciona a los valores de la emisión del gas metano por una cabeza de vacuno en un año.

El Factor de Emisión (FE) en la investigación presente en condiciones del valle de Samegua fue de 1.4482 ± 2.7281 kg CH₄/fundo/año en el sistema de alimentación mixto y extensivo respectivamente, en total un valor de 2.0882 kg CH₄/fundo/año. Los resultados sobre el FE CH₄ mencionados anteriormente se han comparado con otras investigaciones:

Según Reategui (2014, p. 25) respecto al Factor de la Emisión (FE) obtuvo valores reportados de 0.99 ± 1.16 CH₄ kg/fundo/año, para el sistema de alimentación estabulado y mixto respectivamente, para la obtención de los resultados se ha utilizado ecuaciones proveídas por el IPCC, interviniéndose 24 hatos ganaderos; comparando con los datos de la investigación presente, los datos de Reategui son valores ligeramente menores, se debe a los tipos de sistemas intervenidos; por ello cabe mencionar que los sistemas intervenidos en la investigación son la del extensivo y mixto a diferencia de la investigación de Arequipa que fue la del estabulado y mixto.

Con relación a los valores estimados en la tesis de Ecuador elaborado por Delgado y Pinargote (2015, p. 34) se reportó el valor de 2 kg CH₄/cabeza/año, para la obtención de los resultados se ha utilizado el software IPCC 1996, interviniéndose a los hatos ganaderos de la micro cuenca del río Carrizal, comparando con la investigación desarrollada por mi persona no se encuentran diferencias significativas, de tal forma asemejándose ambos resultados; es necesario mencionar que Delgado y Pinargote no diferencia el tipo de sistema de alimentación y no menciona las características productivas de los vacunos en estudio.

En relación a los valores reportados en la investigación en Manabi, Ecuador, elaborado por Luque (2016, p. 4) se reportó el valor de 2 kg CH₄/cabeza/año para vacas lecheras y para ganado no lechero de 1 kg CH₄/cabeza/año, para la obtención de los resultados se ha utilizado el software IPCC 2006 versión 2.10, interviniéndose establos de la provincia en mención. Estos resultados coinciden con los datos alcanzados por la investigación presente, es preciso indicar que los datos de Luque no se diferencian por sistemas de alimentación.

Asimismo es necesario manifestar que los resultados de la investigación se encuentran dentro de los parámetros mencionados por las directrices del IPCC el cual indica que para América latina y El Caribe en base a las temperaturas frío y templado reporta

valores próximos a 1 kg y en cálido en torno a 2 kg CH₄/vacuno/año (IPCC, 2006, p. 41), y mencionándose lo expresado en el IPCC en el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero – año base 2014 para el sector agricultura en el Perú (RAGEI, 2014). Las variaciones se ven reflejadas por el tipo de sistema de alimentación, ración alimenticia, peso vivo del vacuno, manejo del estiércol. Es necesario recalcar también que el potencial de la emisión de CH₄ de la excreta animal varía por su forma física (tamaño, solido o liquido), cantidad de la materia seca, geografía, condiciones climáticas (temperatura y humedad) y la cantidad de tiempo que permanece sin ser alterado (Saggar et al., 2004, p. 143).

Los resultados finales sobre la emisión de metano resultantes por el estiércol aplicando el programa IPCC, fueron trabajados a un nivel de confiabilidad del 95 %, entendiéndose en el software como el nivel de incertidumbre en los datos procesados y exportados. En esta sección se considera los datos de la sexta sección el cual menciona a las emisiones de CH₄ que comprende a la cantidad poblacional y el factor de emisión (FE) para la obtención de las emisiones totales de CH₄. Los valores finales se expresan por la multiplicación del FE respecto a la cantidad poblacional (cabezas de vacuno), bajo esa síntesis se expresa el siguiente valor reportado resultantes del estiércol fue de 0.00028338 Gg CH₄/año el cual en kilogramos seria 283.38 kg CH₄/año siendo ese valor el aporte al inventario nacional de emisiones. Bajo ello es necesario mencionar que en el sector agricultura la tercera actividad contribuyente a la emisión de metano es el manejo del estiércol por debajo de los suelos agrícolas, fermentación entérica y por encima de los cultivos de arroz, quema de residuos y quema de sabanas. Finalmente se considera a la alimentación como factor influyente, otros autores refieren que este es el factor primordial reflejándose así en los valores de emisión sea en fermentación entérica y lo generado por el estiércol; muchos de los animales con actividad rumiante se sostienen por una dieta pobre en nutrientes lo que limita la disponibilidad proteica microbiana y energía neta, pero en consecuencia obtenga una crecida en la emisión de los GEI (Gonzales y Longoria, 2005, p. 159).

VI. CONCLUSIONES

Al término de la investigación presente se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que los factores físicos descritos y considerados como valores primarios tienen influencia directa para la obtención de las emisiones, tales datos recogidos en campo se muestran por cada sistema de alimentación extensivo y mixto. Visitándose 14 fundos, abarcando los cuatro sectores (Cerrillos, Totoral, El Crucero, Tucumán) del Valle de Samegua. Obteniéndose un peso vivo (170 ± 750 kg), producción de leche (0 ± 40 kg), contenido graso (3 – 3.5 %), cantidad de crías producidas en un año (70 %); para el extensivo el consumo alimenticio es en su mayoría alfalfa a diferencia del mixto que es balanceado (alfalfa, concentrado, ensilado, otros forrajes).
2. Se determinó el Factor de emisión (FE) de CH_4 proveniente del estiércol siendo un total de 2.0882 kg CH_4 /fundo/año originado por la densidad energética de la ración (Energía Bruta – EB) el cual comprende la suma de las energías netas, la digestibilidad – DE % y la Tasa de Excreción de Sólidos Volátiles (TSV); los datos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por diferentes investigaciones en condiciones similares.
3. De acuerdo a los valores exportados por el programa se ha demostrado que los sistemas de alimentación expresan diferencias significativas, encontrándose valores mayores en el sistema de alimentación extensivo en vacas lecheras en ambas sub categorías (producción y seca) respecto al sistema de alimentación mixto, reflejándose la variación altamente por el tipo de crianza, ración alimenticia, peso vivo, manejo del estiércol, condiciones climáticas.
4. Los resultados finales sobre la emisión de metano resultantes por el estiércol aplicando el programa IPCC, fueron trabajados a un nivel de confiabilidad del 95 %, entendiéndose en el software como el nivel de incertidumbre en los datos procesados y exportados, permitiendo de tal forma estimar adecuadamente la emisión de metano. Reportándose una emisión por 127 cabezas de ganado vacuno lechero de 0.00028338 Gg CH_4 /año, el cual en kilogramos sería 283.38 kg CH_4 /año siendo ese valor el aporte al Inventario Nacional de Emisiones.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda abrir nuevas investigaciones referente al vacuno (lechero y no lechero) y otras especies rumiantes en diferentes zonas del país, a fin de cuantificar las emisiones de metano y adoptar medidas mitigadoras en el subsector pecuario que encaminen a una responsabilidad ambiental.
2. Se recomienda optimizar los sistemas de alimentación de tal forma que se pueda producir más leche, más carne de calidad y al mismo tiempo aminorar la emisión de metano por la actividad ganadera.
3. Se recomienda incentivar proyectos que implementen sistemas silvopastoriles como el de la ganadería sostenible que permita implementar prácticas en la que se pueda mejorar la calidad de la dieta y la aplicación de parcelas rotativas.
4. Se recomienda usar el IPCC para estimar emisiones de metano, ya que es un software que tiene confiabilidad, posee un manual y directrices para su aplicación sobre los datos a recolectar y el procedimiento establecido para calcular el gas metano, además se puede utilizar para otras actividades, de tal forma que se pueda contribuir al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) en el país.

REFERENCIAS

- Bekkering, J., Broekhuis, A., & Van Gemert, W. (2010). Optimización de una cadena de suministro de gas verde: una revisión. *Tecnología Bioambiental*, 450-456. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852409011705>
- Bornstein, M. H., Jager, J., & Putnick, D. L. (2013). Muestreo en la ciencia del desarrollo: situaciones, diferencias, soluciones y estándares. *Revisión del desarrollo*, 33:357-370.
- Bornstein, M. H., Jager, J., & Putnick, D. L. (December de 2013). *Sampling in developmental science: situations, shrtcomings, solutions, and standards. Developmental Review*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.003>
- Carmona, J. C., Bolivar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15.
- Carmona, J., Bolivar, D., & Giraldo, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 49-63. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Carrillo Flores, A. L. (2015). *Población y Muestra*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
- Chávez Alizo, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa*. Maracaibo: La Columna.
- Cira Chavez, L. A., Minor Pérez, H. B., Dublán Garcia, O. C., & García Barrientos, R. D. (2009). Effect of germination on the physicochemical properties of canavalia (*Canavalia ensiformis*). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 54, 673 - 675.

- Clark, H. (2009). Methane emissions from ruminant the. *Methane emissions from ruminant livestock; are they important and can we*, 71.
- CMCC. (2009). *Convención Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de las partes informe de la conferencia de las partes su 15° periodo de sesiones, Copenhague*. Copenhague, Dinamarca: Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/spa/11a01s.pdf>
- Delgado Chávez, M. S., & Pinargote Zambrano, Y. P. (2015). *Comparaciones entre medición directa y estimación del metano producido por estiércol bobino: Caso Julián y Severino, cantón Bolívar, provincia de Manabí*. Ecuador : Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa , K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japón: Institute for Global Environmental Strategies. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf
- Espinoza, E., & Toscano, D. (2015). *Metodología de Investigacion Educativa y Tecnica [en línea]*. Recuperado el 29 de agosto de 2021, de <https://meet.google.com/linkredirect?authuser=0&dest=http%3A%2F%2Frepositorio.utmachala.edu.ec%2Fbitstream%2F48000%2F6704%2F1%2F38%2520METODOLOGIA%2520DE%2520LA%2520INVESTIGACION%2520TECNICA%2520Y%2520EDUCATIVA.pdf>
- FAO. (2010). *Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector lácteo*. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/news/story/es/item/41351/icode/>
- Fernández, M., García, M., & Gómez, C. (2007). *Emisión de metano y sistemas de producción animal en el Perú: implicancias nutricionales*. Lima, Perú: Zootecnia Universidad Nacional Agraria la Molina.
- García, L., Suárez, Y., Hernández, R., & Betabcourt, A. (2009). Estiércol Bovinos: Mitos y realidades. *Asociación Cubana de Producción Animal*, 36-37. Obtenido de

<http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2009/REVISTA%2004/17%20ESTIERCOL%20BOVINO.pdf>

Gerencia Regional de Agricultura Moquegua. (2020). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Moquegua: Gobierno Regional .

