

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL-
SEDE CELENDÍN



T E S I S

**EMISIÓN DE METANO EN DOS RAZAS DE VACUNOS LECHEROS (HOLSTEIN Y
BROWN SWISS) CON DOS TIPOS DE ALIMENTO (PASTURA Y PASTURA MÁS
CONCENTRADO)**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por la Bachiller:

PRESILA MABEL OCAS GONZALES

Asesores:

Ing. MSc. Edgar Darwin Díaz Morí

Ing. William Carrasco Chilón

CAJAMARCA - PERÚ

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los dieciséis días del mes de octubre del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2C-211 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 329-2019-FCA-UNC, de fecha 12 de julio de 2019, con el objeto de evaluar la sustentación de la Tesis titulada: "EMISIÓN DE METANO EN DOS RAZAS DE VACUNOS LECHEROS (HOLSTEIN Y BROWN SWISS) CON DOS TIPOS DE ALIMENTO (PASTURA Y PASTURA MÁS CONCENTRADO)", para optar el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL, de la Bachiller: OCAS GONZALES PRESILA MABEL; a las quince horas y veinte minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de dieciséis (16). Por lo tanto, el graduando queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las diecisiete horas y quince minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 16 de octubre de 2019.


Ing. M. Sc. Atilio Israel Cadenillas
Martínez
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. Jorge Ricardo de la
Torre Araujo
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez
Horna
VOCAL


Ing. M. Sc. Edgar Darwin Díaz
Mori
ASESOR

A:

Dios

“El Señor es mi Pastor Nada me faltará” (Salmo 23).

Mi Madre María Gonzales Rabanal, mi inspiración y fortaleza. A mi hermana Rosa por el gran apoyo brindado y por haber hecho posible la culminación de este trabajo, a mi padre Clodomiro, a mis hermanos Wilson, José, Jaime, Luis, Eli y Edita por el amor y comprensión brindada.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA a través de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca y a todo el personal que labora en esta prestigiosa Institución por la oportunidad brindada para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Mi sincero y profundo agradecimiento al Ingeniero Zootecnista Willam Carrasco Chilón, Investigador en pastos y forrajes del Instituto Nacional de Innovación Agraria, por su gran apoyo, confianza y excelente aporte con el conocimiento y guía en la elaboración del trabajo.

Agradezco de manera especial a Jackelyn Altamirano a Hernán Arribasplata, Fredy Duran, Carlos, por el inmenso apoyo y amistad brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación y en especial a todo el Equipo Técnico de Pastos y Forrajes (Ghuliana, Pedro, Michell, Adolfo), por la apreciable colaboración en el desarrollo del trabajo, al señor Rafael Gómez Sánchez propietario del Fundo Cristo Rey, al señor José por brindarnos todas las facilidades para realizar el presente estudio.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, a toda la plana docente por la formación recibida.

Al ingeniero Carlos Tirado Soto por la apreciable colaboración en el presente estudio.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Formulación del problema	2
1.2. Objetivos de investigación.....	2
1.3. Hipótesis de investigación.....	2
CAPITULO II.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Emisión de metano en vacunos	6
2.2.2. Influencia de la raza de vacunos en la emisión de metano	7
2.2.3. Influencia del tipo de alimentación en las emisiones de metano	9
2.2.4. Metodologías de medición y estimación de las emisiones de metano ..	12
2.2.5. Estimación de la emisión de metano en Perú.....	15
CAPITULO III.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Ubicación geográfica de la investigación	18
3.2. Material experimental	19
3.3. Material de campo, laboratorio y escritorio.	20
3.4. Factores de tratamiento y niveles.....	21
3.5. Diseño experimental	21

3.6.	Características del campo experimental	21
3.7.	Croquis del campo experimental	22
3.8.	Conducción del campo experimental.....	22
3.8.1.	Características registradas para las razas	23
3.8.2.	Características registradas para el tipo de alimento.....	26
3.8.3.	Características registradas de las condiciones climáticas del área de estudio.....	31
3.8.4.	Costos de los productos	32
3.8.5.	Estimación de la emisión de CH ₄ mediante LIFE SIM (Dairy v 15.1)	32
3.9.	Procedimiento de análisis estadístico de la información	33
CAPITULO IV.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Emisión de metano	35
4.1.1.	Para la interacción raza por alimento	36
4.1.2.	Para el tipo de raza.....	37
4.1.3.	Para el tipo de alimento.....	39
4.1.4.	Para las edades (repeticiones o bloques).....	41
CAPITULO V....		45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
5.1.	CONCLUSIONES	45
5.2.	RECOMENDACIONES	45
CAPITULO VI... ..		46
LISTA DE REFERENCIAS		46
CAPITULO VII... ..		54
ANEXOS.....		54

LISTA DE ILUSTRACIONES

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de las unidades experimentales raza Holstein	19
Tabla 2. Características de las unidades experimentales raza Brown Swiss.	19
Tabla 3. Clase numérica y alfabética para cada una de las cuatro combinaciones de tratamiento estudiadas.	21
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza del DBCR con arreglo factorial 2 *2, con cuatro repeticiones.	33
Tabla 5. Resultados de la estimación de emisiones de CH ₄ , en vacunos lecheros con la utilización del software LIFE SIM (Dairy v15.1)	35
Tabla 6. Análisis de varianza para la característica emisión de metano en un DBCR con arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones de tratamiento.	36
Tabla 7. Medias para la emisión de metano de las razas estudiadas.....	37
Tabla 8. Emisión de metano para tipo de alimento.....	39
Tabla 9. Emisión de metano de acuerdo a la edad en vacunos lecheros	42
Tabla 10. Valores de emisión de CH ₄ estimados por modelo de regresión lineal simple.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pantalla de inicio software LIFE SIM (Dairy v15.1)	15
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.....	18
Figura 3. Croquis y distribución de las combinaciones de tratamiento dentro de cada bloque en un DBCR con arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones	22
Figura 4. Peso de unidades experimentales Holstein y Brown Swiss.....	24
Figura 5. Ordeño, peso y registro de producción diaria de leche	25
Figura 6. Toma de muestras de leche para análisis de laboratorio	25
Figura 7. Muestreo de pastura para determinar disponibilidad de forraje.	26
Figura 8. Muestras de pastura en proceso de secado en estufa.	27
Figura 9. Peso de muestras de forraje para determinación de materia seca.	27
Figura 10. Muestra de pastura sin humedad.	28
Figura 11. Molido de muestras de pastura.	28
Figura 12. Determinación de la composición florística de la pastura.....	29
Figura 13. Suministro de concentrado a unidades experimentales Holstein y Brown Swiss	31
Figura 14. Toma de muestras de concentrado para análisis de laboratorio.....	31
Figura 15. Gráfico de no interacción entre factores raza y alimento.....	36
Figura 16. Emisión de metano en la raza Holstein y Brown Swiss.....	37
Figura 17. Emisión de metano según el tipo de alimento	40
Figura 18. Emisión de metano por edad en vacunos lecheros.....	42
Figura 19. Relación entre edad de vacunos lecheros y emisión de metano	43

RESUMEN

Se diseñó un estudio para estimar las emisiones de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown Swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado) en el fundo Cristo Rey, Otuzco, Cajamarca, situado a 2735 m.s.n.m. Para tal efecto se procesó y analizó información correspondiente a las características del animal (indicadores productivos y reproductivos), características de la pastura (disponibilidad de forraje, proteína y digestibilidad), características climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento). La emisión de metano fue estimada con la utilización del software LIFE SIM (Dairy v15.1). Se aplicó un diseño de bloques completamente randomizado con un arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones; el análisis de variables se realizó con el paquete estadístico SAS, encontrándose alta significación para el factor raza, siendo el nivel Holstein la que emite mayor cantidad de metano con 305.818 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹, con una diferencia de 54,698 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹, respecto a la raza Brown Swiss. Se encontró diferencias estadísticas significativas de acuerdo al tipo de alimento, siendo el tratamiento con complementación alimenticia de 8 kg vaca⁻¹ día⁻¹ (pastura más concentrado) la que contribuye a la mayor emisión de metano con 297.793 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹; finalmente se encontraron diferencias significativas en la emisión de CH₄ según la edad de vacunos lecheros.

Palabras clave: Emisión de metano, vacunos lecheros.

ABSTRACT

A study was designed to estimate methane emissions in two breeds of dairy cattle (Holstein and Brown Swiss) with two types of food (pasture and more concentrated pasture) at the Cristo Rey farm, Otuzco, Cajamarca, located at 2735 msnm . For this purpose, information corresponding to the characteristics of the animal (productive and reproductive indicators), pasture characteristics (availability of fodder, protein and digestibility), climatic characteristics (temperature, humidity and wind speed) were processed and analyzed. Methane emission was estimated using LIFE SIM software (Dairy v15.1). A completely randomized block design was applied with a 2 * 2 factorial arrangement, with four repetitions; The analysis of variables was carried out with the SAS statistical package, finding high significance for the race factor, the Holstein level being the one that emits the highest amount of methane with 305,818 kg CH₄ cow⁻¹ year⁻¹, with a difference of 54,698 kg CH₄ cow⁻¹ year⁻¹, regarding the Brown Swiss breed. Significant statistical differences were found according to the type of food, being the treatment with food supplementation of 8 kg cow⁻¹ day⁻¹ (more concentrated pasture) that contributes to the highest emission of methane with 297,793 kg CH₄ cow⁻¹ year⁻¹ ; Finally, significant differences were found in the emission of CH₄ according to the age of dairy cattle.

Keywords: Methane emission, dairy cattle.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera, debido al aumento de la concentración de las emisiones de gases de efecto invernadero, que atrapan el calor en la atmósfera, como consecuencia del incremento de las actividades productivas y económicas, y de la tendencia actual en los patrones mundiales de consumo y uso no sostenible de los recursos naturales (MINAM 2014).

Según Broucek (2014) y Zuñiga (2016), la ganadería es un importante contribuyente a las emisiones globales de gases de efecto invernadero, en particular del metano que tiene un potencial de calentamiento global 25 veces mayor que el dióxido de carbono.

El metano principalmente, procede de la fermentación entérica y del manejo del estiércol, como subproducto de la fermentación bacteriana anaerobia de los carbohidratos presentes en el alimento y excretas (Salcedo 2012).

A través de esta fermentación se producen ácidos grasos volátiles que son la principal fuente de energía de los microorganismos del rumen, así como del animal, desafortunadamente, durante esta fermentación se producen compuestos que no son utilizados por el animal y representan pérdidas potencialmente contaminantes como el CH₄, y éste constituye un problema ya que es uno de los gases de efecto invernadero relacionados con el cambio climático (Núñez *et al.* 2015)

Según Benaouda *et al.* (2017), el metano no se usa por el animal como fuente de energía y se elimina a través de los pulmones o el eructo hacia la atmósfera. Por lo que representa una pérdida de energía, que puede llegar a representar hasta 7% del total de la energía bruta ingerida por el animal en un día. Así, que el desarrollo de estrategias para reducir la producción de metano en el rumen puede, por un lado, contribuir a mitigar los efectos del metano sobre el cambio climático, y de otro lado traer beneficios económicos a los ganaderos al hacer animales más eficientes en cuanto al uso de la energía de los alimentos.

Hook *et al.* (2010) y Broucek (2014), señalan que el metano producto de la digestión entérica en vacas lecheras varía de acuerdo a la calidad y tipo de dieta, consumo de

materia seca, raza, temperatura, localización geográfica e incluso estatus fisiológico, así como según el peso corporal, la composición de la dieta y el rendimiento de la leche.

La estimación de metano configura un primer paso para el desarrollo de estrategias de mitigación, nos abre la posibilidad de fortalecer nuestros inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y estar en capacidad de evaluar en campo estrategias para la reducción de emisiones a nivel de nuestra región y país. En este sentido, en esta investigación se estimó la emisión de metano proveniente de las principales razas de ganado vacuno lechero Holstein y Brown Swiss, de acuerdo al tipo o estrategia de alimentación (solo pastura) y con suplementación (pastura más concentrado), bajo las condiciones actuales de manejo del ganado vacuno lechero en el Fundo Cristo Rey, la estimación se realizó con el Software LIFE SIM (Dairy v 15.1), siendo el principal aporte de este estudio la cuantificación de la emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros con dos tipos de alimento.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown Swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado)?