Gersbach, H., Sorger, G., & Amon, C. (mayo de 2018). *Journal of Economic Dynamics & Control Hierarchical growth: Basic and applied research R. Journal of Economic Dynamics and Control*. Recuperado el 10 de mayo de 2020, de <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2018.03.007>

Gonzales, E., & Longoria, R. (2005). Variación del pH durante los procesos anaerobios de emisión de metano por el secado y la fermentación de excretas de ganado bovino en el centro de México. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 21 (4) 159 - 170.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Editorial Mc Graw Hill Education. Obtenido de <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Ed. McGraw-Hill.

Hueso González, A., & Cascant i Sempere, J. (2012). Cuadernos docentes en procesos de desarrollo N° 1. En *Metodología y técnicas cuantitativas de investigación* (pág. 87). España: Universitat Politècnica de Valencia.

INALMET. (2016). *Inalmet: a la medida de su necesidad*. Obtenido de Cinta bovina: <https://www.inalmet.com/productos/agro-veterinaria/cintas-pesadoras/401-cinta-bovino.html>

INGEI. (2021). Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016. *Ministerio del Ambiente*, 19.

IPCC. (2006). *Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto*

invernadero. Grupo de trabajo sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido teoría y práctica*. España: Editorial Paidós.

Laguna Monroy, I. (2002). La generación de energía eléctrica y el ambiente . *Sistema de Información Científica Redalyc*, 65.

Lipa Ancco, V. (2017). *Evaluación de la cantidad de metano producido en vacunos bajo condiciones de pastoreo y suplementación en época de secas en el centro experimental la Raya*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad. Obtenido de http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1817/253T20170276_TC.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Luperdi Puente de la Vega, E. A. (2015). *Relación entre el factor de emisión de metano entérico y la composición nutricional de la ración en vacas lecheras de la irrigación Majes*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/9365/D7.1224.MG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Luque Vera, J. C. (2016). Methane and its relationship to livestock activities in the province of Manabí, Ecuador. *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMF-UNMSM*, 97-103.

Mahecha, L., Gallego, L., & Peláez, F. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323816/20781002>

Maqueda González, M. R., Carbonell Padrino, M. V., Martínez Ramírez, E., & Flórez García, M. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *REDALYC - Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/237030261_Fuentes_de_emision_de_gases_de_efecto_invernadero_en_la_agricultura/link/0046352ef511c85a0400000/download

Marroquín Peña, R. (2012). *Metodología de la Investigación*. Lima: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Obtenido de http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf

Martinez, E., Maqueda, M., Carbonell, M., & Flórez, M. (2005). *Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Méndez Pirazan, C. (2019). Evaluación del estado actual de la gestión del estiércol del ganado bovino en Colombia. *Universidad de Ibagué*, 64.

MINAGRI. (2017). *Diagnóstico de crianzas priorizadas para el Plan Ganadero 2017 - 2021*. Lima: Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.

Namakforoosh, M. (2005). *Metodología de la investigación*. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=ZEJ7-0hmvhwC&dq=VALIDEZ+DEL+INSTRUMENTO&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Núñez Hernández, G., Rodríguez Hernández, K., Granados Niño, J., Anaya Salgado, A., Bonilla Cardenas, J., & Figueroa Viramontes, U. (2015). Emisiones de metano del ganado lechero en explotaciones lecheras en la Región Lagunera. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/328539966_Emisiones_de_metano_del_ganado_lechero_en_explotaciones_lecheras_de_la_Region_Lagunera_Methane_emissions_of_dairy_cattle_in_dairy_farms_in_the_Region_Lagunera

Ocas Gonzales, P. M. (2019). *Emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown Swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado)*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de

[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3447/EMISION%20DE%20METANO%20EN%20DOS%20RAZAS%20DE%20VACUNOS%20LECHERO S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3447/EMISION%20DE%20METANO%20EN%20DOS%20RAZAS%20DE%20VACUNOS%20LECHERO%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*(35(1):227-232), 35(1):227-232.

Pinos Rodríguez, J., García López, J., Peña Avelino, L., Rendón Huarta, J., González González, C., & Tristán Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *SCIELO*.

RAGEI. (2014). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero, sector agricultura*. Perú: Ministerio del Ambiente.

Reategui Ordoñez, J. (2017). Estimación de emisiones de metano producidas por gestión de estiércol proveniente de sistemas de producción de bovinos de leche en Majes. *VÉRITAS vol. 16, 16*, 19-23.

Reátegui Ordoñez, J. E. (2014). *Estimación de las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol proveniente de sistemas de producción de vacunos de leche*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Rúa Franco, M. (2011). La ganadería racional toma fuerza en América Latina. *Cultura empresarial ganadera - Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/142-ganaderia_racional.pdf

Saggar, S., Andrew, R. M., Tate, K. R., Hedley, C. B., Rodda, N. J., & Townsend, J. A. (2004). Modeling nitrous oxide emissions from new Zealand dairy grazed pastures. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, 80, 143 - 156.

Solórzano Ochoa, G. (2003). Aportación de gases de efecto invernadero por el manejo de residuos sólidos en México: el caso del metano. *Dialnet*, 7-15. Obtenido de

file:///C:/Users/IDEAPAD/Downloads/Dialnet-
AportacionDeGasesDeEfectoInvernaderoPorElManejoDeR-2887406.pdf

Stamm, G. W., & Burch, D. S. (1965). *Guía veterinaria para granjeros*. México: Unión Tipografica Editorial Hispano Americana. Obtenido de <https://www.abebooks.com/first-edition/GU%C3%8DA-VETERINARIA-GRANJEROS-STAMM-G.W-BURCH/22409461143/bd>

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México: Editorial Limusa S.A. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65681/Ojeda_MB_S-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UATINGEI. (2019). *IPCC Inventory Software: User Manual version 2.691*. Bratislava, República Eslovaca: SPIRIT Inc. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/files/IPCCInventorySoftwareUserManualV2_691.pdf

Vélez, V., Obando, A., San Martín, F., Olazabal, J., Pacheco, J., & Franco, F. (2014). *Relación entre el consumo de materia seca y la estimación de la emisión de metano en vacunos lecheros diferenciada por sistema de producción y fase de lactancia en la Irrigación Majes*. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.

Vilca Oblitas, G. (2015). *Efecto del concentrado fibroso sobre las emisiones de metano entérico (CH₄) en vacas lecheras*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2390/Vilca_Oblitas_%20Gyorgy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villareal Rodas, J., Arias Chávez, L., Bonilla Cárdenas, J., Román Ponce, S., Basurto Gutiérrez, R., & Núñez Hernández, G. (2016). Emisiones de metano entérico en vacas Holstein del sistema de lechería familiar. *Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México*, 240-250. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3447/EMISION%20DE%2>

0METANO%20EN%20DOS%20RAZAS%20DE%20VACUNOS%20LECHERO
S.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villasís Keever, M., & Miranda Novales, M. (2016). El protocolo de investigación IV: las variables de estudio. *Revista Alergia*, 63(3), 303-310. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755025003.pdf>

Wangchuk, K., Wangdi, J., & Mindu, M. (2018). Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. *Journal of Applied Animal Research*, 349-352.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de las variables

EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA, A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA – 2021								
PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES DE ESTUDIO	MARCO CONCEPTUAL	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
GENERAL ¿Cuál será la cantidad de emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua?	GENERAL Estimar la emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua.	V1 METANO	Moss, et al. (2000, p. 30) citado por Guzmán y Sager (2013) el CH ₄ es un GEI que tiene un potencial de calentamiento global 21 veces superior al CO ₂ . Las actividades agrícolas sobre todo el manejo del ganado vacuno aporta a la acumulación del metano, tanto por fermentación entérica y descomposición anaeróbica de sus excretas.	Para estimar las emisiones del gas metano por la gestión del estiércol de vacas lecheras, se describirá la estimación del CH ₄ producido durante el almacenamiento, así como del estiércol generado por el vacuno aplicando factores físicos para la obtención de los factores de emisión y finalmente la obtención del metano.	Emisión de metano por estiércol	Cantidad de cabezas de ganado vacuno total	Gg CH ₄ /año Instrumento: Uso de software IPCC	
ESPECÍFICOS ¿Cómo los factores físicos contribuyen en la emisión de CH ₄ en los sistemas de alimentación en condiciones de Samegua?	ESPECÍFICOS Describir los factores físicos involucrados en la emisión de CH ₄ en los sistemas de alimentación en condiciones de Samegua					Factor de emisión producido por la gestión del estiércol	Energía bruta	(MJ / día)
¿Cuál es el factor de emisión resultante de la	Determinar el factor de emisión						Excreción de sólidos volátiles por día sobre la	(kg VS / día)

gestión del estiércol del ganado vacuno lechero de acuerdo al sistema de alimentación a pequeña escala bajo el software IPCC a nivel TIER 2?	resultante de la gestión del estiércol del ganado vacuno lechero de acuerdo al sistema de alimentación a pequeña escala bajo el software IPCC a nivel TIER 2					base de materia orgánica seca (VS)	
¿Existirán diferencias entre los valores de las emisiones de CH ₄ entre los sistemas de alimentación extensivo y mixto en condiciones de Samegua, Moquegua?	Determinar las diferencias entre los valores de las emisiones de CH ₄ en los sistemas de alimentación extensivo y mixto en condiciones de Samegua, Moquegua.					Sistema de gestión de estiércol (almacenaje)	Kg de CH ₄ estiércol/fundo/año
						Obtención del factor de emisión por sistema de alimentación	
		V2 ESTIÉRCOL	Asimismo, Smith, et al. (2007, p. 2); Lassey (2008, p. 34) citado por Guzmán y Sager (2013, p. 4), Groennestein, et al. (2012, p. 45), menciona que el manejo del estiércol, así como la cantidad generada de	Los principales factores que inciden en las emisiones de CH ₄ son la cantidad de estiércol que se produce en el valle de Samegua y la porción que se descompone anaerómicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Sobre las diferencias que existen en los dos	Factores físicos del ganado vacuno	Peso vivo	Kg
						Población media anual	Cabeza
						Producción media diaria de leche	(kg / día)
						Contenido de grasa de la leche	(% en peso)
Dieta alimenticia del ganado vacuno	Kg						
Digestibilidad del pienso	DE %						

			<p>excretas por animal y la categorización del ganado producen grandes cantidades de emisiones de gas metano y óxido nitroso, se debe a la actividad de microorganismos en el estiércol.</p>	<p>sistemas de alimentación sea mixto y extensivo se debe a la crianza del ganado vacuno. En ese entender se cree que hay una diferencia de niveles de metano por sistema de alimentación, por ello se visitara 7 fundos mixtos, 8 fundos extensivos.</p>		<p>Almacenaje de estiércol por sistema de gestión de estiércol extensivo y mixto</p>	<p>Unidad</p>
--	--	--	--	---	--	--	---------------