1.2. Objetivos de investigación

1.2.1. Objetivo general

Estimar las emisiones de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown Swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado)

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar que raza de ganado vacuno lechero emite mayor cantidad de metano.
- b) Determinar el tipo de alimento que emite mayor cantidad de metano en vacunos lecheros.
- c) Determinar si existe diferencias en la emisión de metano según edad de los vacunos lecheros.

1.3. Hipótesis de investigación

Las razas y el tipo de alimento influyen significativamente en las emisiones de metano en vacunos lecheros

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Molina y Sánchez (2017) estimaron el comportamiento productivo de los animales basado en la alimentación recibida, trabajaron con el software LIFE SIM. La estimación se hizo para un animal en el periodo de un año para 8 predios y se trabajó con tres escenarios diferentes. Escenario 1: línea base (datos reales), en el cual se encontró en promedio emisiones de metano de 117 litros y 84.12 kg anuales por animal. Como en promedio la producción de leche en la simulación para estos predios fue de 777.8 kg, se encontró que al producir un 1kg de leche se estaba produciendo 0.15 litros y 0.10 kg de metano. Se pudo observar entre más productivo sea el animal, mayor será la dilución del gas en el producto, por lo tanto, su huella de carbono será menor, por lo que concluyen en que los simuladores LIFE-SIM, son herramientas útiles, de fácil manejo, ya que la información que requieren se puede obtener a nivel de campo, los resultados que arrojan son similares a lo encontrado en los predios, permitiendo tomar mejores decisiones a la hora de implementar estrategias (amigables ambiental y económicamente) de alimentación con el fin de mejorar la productividad de los sistemas.

Villarreal-Rodas *et al.* (2016), estimaron las emisiones de metano de 124 vacas Holstein en producción, en cinco establos ubicados en la región de Los Altos de Jalisco, México, durante la época de lluvias del 2015. Los análisis de los resultados se realizaron mediante estadística descriptiva. Las vacas tuvieron un peso vivo promedio de 511 ± 67 kg, con una condición corporal promedio de 2.84, las emisiones de metano promedio fueron de 477, 419, 415, 405 y 404 g CH₄/vaca/día para los cinco establos en los cuales realizaron las estimaciones. Se observó una diferencia de 73 g CH₄/vaca/día entre el establo con menor y mayor emisión de metano. El promedio de emisiones de los 5 establos fue de 424 ± 65.3 g CH₄/vaca/día con un coeficiente de variación de 15.1%.

Núñez *et al.* (2015), estimaron la emisión de metano del ganado lechero en 10 establos, de la región lagunera, México, utilizando las ecuaciones de Mills *et al.* (2003) y Ellis *et al.* (2007). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de correlación. Las estimaciones de metano fueron de 0.325 a 0.468 g día⁻¹ para vacas en producción, 0.205 a 0.291 g día⁻¹ para vacas secas, 0.152 a 0.269 g día⁻¹ para vaquillas y 0.076 a 0.163 g día⁻¹ para becerras.

Messa (2009) estimó las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica con la metodología del IPCC en los niveles 2 y 3. También utilizó el modelo LIFE SIM (Dairy v.8.0), en ambas metodologías se consideraron los parámetros productivos y reproductivos obtenidos en la caracterización del rebaño bovino además de las variables climáticas del sitio de estudio. Encontraron que la producción promedio diaria de metano procedente de la fermentación entérica por las vacas en producción fue de 259,58±23,30 g vaca⁻¹ día⁻¹, resultado similar al obtenido al aplicar la metodología del IPCC (2006). En vacas lactantes, la emisión de metano fue mayor en época lluviosa que en época seca. Lo cual, se asoció a la composición de la dieta. La relación metano producto fue de 35,43 y 44,49 g CH₄ para producción de leche total y leche vendible, respectivamente. En animales en crecimiento se obtuvieron valores entre 237,20 y 580,84 g CH₄ kg PV⁻¹ Los menores valores correspondieron a animales en crecimiento temprano y los mayores a novillas gestantes.

Alvarado (2018) midió las emisiones de metano entérico de once vacas lactantes Brown Swiss pastoreando avena y alfalfa, en dos estaciones de un año (lluviosa/marzo y seca/agosto). Las emisiones fueron medidas utilizando la técnica del gas trazador hexafluoruro de azufre y comparadas utilizando la prueba T-pareada. Las emisiones de metano entérico (g/día) fueron significativamente diferentes (P<0.001) entre estaciones, siendo mayor durante la lactación temprana en la estación lluviosa (322 ± 70.6) y declinando durante la lactación tardía en la estación seca (274 ± 64.0). La emisión de metano entérico expresado por unidad de alimento consumido (g/kg de CMS) fue significativamente menor (P<0.001) en la estación lluviosa (24.3 ± 5.3) que en la estación seca (28.2 ± 6.6). Similar respuesta (P<0.01) fue observada en la emisión de metano entérico expresado por unidad de leche corregida a energía (g/kg de LCE), estación lluviosa (24.6 ± 5.4) y estación seca (27.5 ± 6.4). Se concluyó que los cambios

estacionales en la disponibilidad y composición química de la pastura, así como el estado de lactación dan lugar a cambios en la emisión de metano entérico.

Moscoso *et al.* (2017) determinaron la producción de metano en vacunos al pastoreo en el altiplano peruano en un pastizal suplementados con ensilado y concentrado o taninos durante la época seca (agosto). El estudio se realizó en el Centro Experimental “La Raya”, Cusco, ubicado a una altitud de 4200 msnm. Se plantearon tres tratamientos (T1: pastos naturales + ensilado de avena; T2: como en T1 + taninos; T3: como en T1 + concentrado). Cada tratamiento contenía cuatro repeticiones distribuidos en un diseño jerárquico. La determinación de metano se realizó con la técnica del marcador con hexafluoruro de azufre (SF₆), siendo la frecuencia de medición por animal de 24 horas por 7 días. El contenido de energía promedio en el pastizal fue de 4.1 Mcal EB/g, materia orgánica 91.8%, proteína cruda 10.3% y materia seca 91.1%. La producción de metano en gramos por día fue: T1: 421.7 ± 43.4; T2: 330.6 ± 66.7; T3: 367.7 ± 116.5. Concluyen que la utilización de taninos redujo significativamente las emisiones de metano frente al uso o no de concentrado.