Anexo 2: Formatos de validación

a) Ficha de recolección de datos

EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA - 2021			
RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS PERSONALES			
Nombre del agricultor: _____			Coordenadas
Lugar: _____		Sector: _____	S: _____
Sistema de alimentación: _____	Mixto ()		Extensivo () O: _____
Temperatura: _____			
GANADO VACUNO			
Categorías del vacuno lechero	Cantidad	Peso vivo	Observaciones
Vacas en producción			
Vacas en seca			
Otro vacuno			
Total, de vacas			
COMPOSICIÓN DE LA DIETA ALIMENTICIA (kg MS/vaca/día)			
Composición	Cantidad por cabeza	Piso forrajero	Observaciones
alfalfa			
concentrado			
ensilado			
otros forrajes			
PRODUCCIÓN DE LECHE DEL GANADO VACUNO EN EVALUACIÓN (kg/día; %)			
Composición lechera (kg/día)	Cantidad de leche	% de grasa en la leche	Observaciones
Promedio de las vacas en producción			
Promedio de las vacas en seca			
Total, de leche producida			
ALMACENAMIENTO DEL ESTIÉRCOL			
MANEJO DE EXCRETAS			Observaciones
Distribución diaria en corral			
Almacenaje de sólidos			
Líquido			
Laguna anaeróbica no cubierta			
Uso de biodigestor			

Anexo 3: Validación de Datos

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del validador:** Mg Cesar Honores Balcazar
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad del validador:** Ing. en Energías y Recursos Naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento:** Ficha de registro de datos
- 1.5. **Título de la investigación:**
"Emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua - 2021"
- 1.6. **Autor del instrumento:** Quicaño Maquera, Brenda Paola

II. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ Primera variable: METANO

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
EMISIÓN DE METANO POR ESTIÉRCOL	Cantidad de cabezas de ganado vacuno total, Factor de emisión total de la población definida	x		
FACTOR DE EMISIÓN PRODUCIDO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL	Energía bruta, Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (VS), Sistema de gestión de estiércol (almacenaje), Obtención del factor de emisión por sistema de alimentación	x		

✚ Segunda Variable: ESTIÉRCOL

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
FACTORES FÍSICOS DEL GANADO VACUNO	Peso vivo, Población media anual, Producción media diaria de leche, Contenido de grasa de la leche, Dieta alimenticia del ganado vacuno, Digestibilidad del pienso, almacenaje del estiércol, Sistema de alimentación extensivo y mixto	x		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

78

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 03 de setiembre del 2021


Firma del experto informante

Teléfono 970334583

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del validador:** Ing. Samuel Carlos Reyna Mandujano
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad del validador:** Ingeniería ambiental
- 1.4. **Nombre del instrumento:** Ficha de registro de datos
- 1.5. **Título de la investigación:**
"Emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua - 2021"
- 1.6. **Autor del instrumento:** Quicaño Maquera, Brenda Paola

2. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

Primera variable: METANO

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
EMISIÓN DE METANO POR ESTIÉRCOL	Cantidad de cabezas de ganado vacuno total, Factor de emisión total de la población definida	x		
FACTOR DE EMISIÓN PRODUCIDO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL	Energía bruta, Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (VS), Sistema de gestión de estiércol (almacenaje), Obtención del factor de emisión por sistema de alimentación	x		

Segunda Variable: ESTIÉRCOL

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
FACTORES FÍSICOS DEL GANADO VACUNO	Peso vivo, Población media anual, Producción media diaria de leche, Contenido de grasa de la leche, Dieta alimenticia del ganado vacuno, Digestibilidad del pienso, almacenaje del estiércol, Sistema de alimentación extensivo y mixto	x		

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

75

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 03 de setiembre del 2021



Firma del experto informante

Teléfono 992155019

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres del validador:** Mg. Marco Herrera Diaz
1.2. **Cargo e institución donde labora:** Universidad Cesar Vallejo
1.3. **Especialidad del validador:** Ingeniero Geografo
1.4. **Nombre del instrumento:** Ficha de registro de datos
1.5. **Título de la investigación:**
"Emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua - 2021"
1.6. **Autor del instrumento:** Quicaño Maquera, Brenda Paola

2. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

✚ **Primera variable: METANO**

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
EMISIÓN DE METANO POR ESTIÉRCOL	Cantidad de cabezas de ganado vacuno total, Factor de emisión total de la población definida	x		
FACTOR DE EMISIÓN PRODUCIDO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL	Energía bruta, Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (VS), Sistema de gestión de estiércol (almacenaje), Obtención del factor de emisión por sistema de alimentación	x		

✚ **Segunda Variable: ESTIÉRCOL**

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
FACTORES FÍSICOS DEL GANADO VACUNO	Peso vivo, Población media anual, Producción media diaria de leche, Contenido de grasa de la leche, Dieta alimenticia del ganado vacuno, Digestibilidad del pienso, almacenaje del estiércol, Sistema de alimentación extensivo y mixto	x		

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 03 de setiembre del 2021



Firma del experto informante

Teléfono 951203784

Anexo 4: Coeficientes y ecuaciones

a. Constantes del IPCC

a.1. Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los animales

Situación	Definición	C _a
Vacunos y búfalos (la unidad para C_a no tiene dimensión)		
Compartimiento	Los animales están confinados en una pequeña superficie (es decir, amarrados, en caballerizas, en establo) de lo que resulta que gastan muy poca o ninguna energía en procurade alimento.	0,00
Pastura	Los animales están confinados en áreas con suficiente forraje, lo que exige un escaso gasto de energía en procura del alimento.	0,17
Grandes superficies de pastoreo	Los animales pastan a campo abierto o en terrenos accidentados y gastan una cantidad significativa de energía en procura de su alimento.	0,36

a.2. Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (nem)

Categoría animal	C _f (MJ d ⁻¹ kg ⁻¹)	Comentarios
Vacunos/búfalos (vacas no en lactancia)	0,322	
Vacunos/búfalos (vacas en lactancia)	0,386	Este valor es un 20% más alto para mantenimiento durante la lactancia.
Fuente: NRC (1996) y AFRC (1993).		

a.3. Digestibilidad alimentaria representativa de las distintas categorías de ganado

DIGESTIBILIDAD ALIMENTARIA REPRESENTATIVA DE LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DE GANADO		
Categorías principales	Clase	Digestibilidad (DE%)
Vacunos y otros rumiantes	7. Animales de corral alimentados con >90% de dieta concentrada;	10. 75 - 85%
	8. Animales alimentados con pasturas;	11. 55 - 75%
	9. Animales alimentados con forraje de baja calidad	12. 45 - 55%

a.4. Constantes a utilizar en el cálculo de Nep (Energía Neta para Preñez)

Categoría animal	C _{pregnancy}
Vacunos y búfalos	0,10
Fuente: Estimación para vacunos y búfalos desarrollada a partir de datos de NRC (1996). Estimaciones para ovinos desarrolladas a partir de datos de AFRC (1993), teniendo en cuenta la ineficiencia de la conversión de energía.	

a.5. Valores de MCF (factores de conversión de metano) por temperatura para sistemas de gestión del estiércol

Sistema	MCF según la temperatura promedio anual (°C)																	
	Frío					Templado										Cálido		
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Pastura/Prado/Pradera	1,00%					1,50%										2,00%		
Distribución diaria	0,10%					0,50%										1,00%		
Almacenaje de sólidos	2,00%					4,00%										5,00%		

a.6. Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros vacunos

MCF del sistema de gestión del estiércol		
Almacenamientos sólidos	Pastura/ prado/pradera	Distribución diaria
2,00%	1,00%	0,10%
2,00%	1,00%	0,10%
2,00%	1,00%	0,10%
2,00%	1,00%	0,10%
2,00%	1,00%	0,10%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,00%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
4,00%	1,50%	0,50%
5,00%	2,00%	1,00%
5,00%	2,00%	1,00%
5,00%	2,00%	1,00%

a.7. Factores de emisión kg CH₄ por cabeza por año

Frío					Templado												Cálido		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26	
6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23	
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

a.8. Indicadores de la Ingesta diaria promedio de alimento

Indicadores para calcular la ingesta de alimentos	abreviatura y ecuación sugerida, interpuesta por las directrices del IPCC (2006)
Energía neta para mantenimiento (MJ/día)	EN _m = Ec. 10.3
Energía neta por actividad (MJ/día)	EN _a = Ec. 10.4
Energía neta para la lactancia (MJ/día)	EN _l = Ec. 10.8
Energía neta para el embarazo (MJ/día)	EN _e = Ec. 10.13
Digestibilidad del pienso (%)	DE %
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digestible consumida.	REM = Ec. 10.14
Relación entre la energía neta disponible para el crecimiento de una dieta y la energía digestible consumida.	REG = Ec. 10.15
Energía Bruta	EB (MJ/día)

b. ecuaciones

b.1. Cálculo de la energía bruta (EB)

$$EB = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_p}{REM} \right)}{\frac{DE \%}{100}} \right]$$

Dónde:

EB = Energía bruta, MJ/día

NE_m = Energía neta requerida por el vacuno para su mantenimiento

NE_a = Energía neta para la actividad animal

NE_l = Energía neta para lactancia

NE_p = Energía neta requerida para la preñez

REM = Relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.

DE% = Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta.

Para el desarrollo de cada ecuación (ec. 10.3 al 10.13), de las energías netas debe revisarse el capítulo 10 del IPCC sobre la gestión del ganado y estiércol, en la que se detalla cada uno.

b.2. Cálculo de la excreción de sólidos volátiles por día (TSV)

$$VS = \left[EB * \left(1 - \frac{DE \%}{100} \right) + (UE * EB) \right] * \left[\left(\frac{1 - CENIZA}{18.45} \right) \right]$$

Dónde:

VS = Excreción de sólidos volátiles en base a la materia orgánica seca, kg VS/día

EB = Ingesta de energía bruta, MJ /día

DE % = Digestibilidad del pienso (p. ej., 60%)

(UE • EB) = La energía de la orina se expresa como parte de la GE. Generalmente, la deyección de energía urinaria de la mayoría de los vacunos se puede

considerar como 0.04 EB (para rumiantes con 85% o más de contenido de granos en el alimento, se puede reducir a 0.02). Si está disponible, utilice valores específicos del país.

CENIZA = El contenido de cenizas de excretas se calcula como parte de la ingesta dietética de materia seca (por ejemplo, 0.08 para el ganado). Si está disponible, utilice valores específicos del país.