Lipa (2017) Evaluó la cantidad de metano producido en vacunos bajo condiciones de pastoreo y suplementación nutricional a 4300 m.s.n.m. en época seca; en el departamento de Cusco; entre diciembre del 2014 a marzo del 2016. Se utilizó 5 vacas Brown Swiss de 8 años y medio en promedio, las vacas fueron evaluadas en dos tratamientos que correspondieron a la medición de metano de acuerdo a su dieta (pastura natural y ensilado) y a la medición de metano utilizando suplementación nutricional (concentrado), bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). La cantidad de metano producido para el tratamiento con ensilado fue de 578,71 g día⁻¹ y para el tratamiento con suplementación de concentrado fue de 407,07 g día⁻¹, sin encontrarse diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (p<0,05); al calcular la emisión de metano producido en L día⁻¹ el tratamiento con ensilado fue de 882,54 L día⁻¹ y con concentrado fue de 620,77 L día⁻¹ sin encontrarse diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (p<0,05), según la medición de metano en este estudio se muestra una reducción del metano de aproximadamente un 30% con suplementación de concentrado a su dieta, demostrando su efecto mitigador, en cuanto a la expresión por kilogramo de peso vivo también fue influenciada con el tratamiento de concentrado, siendo este menor con 0,85 g kg PV⁻¹día⁻¹ comparado al de ensilado con 1,23 g kgPV⁻¹día⁻¹, pero no se encontró diferencias

estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,05$); por último se calculó la cantidad de metano producido en gramos por cada kilogramo de materia seca consumida no encontrándose diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) siendo la media para el tratamiento con ensilado $41,08 \text{ g kg MS}^{-1}$ y para el tratamiento con concentrado $28,47 \text{ g kg MS}^{-1}$.

Vilca (2015) estimó y midió las emisiones de metano entérico en 24 vacas lecheras Brown Swiss, en la región Puno a 3815 msnm. La estimación se realizó mediante modelos de predicción a partir del consumo de materia seca, el contenido de fibra detergente neutro y extracto etéreo en la dieta. Los datos fueron analizados mediante la prueba de comparación de medias con t Student. Para medición de metano se utilizó equipo de gasmet DX 4030, Las vacas con suplementación con 6kg de concentrado fibroso producen menores ($P < 0.00005$) cantidades (311.48 ± 11.22 vs. $340.08 \pm 16.26 \text{ g/día}$) y volúmenes (725.12 ± 26.13 vs. $791.70 \pm 37.85 \text{ L/día}$), de CH_4 entérico. Y por estimación de metano es mayor para vacas suplementadas ($P < 0.00001$) teniendo 368.67 ± 22.06 vs. $325.25 \pm 15.55 \text{ g CH}_4/\text{día/vaca}$, 742.38 ± 26.69 vs. $809.48 \pm 38.69 \text{ L CH}_4/\text{día/vaca}$. A partir de los resultados se concluye que los concentrados fibrosos disminuyen las emisiones de CH_4 entérico en vacas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Emisión de metano en vacunos

Las emisiones de metano dependen en gran medida de factores intrínsecos al animal como peso, edad y raza, y de factores extrínsecos estrechamente relacionados con la alimentación como composición e ingestión (Donney's 2015)

El metano es un gas incoloro e inodoro producido en el rumen de las vacas (87%) y en menor grado en el intestino grueso (17%); y este representa el 52% del total de gases de efecto invernadero producidos durante la producción y procesamiento de leche (Lipa 2017)

El ganado emite metano como subproducto de la fermentación microbiana de los hidratos de carbono, fundamentalmente en el rumen, pero también en el intestino grueso, por la cual son degradados a ácidos grasos volátiles que son absorbidos. La

fermentación de los hidratos de carbono resulta en la producción de hidrógeno que las bacterias metanogénicas utilizan para reducir el carbono del CO₂ a CH₄. Este CH₄ es emitido a la atmósfera principalmente mediante eructos, y en menor medida a través de la respiración o de flatulencias (Reátegui 2014).

En vacas lecheras la producción de metano aumenta de manera progresiva hasta el pico de la lactancia y permanece así hasta el final de esta, representando importantes pérdidas energéticas en el animal (Aguilar y Rojas 2014).

2.2.2. Influencia de la raza de vacunos en la emisión de metano

Las emisiones de metano dependen en gran medida de factores intrínsecos al animal como peso, edad y raza (Donney's 2015)

Garnsworthy *et al.* (2012) demostró que existe una variación intra animal cercana al 11% mientras que la variación entre animales bajo las mismas condiciones de manejo (dieta, días en leche y edad) es cercana al 30%. Esta variación observada entre individuos de la misma granja puede tener un componente genético ya que se ha observado un efecto paterno sobre la producción y emisión de metano. Este efecto genético parece tener heredabilidad baja y puede estar relacionado con el consumo de alimento o con la velocidad de paso del alimento o permanencia en el rumen.

Las vacas de raza Holstein tienen un alto potencial genético para la producción de leche, que se traduce en bajas emisiones de los gases de efecto invernadero por unidad de producto, pero su introducción en ambientes con condiciones a las que no se pueden adaptar, da lugar a problemas relacionados con bajos estándares en la sanidad, en la producción de leche y en la reproducción (agravados por el bajo valor genético que la raza tiene para esta característica) y que dan como resultado un sistema de producción de bajo rendimiento e ineficiente a largo plazo (Gerber *et al.* 2013)

El mejoramiento de la calidad de los forrajes, la inclusión de granos en la dieta, la expresión del potencial genético productivo de los animales a través de una nutrición adecuada y el uso de razas nativas o de cruces son enfoques recomendados para

optimizar la productividad animal y reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero por unidad de producto (Gerber *et al.* 2013)

Se ha demostrado que la diversidad microbiana ruminal está influenciada por la especie animal, la raza y las condiciones ambientales, factores estos que se podrían usar para seleccionar animales con un potencial de emisión de CH₄ más bajo o para manipular el ecosistema ruminal y criar animales que produjeran menos CH₄ entérico por unidad de alimento.

Las razas pueden diferenciarse respecto a su eficiencia en la utilización de los alimentos, lo cual puede ser explorado como una opción de mitigación de los GEI a largo plazo. Las razas difieren en sus requerimientos para el mantenimiento y en la eficiencia del uso energético. El peso corporal es un factor importante que contribuye a las emisiones de los GEI a través de los requerimientos de energía para el mantenimiento. Las razas más pequeñas pueden tener una huella del C inferior debido solamente al peso corporal más pequeño. La diferencia entre las razas con relación a la eficiencia alimentaria también se debe considerar como una opción de mitigación. (Gerber *et al.* 2013)

Entre las estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ se ha propuesto: reducir el número de animales rumiantes, aumentar el número de animales no rumiantes, manipulación genética de los microorganismos ruminales metanogénicos, desarrollo de razas menos metanogénicas y manipulación dietética-nutricional (Bonilla y Lemus 2012)

Benaouda *et al.* (2017), señala que en un primer estudio la producción de metano en vacas Holstein*Cebú no difiere ($p>0.05$) de las emisiones observadas en vacas Holstein puras, por ejemplo, 463, 413 y 286 L cabeza⁻¹ día⁻¹ en vacas lactantes, vacas secas y novillas, respectivamente. En contraste, en un segundo experimento llevado a cabo en Brasil, por Pedreira *et al.* (2009), compararon de nuevo la cantidad de metano producida por vacas de raza pura Holstein frente a vacas Holstein*Cebú. Estos investigadores reportaron que las vacas Holstein producen más metano ($p<0.05$) que las vacas híbridas, 419 L día⁻¹ vs 376 L día⁻¹, respectivamente, a pesar del hecho de que ambos grupos de vacas recibieron la misma dieta. Los resultados de

este segundo experimento sugieren que la raza podría ser un factor determinante para la producción de metano y se debe considerar en el cálculo de los inventarios.

2.2.3. Influencia del tipo de alimentación en las emisiones de metano

La producción de CH₄ en los rumiantes está influenciada por factores como consumo de alimento, composición de la dieta, digestibilidad del alimento, procesamiento previo del alimento y frecuencia de alimentación. (Bonilla y Lemus 2012).

Según Blas *et al.* (2008), los factores que determinan la producción de metano en el aparato digestivo de los rumiantes están ligados al animal: como especie, edad, peso, nivel de producción y a la alimentación como: relación de concentrado a forraje en la ración, tipo de concentrado, tipo de forraje, suplementación con aditivos. El rumen y los procesos fermentativos se desarrollan con la edad, de forma que son mínimos en rumiantes lactantes, en los que la leche pasa directamente al abomaso sin fermentar, y pasan a alcanzar después del destete una tasa proporcional a su tamaño (a la misma escala que en animales adultos). La producción diaria de metano varía linealmente con el peso del animal expresado sobre peso metabólico (PM = peso vivo 0,75). La cantidad de CH₄ producida por litro de leche en vacas se reduce al aumentar el nivel de producción.

La producción de metano depende principalmente de la cantidad del alimento ingerido, cuando aumenta el nivel de alimentación, la producción de metano se incrementa, así, al aumentar la disponibilidad de biomasa del forraje, se incrementa el nivel de consumo y en consecuencia aumentan las emisiones totales de metano por animal (Alvarado 2018)

2.2.3.1. Tipo de Pastura

Woodward *et al.* (2004), señala que las emisiones de metano se ven afectadas por el tipo de alimentación, de acuerdo a un ensayo realizado donde midió la producción de metano en 32 vacas lecheras frisias que pastaban bien pasto perenne rye grass o trébol de patas de pájaros (loto, *Lotus corniculatus*), una leguminosa con un alto valor nutritivo que contiene taninos. La producción, medida con la técnica del trazador

SF₆, fue similar para las vacas de loto y de ryegrass (343.2 vs 360.6 g CH₄ vaca⁻¹día⁻¹; ns), sin embargo, la producción de metano por unidad de materia seca ingerida (DMI) fue menor en las vacas alimentadas con loto (19.9 vs. 24.2 g CH₄ / kg DM, p <0,001. Vacas alimentadas con loto produjo un 32% menos metano en comparación con el ryegrass de buena calidad.

Los ensayos realizados en Costa Rica, el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) presenta una mayor eficiencia en la producción de leche que la estrella africana (*Cynodon nlenfuensis*), en gran parte, por su menor producción de metano. Igualmente se concluye, que para ambas pasturas la producción de metano es mayor a medida que la edad de pastoreo se aumenta, debido al aumento en el material lignocelulósico (Carmona 2005).

Se estima que un vacuno adulto, que es alimentado a base de forraje, puede llegar a producir 400 litros de metano por día, que elimina a través del eructo, lo cual significa una pérdida de energía de aproximadamente 14% del total de energía consumida (Abanto 2011:10) Las vacas lecheras en producción emiten unos 111 kg de metano/cabeza/año, los terneros en engorde a corral emiten casi 39 kg de metano/cabeza/año (Abanto 2011:15)

Castelán *et al.* (2018) evaluaron el efecto de diferentes forrajes sobre la producción de metano (CH₄) entérico en bovinos mediante la utilización de técnicas in vitro e in vivo, en el que concluyen que la producción de CH₄ esta positivamente relacionada con la digestibilidad de la dieta, la cual determina a su vez el consumo de materia seca y energía bruta.

Alvarado (2018) señala que la calidad y digestibilidad de los nutrientes son dos atributos para los que el tipo de forraje y su madurez podrían ser indicadores (Alvarado 2018).