18.45 = Factor de conversión de EB por kilogramo de ración de alimento de materia seca (MJ/kg). Este valor es relativamente invariable en una serie de forrajes y piensos a base de cereales que a menudo consume el ganado.

b.3. Cálculo del factor de emisión (FE) resultante de la gestión del estiércol

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} * 365) * \left[B_{O(T)} * 0.67 \frac{kg}{m^3} * \sum_{s,k} \frac{MCF_{s,k}}{100} * MS_{(T,s,k)} \right]$$

Dónde:

EF(T) = Factor de emisión de CH₄ expresado en kg CH₄/fundo/año

VS(T) = Sólidos volátiles excretados expresado en kg materia seca animal/día

365 = días año

Bo(T) = Capacidad máxima de producción de metano de excretas producido por el ganado lechero, m³ de CH₄/kg de VS expulsado

0,67 = Factor de conversión en m³ de CH₄ a kilos de CH₄

MCF(s,k) = Factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol (s) por región climática (k), %

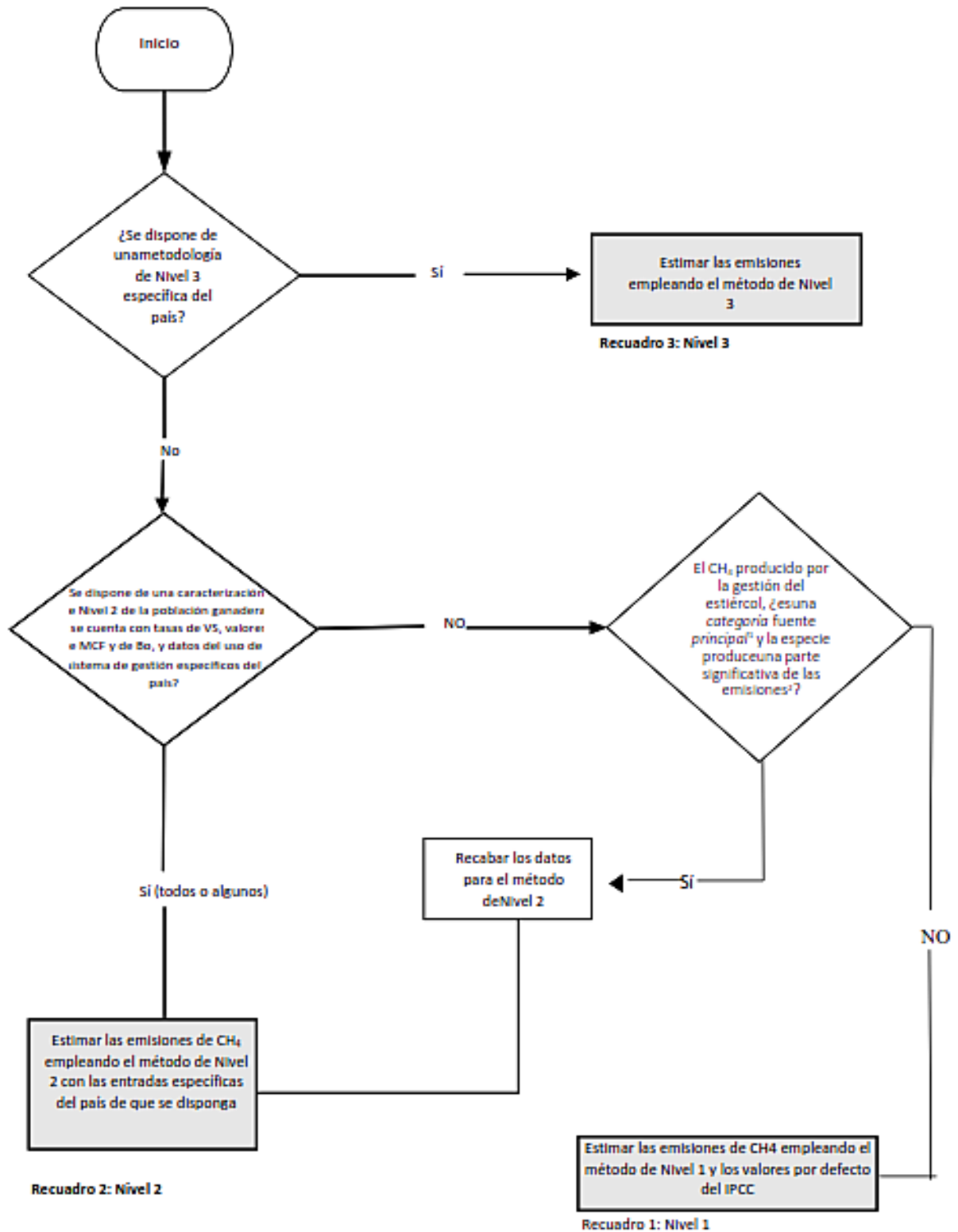
MS(t,s,k) = Fracción del estiércol del ganado (t) usando el sistema de gestión de excretas (s) en la región climática (k), sin dimensión.

c. Peso según la cinta bovina

Peso vivo de las vacas Holstein							
Perímetro torácico	Peso en kilogramos	Perímetro torácico	Peso en kilogramos	Perímetro torácico	Peso en kilogramos	Perímetro torácico	Peso en kilogramos
Cm	Kg	cm	kg	cm	kg	cm	kg
68.6	32	106.7	108	144.8	251	182.9	477
71.1	35	109.2	116	147.3	263	185.4	495
73.7	39	118.8	123	149.7	276	187.9	514
76.2	43	114.3	131	152.4	289	190.5	534
78.7	47	116.8	139	154.9	302	193.0	553
81.3	51	119.4	148	157.5	316	195.6	574
83.8	56	121.9	156	160.0	330	198.1	595
86.4	61	124.5	165	162.6	345	200.7	615
88.9	66	127.0	175	165.1	360	203.2	637
91.4	71	129.5	185	167.6	375	205.7	659
94.4	77	132.1	195	170.2	391	208.3	682
96.5	82	134.6	205	172.7	408	210.8	705
99.1	88	137.2	216	175.3	424	213.4	729
101.6	95	139.7	228	177.8	441	215.9	753
104.1	102	142.2	239	180.3	459	218.4	778

Fuente: Stamm y Burch (1965, p. 55)

c. Árbol de decisiones para emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol



Anexo 5: Consolidación de los registros de campo

a. Peso y Población

a.1. Peso del ganado vacuno

Fundo	Poblaciones vacas lecheras en producción	Sistema de alimentación	Peso mínimo	Peso máximo	Peso promedio
1	8	mixto	490	600	530
2	7	extensivo	400	500	450
3	4	mixto	440	570	510
4	9	mixto	460	600	520
5	6	extensivo	442	500	470
6	3	extensivo	380	400	400
7	7	extensivo	200	300	260
8	2	extensivo	250	350	300
9	6	mixto	300	420	390
10	3	mixto	410	620	530
11	6	mixto	500	750	600
12	5	extensivo	340	500	430
13	7	mixto	420	510	480
14	8	extensivo	450	560	490
TOTAL	81		392	513	454

a.2. Peso del ganado vacuno poblaciones vacas en seca

FUNDO	POBLACIÓN VACAS EN SECA	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	PESO MÍNIMO	PESO MÁXIMO	PESO PROMEDIO
1	6	mixto	400	500	470
2	3	extensivo	444	455	450
3	1	mixto	500	-	500
4	2	mixto	410	450	430
5	3	extensivo	400	450	420
6	3	extensivo	350	450	400
7	3	extensivo	170	280	210
8	3	extensivo	280	320	300
9	2	mixto	450	490	470
10	4	mixto	400	470	440
11	3	mixto	600	650	630
12	6	extensivo	400	450	410
13	3	mixto	360	450	420
14	4	extensivo	400	520	430
TOTAL	46		397	457	427

b. Dieta alimenticia

DIETA ALIMENTICIA Y ALMACENAMIENTO DEL ESTIÉRCOL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EXTENSIVO										
Código	Sector	Composición de la Dieta Alimenticia kg/vaca/día			Vacas en Producción / Vacas en seca	Producción de leche del ganado vacuno en evaluación (litros), %		Almacenamiento del Estiércol		Observaciones
		Tipo de Alimentación	kg	Piso Forrajero		Litros	% de Grasa en la leche			
TO-2	Totoral	Alfalfa	35 kg	2 ha	Vacas en Producción	15 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	El estiércol se almacena, se guarda en bolsas herméticas
		Concentrado	5 kg					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	-		Vacas en seca	10 L	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	-					Laguna aeróbica no cubierta	-	
CE-5	Cerrillos	Alfalfa	20 kg	3 ha	Vacas en Producción	8 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	Solo consumen alfalfa y concentrado, producen poca leche y vende el estiércol
		Concentrado	1 kg					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	-		Vacas en seca	-	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	-					Laguna aeróbica no cubierta	-	
CE-6	Cerrillos	Alfalfa	50 kg	2,5 ha	Vacas en Producción	23 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	
		Concentrado	-					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	-		Vacas en seca	15 L	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	3 kg					Laguna aeróbica no cubierta	-	

CE-7	Cerrillos	Alfalfa	40 kg	2 ha	Vacas en Producción	30 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	Rara vez se le encuentra al agricultor
								Almacenaje de solidos	X	
		Concentrado	-		Vacas en seca	-	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Ensilado	-					Laguna aeróbica no cubierta	-	
		Otros Forrajes	-							
TU-8	Tucumán	Alfalfa	30 kg	1/2 ha	Vacas en Producción	30 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	consumo de avena 10 kg, estiércol como abono
		Concentrado	5 kg					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	30 kg		Vacas en seca	-	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	10 kg					Laguna aeróbica no cubierta	-	
TO-12	Totoral	Alfalfa	50 kg	4 ha	Vacas en Producción	15 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	
		Concentrado	2 kg					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	10 kg		Vacas en seca	5 L	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	-					Laguna aeróbica no cubierta	-	
TO-14	Totoral	Alfalfa	40 kg	2 ha	Vacas en Producción	12 L	3.5 %	Distribución diaria de corral	X	
		Concentrado	3 kg					Almacenaje de solidos	X	
		Ensilado	-		Vacas en seca	5 L	3.5 %	Almacenaje de líquidos	-	
		Otros Forrajes	-					Laguna aeróbica no cubierta	-	

Anexo 6: Datos obtenidos detalladamente

a. Datos físicos del ganado vacuno

a.1. Población ganadera de vacas lecheras en producción (extensivo)

EXTENSIVO												
Zona geográfica	Código del fundo	Población media anual (cabeza)	Peso vivo (kg)	Situación de alimentación	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Coefficiente para calcular la energía neta para mantenimiento (MJ / día / kg)	Coefficiente para calcular la energía neta para mantenimiento (en frío) (MJ / día / kg)	Producción media diaria de leche (kg / día)	Contenido de grasa de la leche (% en peso)	% de hembras que dan a luz en un año (%)	Coefficiente para calcular la energía neta para el embarazo	Digestibilidad del pienso (%)
Z	Cód.	AAP	W	Ca	Tw	Cfi	$Cfi (in-cold) = Cfi + (0.0048 * (20 - Tw))$				Cp	DE %
19	CE-5	6	470	0.36	14	0.386	0.4148	8	3.5	70	0.1	50
	CE-6	3	400	0.36	20	0.386	0.386	23	3.5	70	0.1	50
	CE-7	7	260	0.36	16	0.386	0.4052	30	3.5	70	0.1	50
	TO-12	5	430	0.36	22	0.386	0.3764	15	3.5	70	0.1	50
	TO-14	8	490	0.36	17	0.386	0.404	12	3.5	70	0.1	50
	TO-2	7	450	0.36	17	0.386	0.4004	15	3.5	70	0.1	50
	TU-8	2	300	0.36	18	0.386	0.3956	30	3.5	70	0.1	50
TOTAL		38										

a.4. Población ganadera de vacas lecheras en seca (mixto)

MIXTO												
Zona geográfica	Código del fundo	Población media anual (cabeza)	Peso vivo (kg)	Situación de alimentación	Temperatura media diaria durante la temporada de invierno (° C)	Coficiente para calcular la energía neta para mantenimiento (MJ / día / kg)	Coficiente para calcular la energía neta para mantenimiento (en frío) (MJ / día / kg)	Producción media diaria de leche (kg / día)	Contenido de grasa de la leche (% en peso)	% de hembras que dan a luz en un año (%)	Coficiente para calcular la energía neta para el embarazo	Digestibilidad del pienso (%)
Z	Cód.	AAP	W	Ca	Tw	Cfi	$Cfi (in-cold) = Cfi + (0.0048 * (20 - Tw))$				Cp	DE %
19	CE-4	2	430	0.17	17	0.322	0.3364	15	3	70	0.1	65
	CR-3	1	500	0.17	20	0.322	0.322	0	3	70	0.1	65
	TO-1	6	470	0.17	17	0.322	0.3364	20	3	70	0.1	65
	TO-10	4	440	0.17	22	0.322	0.3124	10	3	70	0.1	65
	TO-13	3	420	0.17	17	0.322	0.3364	10	3	70	0.1	65
	TU-11	3	630	0.17	17	0.322	0.3364	7	3	70	0.1	65
	TU-9	2	470	0.17	18	0.322	0.3316	6	3	70	0.1	65
TOTAL		21										

b. Dieta alimenticia

b.1. Ingesta diaria promedio de alimento vacas en producción (extensivo)

EXTENSIVO								
Código del fundo	Energía neta para mantenimiento (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la lactancia (MJ/día)	Energía neta para el embarazo (MJ/día)	Digestibilidad del pienso (%)	Relación entre la energía neta disponible en la dieta para el mantenimiento y la energía digestible consumida	Energía Bruta (MJ/día)
Cód.	Tipo de Cfi	Nem=Eq. 10.3	Nea = Eq. 10.4	Nea=Eq. 10.8	Nep=Eq. 10.13	DE%	REM=Eq. 10.14	GE
CE-5	Cfi	38.9637	14.0269	22.96	2.7275	50	0.4386	358.8104
CE-6	Cfi	34.5249	12.4290	66.01	2.4167	50	0.4386	526.1913
CE-7	Cfi	24.9929	8.9975	86.1	1.7495	50	0.4386	555.6489
TO-12	Cfi	36.4493	13.1217	43.05	2.5514	50	0.4386	434.0323
TO-14	Cfi	40.2008	14.4723	34.44	2.8141	50	0.4386	419.232
TO-2	Cfi	37.7135	13.5769	43.05	2.6399	50	0.4386	442.277
TU-8	Cfi	27.8246	10.0168	86.1	1.9477	50	0.4386	574.1152
PROMEDIO								472.901014

b.2. Ingesta diaria promedio de alimento vacas en seca (extensivo)

EXTENSIVO								
Código del fondo	Energía neta para mantenimiento (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la lactancia (MJ/día)	Energía neta para el embarazo (MJ/día)	Digestibilidad del pienso (%)	Relación entre la energía neta disponible en la dieta para el mantenimiento y la energía digestible consumida	Energía Bruta (MJ/día)
Cód.	Tipo de Cfi	Nem=Eq. 10.3	Nea = Eq. 10.4	Nea=Eq. 10.8	Nep=Eq. 10.13	DE%	REM=Eq. 10.14	GE
CE-5	Cfi	29.874	10.7546	0	2.0912	50	0.4386	194.8228
CE-6	Cfi	28.8006	10.3682	43.05	2.016	50	0.4386	384.1514
CE-7	Cfi	17.7632	6.3947	0	1.2434	50	0.4386	115.8423
TO-12	Cfi	29.3389	10.562	14.35	2.0537	50	0.4386	256.7763
TO-14	Cfi	30.4059	10.9461	14.35	2.1284	50	0.4386	263.7345
TO-2	Cfi	31.4605	11.3258	28.7	2.2022	50	0.4386	336.0551
TU-8	Cfi	23.2112	8.356	0	1.6248	50	0.4386	151.3714
PROMEDIO								243.250543

b.3. Ingesta diaria promedio de alimento vacas en producción (mixto)

MIXTO								
Código del fundo	Energía neta para mantenimiento (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la lactancia (MJ/día)	Energía neta para el embarazo (MJ/día)	Digestibilidad del pienso (%)	Relación entre la energía neta disponible en la dieta para el mantenimiento y la energía digestible consumida	Energía Bruta (MJ/día)
Cód.	Tipo de Cfi	Nem=Eq. 10.3	Nea = Eq. 10.4	Nea=Eq. 10.8	Nep=Eq. 10.13	DE%	REM=Eq. 10.14	GE
CE-4	Cfi	42.0329	7.1456	66.75	2.9423	65	0.5138	355.9159
CR-3	Cfi	41.4252	7.0423	45.39	2.8998	65	0.5138	289.7048
TO-1	Cfi	42.6377	7.2484	106.8	2.9846	65	0.5138	478.0767
TO-10	Cfi	42.6377	7.2484	80.1	2.9846	65	0.5138	398.1331
TO-13	Cfi	39.5839	6.7293	40.05	2.7709	65	0.5138	266.8796
TU-11	Cfi	46.7951	7.9552	480.06	3.2757	65	0.5138	317.6362
TU-9	Cfi	33.8755	5.7588	32.04	2.3713	65	0.5138	221.7029
PROMEDIO								332.578457

b.4. Ingesta diaria promedio de alimento vacas en seca (mixto)

MIXTO								
Código del fundo	Energía neta para mantenimiento (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la actividad (MJ/día)	Energía neta para la lactancia (MJ/día)	Energía neta para el embarazo (MJ/día)	Digestibilidad del pienso (%)	Relación entre la energía neta disponible en la dieta para el mantenimiento y la energía digestible consumida	Energía Bruta (MJ/día)
Cód.	Tipo de Cfi	Nem=Eq. 10.3	Nea = Eq. 10.4	Nea=Eq. 10.8	Nep=Eq. 10.13	DE%	REM=Eq. 10.14	GE
CE-4	Cfi	30.4059	5.169	40.05	2.1284	65	0.5138	232.8041
CR-3	Cfi	34.0474	5.7881	0.00	2.3833	65	0.5138	126.4087
TO-1	Cfi	32.5034	5.5256	53.4	2.2752	65	0.5138	280.5636
TO-10	Cfi	30.9347	5.2589	26.7	2.1654	65	0.5138	194.7957
TO-13	Cfi	29.874	5.0786	26.7	2.0912	65	0.5138	190.8576
TU-11	Cfi	40.4913	6.8835	18.69	2.8344	65	0.5138	20.2937
TU-9	Cfi	32.5034	5.5256	16.02	2.2752	65	0.5138	168.6427
PROMEDIO								173.480871

c. Tasa de expresión de sólidos volátiles

c.1. Excreción de sólidos volátiles por día en vacas en producción (extensivo)

EXTENSIVO						
Código del fundo	Energía bruta (MJ / día)	Digestibilidad del pienso (%)	Fracción de energía urinaria	Energía urinaria expresada como fracción de GE	Contenido de cenizas del estiércol calculado como una fracción de la ingesta de alimento de materia seca	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS / día)
Cód.	GE	DE	UE	UE*GE	ASH	VS=Eq. 10.24
CE-5	358.8104	50	0.04	14.3524	0.08	9.6616
CE-6	526.1913	50	0.04	21.0477	0.08	14.1657
CE-7	555.6489	50	0.04	22.226	0.08	14.9619
TO-12	434.0323	50	0.04	17.3613	0.08	11.6871
TO-14	419.232	50	0.04	16.7693	0.08	11.2886
TO-2	442.277	50	0.04	17.6911	0.08	11.9091
TU-8	574.1152	50	0.04	22.9646	0.08	15.4591
PROMEDIO						12.7333

c.2. Excreción de sólidos volátiles por día en vacas en seca (extensivo)

EXTENSIVO						
Código del fundo	Energía bruta (MJ / día)	Digestibilidad del pienso (%)	Fracción de energía urinaria	Energía urinaria expresada como fracción de GE	Contenido de cenizas del estiércol calculado como una fracción de la ingesta de alimento de materia seca	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS / día)
Cód.	GE	DE	UE	UE*GE	ASH	VS=Eq. 10.24
CE-5	194.8228	50	0.04	7.7929	0.08	5.246
CE-6	384.1514	50	0.04	15.3661	0.08	10.344
CE-7	115.8423	50	0.04	4.6337	0.08	3.1193
TO-12	256.7763	50	0.04	10.2711	0.08	6.9142
TO-14	263.7345	50	0.04	10.5494	0.08	7.1015
TO-2	336.0551	50	0.04	13.4422	0.08	9.0489
TU-8	151.3714	50	0.04	6.0549	0.08	4.076
PROMEDIO						6.5500

c.3. Excreción de sólidos volátiles por día en vacas en producción (mixto)

MIXTO						
Código del fundo	Energía bruta (MJ / día)	Digestibilidad del pienso (%)	Fracción de energía urinaria	Energía urinaria expresada como fracción de GE	Contenido de cenizas del estiércol calculado como una fracción de la ingesta de alimento de materia seca	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)
Cód.	GE	DE	UE	UE*GE	ASH	VS=Eq. 10.24
CE-4	355.9159	65	0.04	14.2366	0.08	6.9216
CR-3	289.7048	65	0.04	11.5882	0.08	5.6339
TO-1	478.0767	65	0.04	19.1231	0.08	9.2972
TO-10	398.1331	65	0.04	7.9627	0.08	7.3455
TO-13	2668796	65	0.04	10.6752	0.08	5.19
TU-11	317.6362	65	0.04	12.7054	0.08	6.1771
TU-9	221.7029	65	0.04	4.4341	0.08	4.0904
PROMEDIO						6.3794

c.4. Excreción de sólidos volátiles por día en vacas en seca (mixto)

MIXTO						
Código del fundo	Energía bruta (MJ / día)	Digestibilidad del pienso (%)	Fracción de energía urinaria	Energía urinaria expresada como fracción de GE	Contenido de cenizas del estiércol calculado como una fracción de la ingesta de alimento de materia seca	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)
Cód.	GE	DE	UE	UE*GE	ASH	VS=Eq. 10.24
CE-4	232.8041	65	0.02	4.6561	0.08	4.2952
CR-3	126.4087	65	0.04	5.0563	0.08	2.4583
TO-1	280.5636	65	0.04	11.2225	0.08	5.4562
TO-10	194.7957	65	0.04	7.7918	0.08	3.7882
TO-13	190.8576	65	0.04	7.6343	0.08	3.7116
TU-11	20.2937	65	0.04	8.2517	0.08	4.0118
TU-9	168.6427	65	0.04	6.7457	0.08	3.2796
PROMEDIO						3.8573

d. Factor de conversión

d.1. Uso de MMS y factor de conversión de metano de vacas lecheras (extensivo)