La energía bruta del alimento que se pierde en forma de metano, se ve más afectada por la composición y calidad de la dieta que por la cantidad. Por ejemplo, dietas de calidad que sean muy digestibles, generan menos emisiones de gases, debido a que la fermentación que se produce es en su mayoría ácido propiónico, desviando gran

proporción de hidrógeno para su producción en detrimento del CH₄, con lo que se logra una mejor utilización del alimento en el rumen (Donney's 2015)

Las dietas altas en fibra (especialmente altas en celulosa) incrementan la producción de metano mientras que conforme aumenta la digestibilidad y la cantidad de proteína la emisión de metano disminuye (Shibata y Terada, 2010)

El contenido de materia seca y las características del forraje consumido por los rumiantes pueden influir en la producción de metano en los procesos fermentativos. Las leguminosas, en general, debido a la composición química de los carbohidratos de la pared celular y del contenido de carbohidratos fácilmente fermentables, afectan la emisión del metano y la inclusión de estas especies en la dieta de bovinos es una estrategia práctica de disminución de la emisión de este gas. Además de reducir la producción de metano el cultivo de ciertas leguminosas como el trébol puede ayudar a mejorar los niveles de nitrógeno del suelo. (Abanto 2011)

2.2.3.2. Tipo de concentrado

Según Abanto (2011), la suplementación estratégica hace más eficiente la digestión ruminal, disminuyendo la generación de CH₄, y aumentando las ganancias de peso de los animales, una alta tasa de consumo o un alimento grosero de baja calidad aumentan la emisión de metano. El consumo de alimento está positivamente relacionado con el tamaño del animal, la tasa de crecimiento y el nivel de producción.

La manipulación nutricional para suprimir la metanogénesis incluye uso de forrajes de alta calidad, alta proporción de granos en la dieta, uso de aditivos (compuestos químicos, ácidos orgánicos, ionóforos, probióticos), dietas ricas en ácidos grasos insaturados, adición de acetógenos, y de extractos vegetales (aceites esenciales), modificación de las prácticas de alimentación y suplementación a dietas basadas en pajas.

Algunos estudios no han reportado una disminución en la producción de CH₄ (absoluta o por unidad de CMS) aumentando la proporción de alimentos concentrados. En algunos casos, se observó el efecto opuesto, es decir, la producción

de CH₄ aumentó (por unidad de CMS al aumentar la inclusión de concentrado en la ración (Grainger *et al.* 2007).

En Chile Muñoz *et al.* (2015) realizaron uno de los primeros estudios para medir la producción de metano entérico por el ganado lechero en pastoreo. Utilizaron la técnica de SF₆ en 24 vacas pastando en una pradera de raigrás. Estos autores han observado que el aumento del nivel de suplementación con concentrado de 1 kg a 5 kg vaca⁻¹día⁻¹, ha resultado en un incremento en la producción de leche y la producción total de metano al pasar de 452 a 500 L CH₄ vaca⁻¹ día⁻¹, respectivamente, sin afectar la producción de metano por unidad de leche producida.

Herrera *et al.* (2014) evaluaron el efecto de la suplementación con concentrado sobre la producción de metano por las vacas Holstein multíparas con un peso vivo promedio de 597 kg en su etapa final de la lactancia (15 kg leche por vaca por día) que pastaban en una pradera de *Lolium perenne*. Estos autores utilizaron la técnica SF₆ para medir la producción de metano y dos niveles de suplementación de concentrados, 4 y 8 kg por vaca por día. Sus resultados mostraron que los niveles crecientes de concentrado resultaron en más metano producido, el cual pasó de 406 L por vaca por día en las vacas que recibieron 4 kg de concentrado a 449 L por vaca por día en aquellas con 8 kg de concentrado.

2.2.4. Metodologías de medición y estimación de las emisiones de metano

Bonilla y Lemus (2012), señalan que a fin de desarrollar estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ por el ganado, debe ser posible cuantificarlas en una amplia gama de circunstancias, por lo que existen diversas técnicas y métodos de medición. Así como ecuaciones predictivas y estimadores de la producción de metano que son utilizadas por nutricionistas y ambientalistas para la predicción y monitoreo de la reducción de las emisiones de CH₄ en rumiantes, se propusieron ecuaciones de predicción de producción de CH₄ para ganado lechero y de carne, las cuales mostraron mejor predicción y mayor facilidad de uso para efectos de estimar inventarios nacionales de emisiones de CH₄.

En 2015, en la reunión de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en París, el mundo con excepción de Estados Unidos se comprometió a fortalecer una respuesta global a la amenaza del cambio climático mediante la disminución de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Para el monitoreo de los avances en disminución de gases de efecto invernadero (GEI) se requiere que los países firmantes presenten un inventario nacional anual de emisiones. Los avances en la comprensión de la fermentación ruminal permiten desarrollar modelos matemáticos útiles para que la industria ganadera determine sus impactos ambientales. Las metodologías pueden clasificarse de menor a mayor complejidad. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) sugiere el uso de las metodologías Tier1, 2 ó 3 para cada categoría animal (Ungerfeld *et al.* 2018).

Los modelos típicamente utilizados para calcular las emisiones del ganado estiman la cantidad de metano generada en el rumen en base al consumo de materia seca del animal y al factor Y_m que indica la fracción de la energía bruta ingerida que es transformada en metano en el tracto gastrointestinal. Por un lado, la cantidad de alimento ingerido diariamente depende fundamentalmente de aspectos del animal (peso vivo, estado corporal, estado fisiológico, y raza) y del alimento (disponibilidad, digestibilidad, y balance de dieta) (Feldkamp *et al.* 2014)

Las emisiones de CH_4 por parte del ganado se han medido usando técnicas de calorimetría de la respiración tales como las cámaras de cuerpo entero, cajas de cabeza y cámaras y máscaras ventiladas. A partir de los datos obtenidos mediante estas técnicas se han derivado las ecuaciones predictivas utilizadas para generar modelos matemáticos usados para los inventarios nacionales y mundiales. Las emisiones de metano producto de la fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser cuantificadas mediante métodos *in vivo* e *in vitro* o con metodologías predictivas o de estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero como las establecidas por las directrices del IPCC (Marín 2013).