EXTENSIVO			
Código del fundo	Sistema de gestión de estiércol	Factor de conversión de metano para MMS en zona geográfica (%)	Fracción de estiércol de categoría ganadera manipulado con MMS en zona geográfica
Cód.	MMS	MCF (T, S)	MS (T, S)
CE-5	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
CE-6	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
CE-7	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-12	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-14	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-2	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TU-8	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01

d.3. Uso de MMS y factor de conversión de metano de vacas lecheras (mixto)

MIXTO			
Código del fondo	Sistema de gestión de estiércol	Factor de conversión de metano para MMS en zona geográfica (%)	Fracción de estiércol de categoría ganadera manipulado con MMS en zona geográfica
Cód.	MMS	MCF (T, S)	MS (T, S)
CE-4	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
CR-3	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-1	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-10	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TO-13	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TU-11	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01
TU-9	Pastizal/ distancia/ potrero	1.5	0.36
	Distribución diaria	0.5	0.62
	Almacenamiento	4	0.01

e. Factor de emisión de metano

e.1. Factor de emisión de CH₄ para la gestión del estiércol en vacas en producción (extensivo)

EXTENSIVO				
Código del fundo	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)	Capacidad máxima de producción de metano (m ³ CH ₄ /kg VS)	MCF promedio ponderado	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
Cód.	VS	Bo	MCFavg	EF= (VS x 365) x [B _o x 0.67 x ∑MCF/100 x MS]
CE-5	9.6616	0.13	0.0089	2.7337
CE-6	14.1687	0.13	0.0089	4.0089
CE-7	14.9619	0.13	0.0089	4.2334
TO-12	11.6871	0.13	0.0089	3.3068
TO-14	11.2886	0.13	0.0089	3.194
TO-2	11.9091	0.13	0.0089	3.3696
TU-8	15.4591	0.13	0.0089	4.3741
PROMEDIO				3.6029

e.2. Factor de emisión de CH₄ para la gestión del estiércol en vacas en seca (extensivo)

EXTENSIVO				
Código del fundo	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)	Capacidad máxima de producción de metano (m ³ CH ₄ /kg VS)	MCF promedio ponderado	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
Cód.	VS	Bo	MCFavg	EF= (VS x 365) x [B _o x 0.67 x ∑MCF/100 x MS]
CE-5	5.246	0.13	0.0089	1.4843
CE-6	10.344	0.13	0.0089	2.9268
CE-7	3.1193	0.13	0.0089	0.8826
TO-12	6.9142	0.13	0.0089	1.9563
TO-14	7.1015	0.13	0.0089	2.0093
TO-2	9.0489	0.13	0.0089	2.5603
TU-8	4.076	0.13	0.0089	1.1533
PROMEDIO				1.8533

e.3. Factor de emisión de CH₄ para la gestión del estiércol en vacas en producción (mixto)

MIXTO				
Código del fundo	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)	Capacidad máxima de producción de metano (m ³ CH ₄ /kg VS)	MCF promedio ponderado	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
Cód.	VS	Bo	MCFavg	EF= (VS x 365) x [B _o x 0.67 x \sum MCF/100 x MS]
CE-4	6.9216	0.13	0.0089	1.9584
CR-3	5.6339	0.13	0.0089	1.5941
TO-1	9.2972	0.13	0.0089	2.6306
TO-10	7.3455	0.13	0.0089	2.0784
TO-13	5.19	0.13	0.0089	1.4685
TU-11	6.1771	0.13	0.0089	1.7478
TU-9	4.0904	0.13	0.0089	1.1574
PROMEDIO				1.8050

e.4. Factor de emisión de CH₄ para la gestión del estiércol en vacas en seca (mixto)

MIXTO				
Código del fundo	Excreción de sólidos volátiles por día sobre la base de materia orgánica seca (kg VS/día)	Capacidad máxima de producción de metano (m ³ CH ₄ /kg VS)	MCF promedio ponderado	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]
Cód.	VS	Bo	MCFavg	EF= (VS x 365) x [B _o x 0.67 x \sum MCF/100 x MS]
CE-4	4.2952	0.13	0.0089	1.2153
CR-3	2.4583	0.13	0.0089	0.6956
TO-1	5.4562	0.13	0.0089	1.5438
TO-10	3.7882	0.13	0.0089	1.0719
TO-13	3.7116	0.13	0.0089	1.0502
TU-11	4.0118	0.13	0.0089	1.1351
TU-9	3.2796	0.13	0,0089	0.928
PROMEDIO				1.0914

f. Emisiones totales

f.1. Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol en producción (extensivo)

EXTENSIVO			
Código del fundo	Número de animales	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]	Emisiones de CH ₄ (Gg CH ₄ /año)
Cód.	N(T)	EF (T)	CH ₄ =N(T)*EF(T)*10 ⁶
CE-5	6	2.7337	0.0000164
CE-6	3	4.0089	0.00001203
CE-7	7	4.2334	0.00002963
TO-12	5	3.3068	0.00001653
TO-14	8	3.194	0.00002555
TO-2	7	3.3696	0.00002359
TU-8	2	4.3741	0.00000875
TOTAL	38		0.00013248

f.2. Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol en seca (extensivo)

EXTENSIVO			
Código del fundo	Número de animales	Factor de emisión [kg CH ₄ / (fundo/año)]	Emisiones de CH ₄ (Gg CH ₄ /año)
Cód.	N(T)	EF (T)	CH ₄ =N(T)*EF(T)*10 ⁶
CE-5	3	1.4843	0.00000445
CE-6	3	2.9268	0.00000878
CE-7	3	0.8826	0.00000265
TO-12	6	1.9563	0.00001174
TO-14	4	2.0093	0.00000804
TO-2	3	2.5603	0.00000768
TU-8	3	1.1533	0.00000346
TOTAL	25		0.0000468

f.3. Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol en producción (mixto)

Emisiones de CH ₄ de la gestión del estiércol en producción			
MIXTO			
Código del fondo	Número de animales	Factor de emisión [kg CH ₄ /(cabeza/año)]	Emisiones de CH ₄ (Gg CH ₄ /año)
cód.	N(T)	EF (T)	CH ₄ =N(T)*EF(T)*10 ⁶
CE-4	9	1.9584	0.00001763
CR-3	4	1.5941	0.00000638
TO-1	8	2.6306	0.00002104
TO-10	3	2.0784	0.00000624
TO-13	7	1.4685	0.00001028
TU-11	6	1.7478	0.00001049
TU-9	6	1.1574	0.00000694
TOTAL	43		0.000079

f.4. Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol en seca (mixto)

MIXTO			
Código del fondo	Número de animales	Factor de emisión [kg CH ₄ /(cabeza/año)]	Emisiones de CH ₄ (Gg CH ₄ /año)
cód.	N(T)	EF (T)	CH ₄ =N(T)*EF(T)*10 ⁶
CE-5	2	2.7337	0.00000243
CE-6	1	4.0089	0.0000007
CE-7	6	4.2334	0.00000926
TO-12	4	3.3068	0.00000429
TO-14	3	3.194	0.00000315
TO-2	3	3.3696	0.00000341
TU-8	2	4.3741	0.00000186
TOTAL	21		0.0000251

Anexo 7: Panel fotográfico



Figura 1. Proporción de alimento consumido diariamente de ensilado para el sistema de alimentación mixto, Sector el Totoral.



Figura 2. Visita al Sector Tucuman – Samegua de un sistema de alimentación mixto para la toma de datos en las fichas de registro



Figura 3. Llenado de fichas a Agricultores



Figura 4. Determinación de peso se realizó con la cinta bovina largo y ancho del rumiante Sector el Totoral.

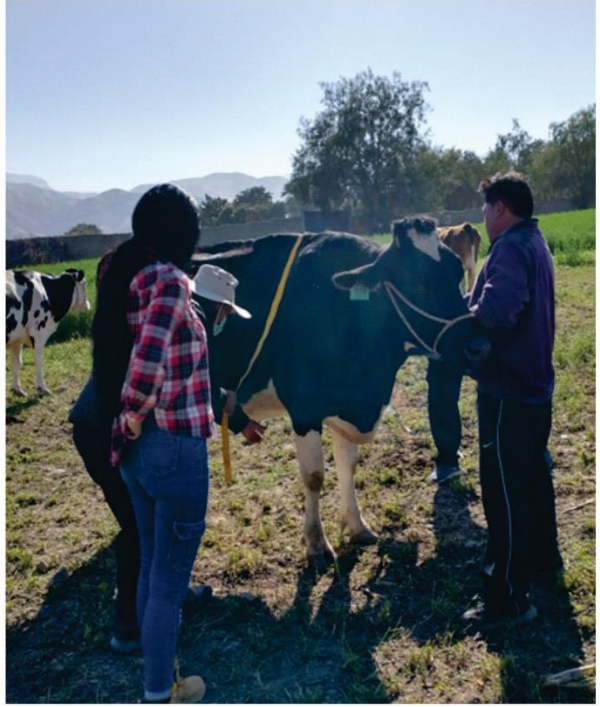
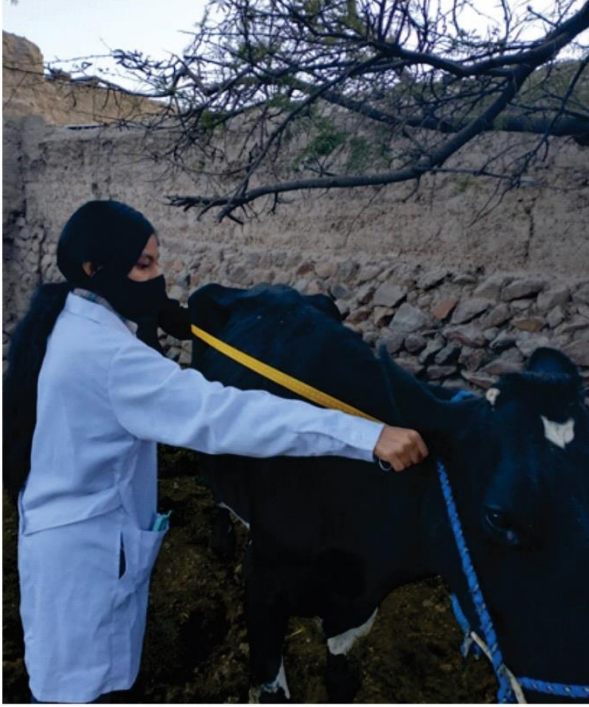


Figura 5. Pesaje, Sistema de producción lechera con ayuda del técnico y el Agricultor



Figura 6. Pesaje del Estiércol en Líquido Sector-Total



Figura 7. Pesaje del estiércol en Solido Sector el Totoral



Figura 8. Peso del estiércol en solido Sector Tucuman



Figura 9. Se evidencia estiércol del ganado vacuno (producción lechera) en líquido y en sólido.