La medición directa de la producción de metano requiere de equipamiento complejo y frecuentemente costoso, por lo cual, se utilizan ampliamente ecuaciones de predicción para estimar las emisiones. Se han desarrollado algunos modelos específicos y otros

se han modificado o adaptado para estimar la emisión de metano por la fermentación en el rumen (Román y Hernández 2016).

Existe otra estrategia a través de modelos matemáticos para predecir la producción de CH₄ de ganado vacuno, sin llevar a cabo una gran cantidad de experimentos que son costosos. Por tal razón se necesita de una metodología rápida y económica, donde a través de datos crudos de composición química de la dieta y parámetros de digestibilidad se pueda predecir un valor cercano al real de producción de CH₄ a través de la generación de ecuaciones de predicción de CH₄ entérico (Restrepo *et al.* 2016).

Existen también programas que buscan predecir las emisiones a través de diferentes ecuaciones por modelación, tal y como el programa LIFE-SIM, que se encarga de estimar y/o predecir las emisiones de metano (León *et al.* 2006)

2.2.4.1.LIFE-SIM

El modelo LIFE-SIM fué desarrollado por un equipo de la División de Sistemas de producción y el Ambiente del Centro Internacional de la Papa, está compuesto de cuatro modelos específicos relacionados a rumiantes (vacas lecheras, ganado de carne, búfalos y cabras) y uno para no rumiantes (cerdos). El modelo “dairy”, para vacas lecheras requiere información a un alto nivel de detalle; en la que se puede incluir la curva de lactancia de bovinos y estima la emisión de metano basado en el balance de la energía y proteína entre la ingesta y los requerimientos del animal (Mesa 2009).

El modelo requiere como entradas de información las características de los animales, pastura y forraje de corte, condiciones climáticas, uso de suplementos y precios de los productos. Además de estimar las emisiones de metano, determina la cantidad de estiércol producido y el contenido de nitrógeno en éstos (León-Velarde *et al.* 2006).

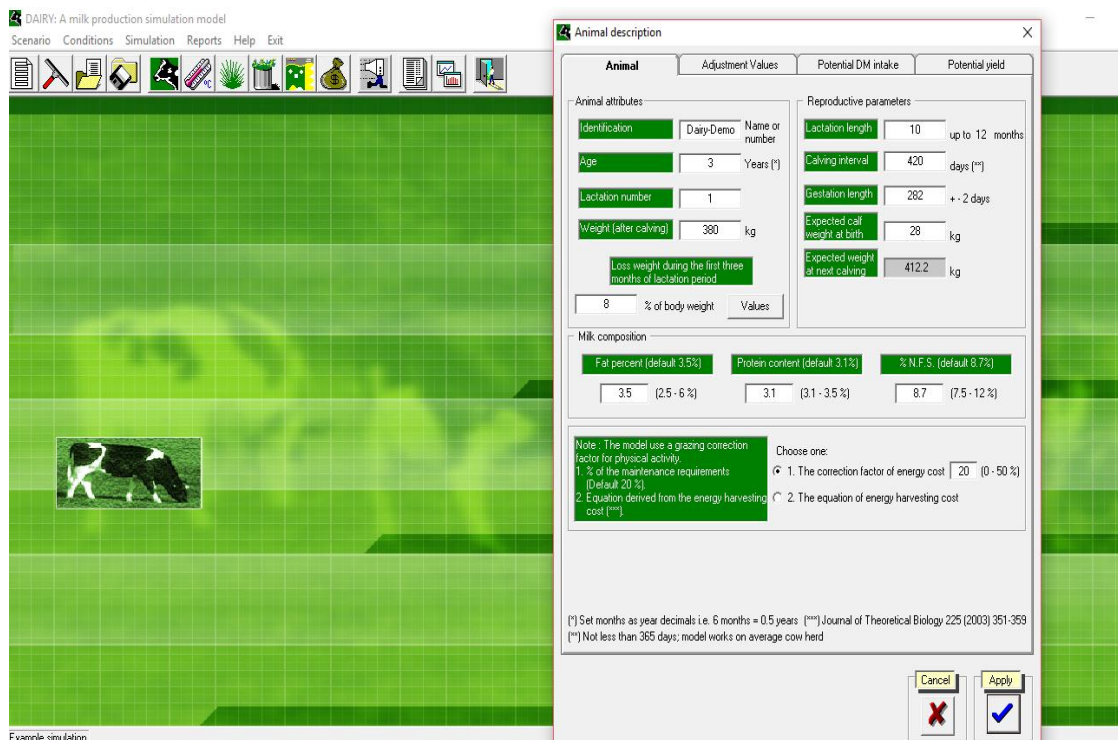


Figura 1. Pantalla de inicio software LIFE SIM (Dairy v15.1)

2.2.5. Estimación de la emisión de metano en Perú

Las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero del sector agricultura son la fermentación entérica y los suelos agrícolas debido al regular crecimiento de las poblaciones de ganado principalmente vacuno y al aumento en la producción de los principales cultivos a nivel nacional. Los datos históricos sobre la población del ganado vacuno, claramente demuestran que ha habido un incremento del 13,4 % en el periodo de análisis 2000 y 2012 (INGEI 2012:86).

Para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero por la fermentación entérica del ganado, es necesario contar con distintas variables para determinar algunos de los factores de emisión a usar. Adicionalmente se requiere del uso de factores de emisión que son proveídos por el IPCC, los que deben ser utilizados por no disponerse de factores nacionales. Utilizando la metodología IPCC Nivel 1, la emisión de metano para ganado vacuno lechero proveniente de la fermentación entérica al año 2012 fue de 74.57 kg de CH₄/cabeza/año (MINAM 2016: 151).

Fernández *et al.* (2007) utilizaron la metodología Nivel 1 del IPCC (2006), y encontraron que la emisión de CH₄ proveniente de los diferentes sistemas de producción animal para el año 2006 en el Perú fue de 472 Gg que representa un incremento de 25% respecto al año 1994. Metano proveniente de fermentación entérica y de estiércol fueron los principales contribuyentes. El ganado vacuno es el mayor contribuyente con 64% al total de emisión de metano en el país. Asimismo, la ganadería de Puno y Cajamarca representan el 11 y 6.8% respectivamente del total de emisión de CH₄.