Figura 10. Se evidencia el establo del ganado además el comedero donde se le proporciona el ensilado, concentrado, heno de avena.

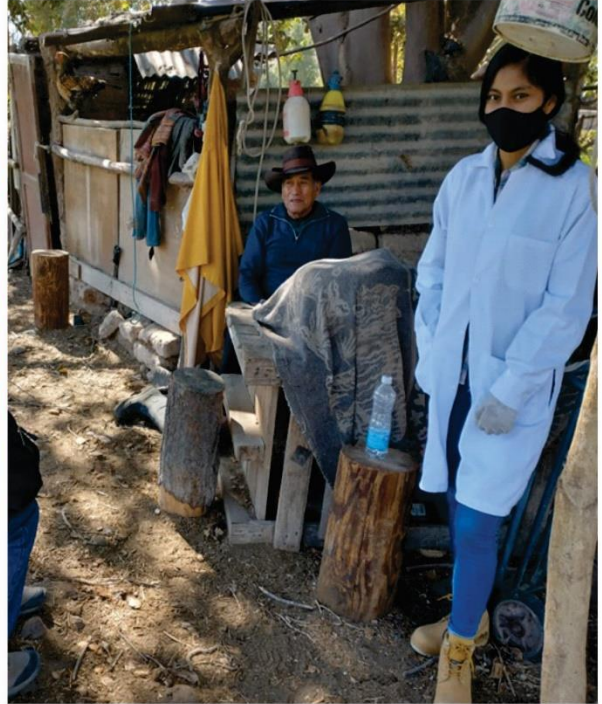


Figura 11. Llenado de fichas Sector el Crucero y sector Cerrillos



Figura 12. Llenado de datos brindados por el agricultor sector Tucumán y en el lado derecho sacos de concentrado, el cual es alimento que se les provisiona.



Figura 13. Se evidencio el uso de cerco eléctrico en el sistema de alimentación extensivo en sector Totoral.



Figura 14. Se evidencia la mezcla del alimentó proporcionado por el agricultor para el ganado vacuno en el Sector El crucero en un sistema de alimentación mixto.



Figura 15. En el lado izquierdo se evidencia Pienso de heno y en lado derecho ensilado proporcionado al ganado vacuno.

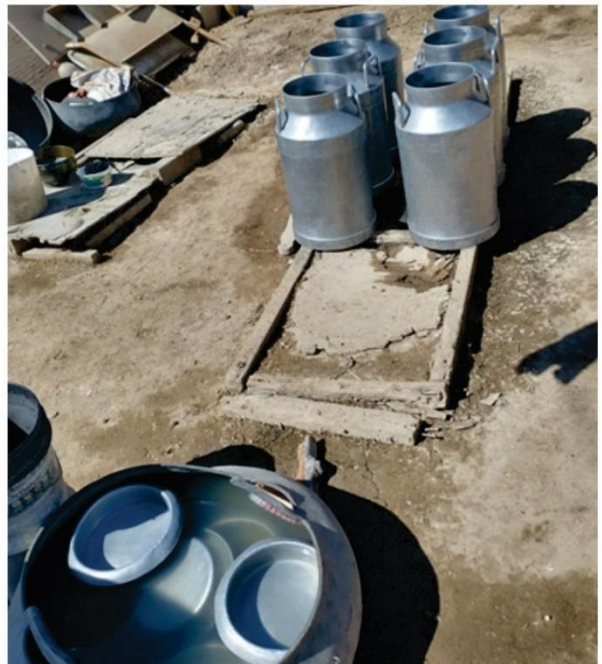
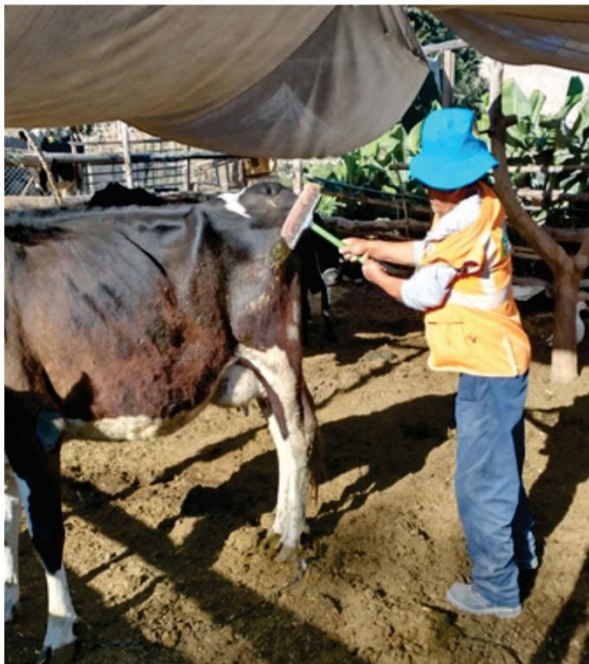
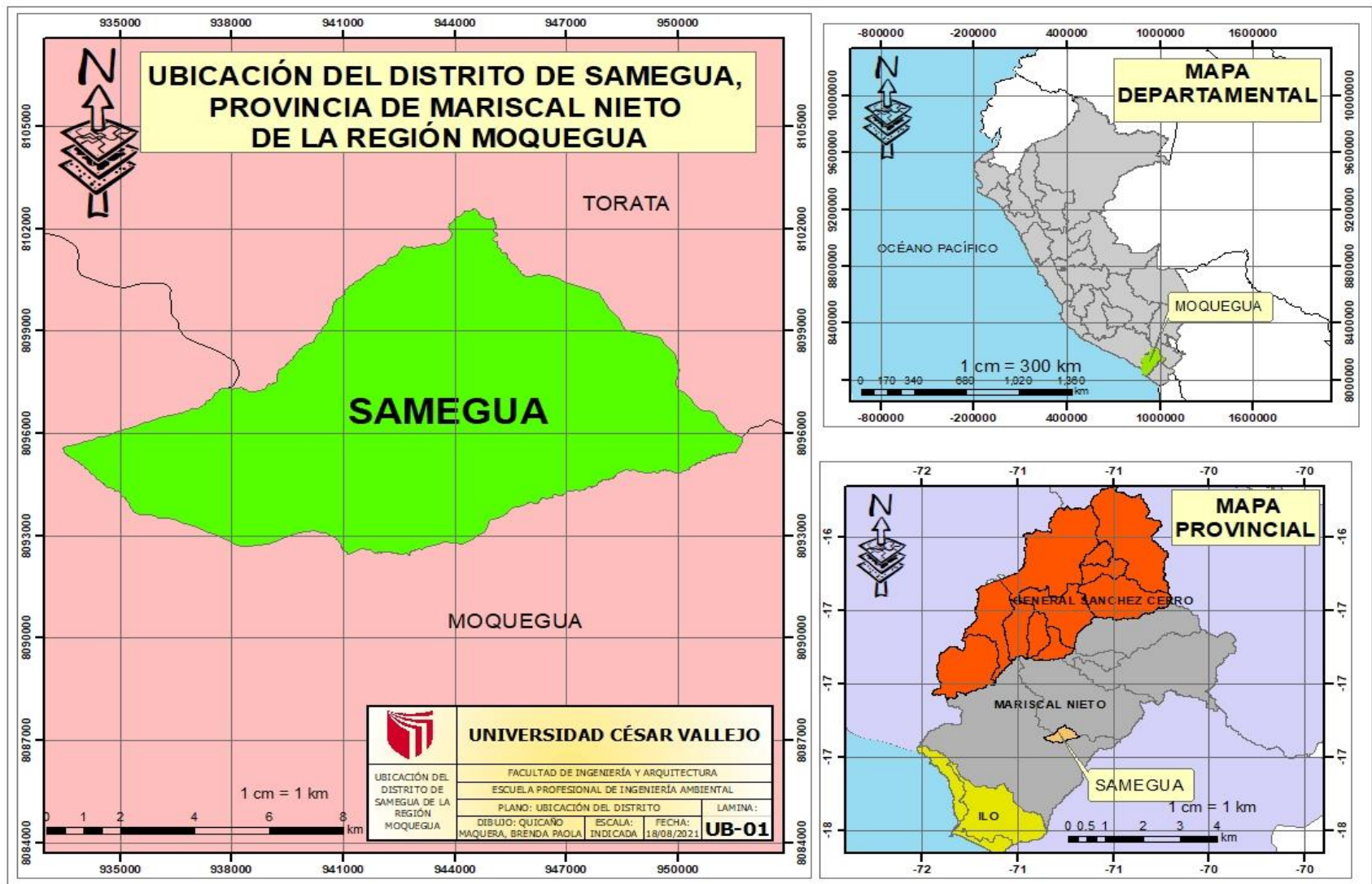


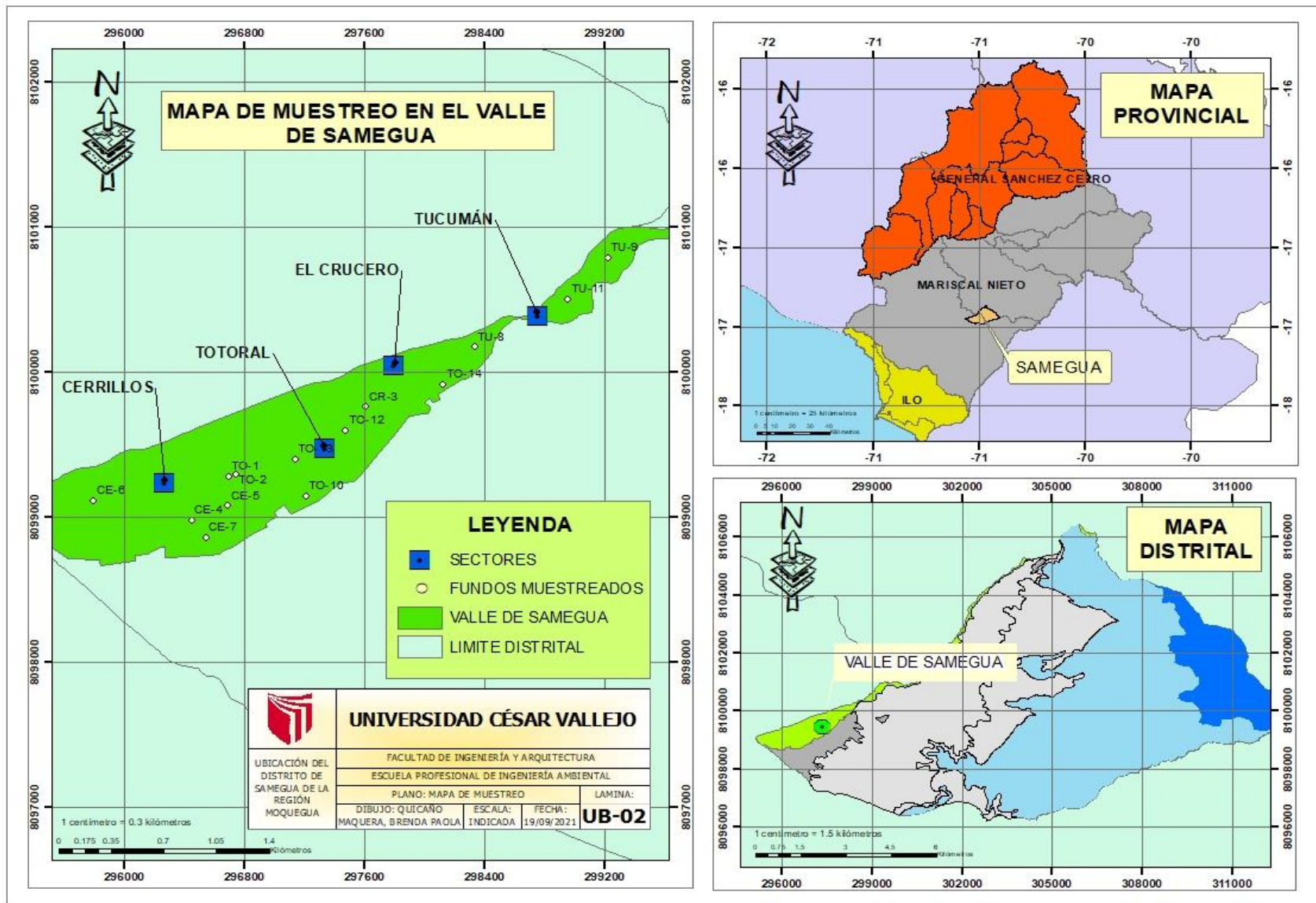
Figura 16. Se observo la limpieza al vacuno y porongos de la leche que es distribuida.

Anexo 8: Mapas temáticos

a. Mapa de ubicación

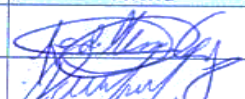

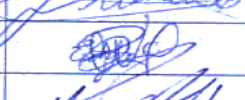
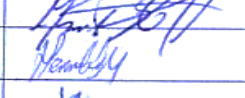
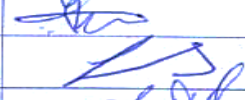

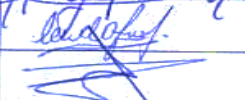








b. Mapa de muestreo



Anexo 9: Documentos escaneados

a. Lista de agricultores partícipes de la investigación

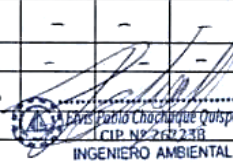
EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA - 2021				
Item	Nombres y apellidos	Sector	Sistema de alimentación	Firma
01	Fredy Mamani Cuayla	totoral	Mixto	
02	Gemano Cuayla Paura	totoral	Extensivismo	
03	Isaura Gordara falcaí	ElCruzero	Mixto	
04	Florencio Copo Vizcarra	Cerrillo	Mixto	
05	Eddy Mosca Colizaya	Cerrillos	Extensivismo	
06	Armando Hugo Nuocan	Cerrillos	Extensivismo	
07	Hermelinda Mamani Chambi	Cerrillos	Extensivismo	
08	María Mamani Estaca	Tucuman	Extensivismo	
09	LEONARDO CASCOS CASCOS	Tucuman	Mixto	
10	Olvis Jesus Salaman Colque	Totoral	Mixto	
11	Herly Flores Mamani	Tucuman	Mixto	
12	Leonardo Vizcarra Mamani	totoral	Extensivismo	
13	Enrique Vizcarra Mamani	totoral	Mixto	
14	MARCIAL CONDORI CUAYLA	totoral	Extensivismo	


 Pablo Chachaque Quispe
 CIP. N° 262238
 INGENIERO AMBIENTAL


 Neri A. Huacho Maquera
 EC AGROPECUARIO

b. Registro de peso vivo in situ 2. registro de peso vivo in situ

EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA - 2021																	
REGISTRO DEL PESO VIVO																	
Fundo/sector	Sistema de alimentación	Vacas lecheras	PESO VIVO (kg)														PROMEDIO
			V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	
1/totora	Mixto	Vacas en producción	600	500	490	492	500	500	350	600	-	-	-	-	-	-	530
		Vacas en seca	460	480	500	400	500	490	-	-	-	-	-	-	-	-	470
2/totora	Extensivo	Vacas en producción	450	400	500	480	400	500	420	-	-	-	-	-	-	-	450
		Vacas en seca	444	450	455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450
3/El Cruzero	Mixto	Vacas en producción	570	480	530	440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	510
		Vacas en seca	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500
4/cerillos	Mixto	Vacas en producción	550	500	600	500	460	500	480	570	520	-	-	-	-	-	520
		Vacas en seca	450	440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	430
5/cerillos	Extensivo	Vacas en producción	500	442	450	500	480	450	-	-	-	-	-	-	-	-	470
		Vacas en seca	400	410	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420
6/cerillo	Extensivo	Vacas en producción	380	420	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400
		Vacas en seca	350	400	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400
7/cerillos	Extensivo	Vacas en producción	250	220	300	250	200	300	300	-	-	-	-	-	-	-	260
		Vacas en seca	180	280	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210
8/Tucuman	Extensivo	Vacas en producción	350	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300
		Vacas en seca	320	320	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300
9/tucuman	Mixto	Vacas en producción	350	400	300	350	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	390
		Vacas en seca	490	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	430
10/totora	Mixto	Vacas en producción	560	420	620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	530
		Vacas en seca	440	420	450	470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	440
11/tucuman	Mixto	Vacas en producción	500	750	650	600	700	500	-	-	-	-	-	-	-	-	600
		Vacas en seca	650	640	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	630
12/totora	Extensivo	Vacas en producción	400	390	320	450	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	430
		Vacas en seca	420	450	400	430	410	400	-	-	-	-	-	-	-	-	410
13/totora	Mixto	Vacas en producción	480	500	510	450	500	420	500	-	-	-	-	-	-	-	480
		Vacas en seca	450	380	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	420
14/totora	Extensivo	Vacas en producción	480	500	460	500	500	500	470	450	-	-	-	-	-	-	490
		Vacas en seca	400	400	400	520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	430



 Pablo Choque Quito

 CIP N° 262238

 INGENIERO AMBIENTAL



 Veri A. Huacho Maquor

 EC AGROPECUARIO

c. Apoyo en el levantamiento de información correcta en campo

DECLARACIÓN JURADA

Yo Ing. Elvis Pablo Chachaque Quispe con CIP. 262238 especialista en temas relacionados al cambio climático e investigador, manifiesto que fui contactado por la tesista Brenda Paola Quicaño Maquera para el acompañamiento en el procedimiento de toma de datos in situ y validar los datos tomados en lo siguiente:

- 1.- Aplicación correcta de la ficha de registro
- 2.- Sistematización de los datos encontrados en campo

Dando fe así al levantamiento de información real como parte de la ejecución de la investigación de tesis.

Atentamente,


Elvis Pablo Chachaque Quispe
CIP. N° 262238
INGENIERO AMBIENTAL

d. Validación de datos obtenidos en campo

VALIDACIÓN DE DATOS EN CAMPO

Dejo en constancia que fui contactado por la tesista QUICAHÑO MAQUERA, Brenda Paola quien desarrolla la Tesis: "Emisión de metano proveniente del estiércol de ganado vacuno, actividad de producción lechera, a pequeña escala, Samegua, Moquegua – 2021", para ello explico lo siguiente:

PRIMERO: Se ha recorrido 14 establos ganaderos en los 3 sectores del valle de Samegua, siendo de manera equitativa 7 establos por sistema de alimentación, cabe mencionar que se efectuó 6 visitas y por cada visita se intervino 2 a 3 establos; la información registrada en campo fue de 5 a 9 am y de 2 a 4 pm indistintamente.

SEGUNDO: Mi persona cumplió el rol respecto a:

- Acompañamiento para la identificación de fundos representativos.
- Efectuar un pesaje correcto aplicando la cinta bovina.
- Definir y estimar la composición alimenticia del ganado vacuno lechero.
- Estimar la cantidad de leche producida.
- Validar la Digestibilidad a utilizar.

TERCERO: La recolección de datos mediante las fichas de registro cumple con lo necesario requerido para obtener la emisión de metano mediante la estimación, en ese entender se ha obtenido datos en campo verídicos dando fe al trabajo real de la investigación.

Moquegua, 19 de agosto de 2021



Neri A. Huacho Maquera
EC AGROPECUARIO

e. Validación de datos de la digestibilidad y porcentaje de grasa en la leche

VALIDACIÓN DE DATOS

LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN EL SIGUIENTE CUADRO CONTEMPLA DATOS DE ESTUDIOS ANTERIORES PARA SER UTILIZADA EN LA TESIS “EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA, A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA – 2021” ELABORADO POR LA TESISISTA BACH. QUICAÑO MAQUERA, BRENDA PAOLA; CABE MENCIONAR QUE LOS DATOS SON EN CONDICIONES SIMILARES AL DEL ESTUDIO SEA EN MAJES – AREQUIPA Y LOS VALORES PREDETERMINADOS DEL IPCC (AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE), 2006.

Tabla 1. Datos concernientes a la DE y grasa en la leche

Categoría del ganado vacuno	Porcentaje de la Digestibilidad de pienso (DE %)		Porcentaje de grasa en la leche (%)	
	Convencional	Mixto	Convencional	Mixto
Vacas lecheras	50	65	3.5	3

Estudios:


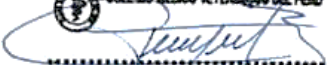
- 1.- Tesis: Estimación de las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol proveniente de sistemas de producción de vacuno de leche, irrigación Majes, Arequipa (Reátegui, 2014).
- 2.- Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol (IPCC, 2006).

Definición:

Digestibilidad de pienso: Es el alimento que es aprovechado por el ganado vacuno; el ganado vacuno consume el 10 % de su peso vivo lo que significa si el ganado vacuno consume 50kg del 100% solo es aprovechado un porcentaje menos (55 – 75 %).

Cabe mencionar que estos datos mencionados son verídicos, por ende, es valido poder usar para una investigación de este tipo.

Moquegua, 24 de agosto del 2021

 COLGIO MÉDICO VETERINARIO DEL PERÚ

M.V.Z. Galindo J. Cuayla-Mamani
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA
CMVP. 4654



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo, QUICAÑO MAQUERA BRENDA PAOLA, estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "EMISIÓN DE METANO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO, ACTIVIDAD DE PRODUCCIÓN LECHERA, A PEQUEÑA ESCALA, SAMEGUA, MOQUEGUA – 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
QUICAÑO MAQUERA BRENDA PAOLA DNI: 72609470 ORCID: 0000-0002-8102-0497	