Es necesario realizar cambios estratégicos en los programas de alimentación de rumiantes que conlleven a una mayor eficiencia en utilización de nutrientes de forma que contribuyan en la reducción de emisión de CH₄. Como se puede ver los estudios son escasos a nivel nacional y nulo a nivel regional, sin embargo, éstos se requieren para poder diseñar y ejecutar estrategias de mitigación efectivas. Investigación en esta área se hace imprescindible debido a que Perú pertenece al grupo de países que conforman la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático (1993) y por lo tanto tiene responsabilidad en reducir la emisión de gases de efecto invernadero y alcanzar los objetivos suscritos en el Protocolo de Kyoto (1998).

Ganadería en la región Cajamarca

Cajamarca es una de las principales zonas lecheras del país, cuenta con el privilegio de compartir diferentes pisos ecológicos con hermosos valles, laderas fértiles, jalcas promisorias y ambientes tropicales, ésta diversidad ecológica permitió que en toda su extensión se instalaran centros de cría de ganado lechero, con predominancia de razas de alta producción como la Holstein y Brown Swiss en los valles, y cruces de éstas en las zonas más altas (Sánchez 2011)

Nuestra región está en primer lugar en cuanto al total de ganado vacuno a nivel nacional. La población total de vacunos en el Perú es de 5.2 millones de cabezas. El 63.9% de los vacunos son Criollos, siendo las razas predominantes, Brown Swiss (17.6%), Holstein (10.3%) y Cebú (3.4%). El 73% se encuentra en la sierra siendo los criollos los que tienen mayor participación seguidos por los Brown Swiss con 17,5% (INEI 2012).

La población de vacas en ordeño es 893,769 cabezas, siendo las regiones con mayor población Cajamarca (17.7%). Las cuencas lecheras más productoras son Cajamarca (18.2%), Arequipa (17.9%) y Lima (17.8%) (MINAGRI 2017).

La población en la categoría vacas para la región Cajamarca es de 33 609 cabezas raza Holstein y 38 025 para la raza Brown Swiss (CENAGRO 2012)

Hoy en día no se cuenta con información real de los niveles de emisión de metano (línea base), en el sector ganadero de nuestra región, limitando la sistematización de información necesaria para poder establecer medidas de mitigación en el presente y futuro, por lo que es necesario estimar las emisiones de metano provenientes del ganado vacuno lechero que permitan tener un inventario adecuado para realizar acciones de mitigación tendientes a reducir estas emisiones y hacer más eficientes a los animales en el uso de los recursos forrajeros bajo condiciones ambientales de nuestra región.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Ubicación geográfica de la investigación

La presente investigación se realizó en el Fundo “Cristo Rey” ubicado en el Centro poblado menor de Otuzco, Distrito de Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca, en las Coordenadas UTM: 9210946 N, 0779552E, a una altitud de 2735 m.s.n.m., en la región quechua, su clima es templado, presenta temperaturas que fluctúan entre los 7 y 22° C, durante los meses de lluvias comprendidos entre diciembre y marzo. Durante los meses de abril a noviembre la temperatura varía entre los 3° y 22° C, presentándose templado durante el día y frío durante la noche. La temperatura máxima media anual es de 22° C y la temperatura mínima anual es de 3° C. Su temperatura media anual es de 15,6 °C. La humedad relativa varía entre el 58% al 78% aproximadamente, con un promedio anual de 65%. Los meses de menor humedad son julio, agosto y setiembre. La precipitación pluvial promedio anual varía entre los 6 mm. y 720 mm. (INDECI 2005).

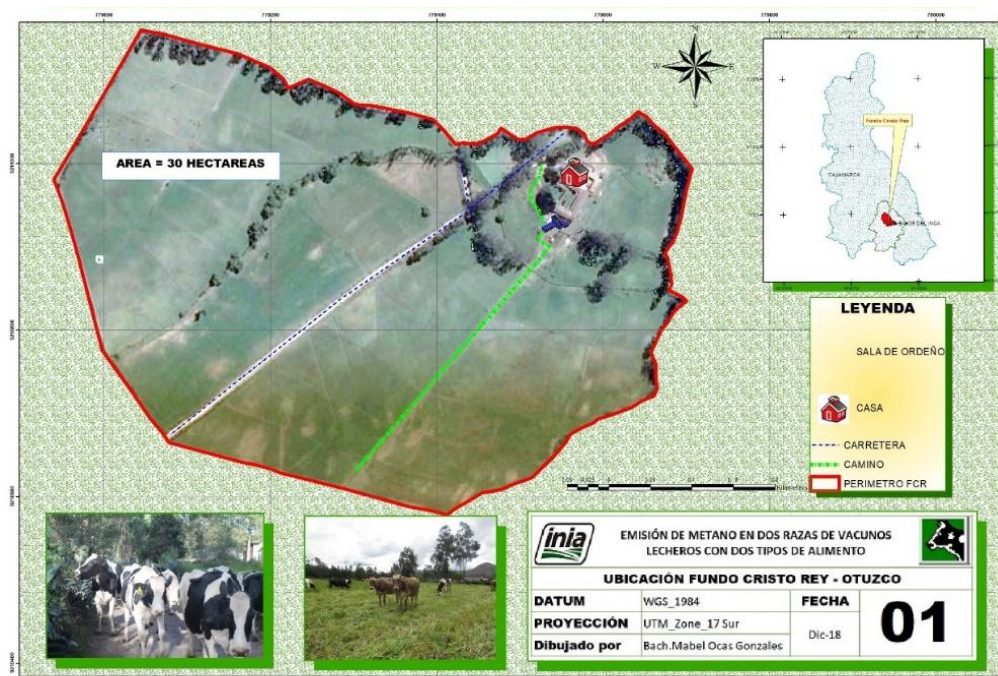


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

3.2. Material experimental

3.2.1. Vacunos lecheros

Se utilizaron 8 unidades experimentales (vacas en producción) de la raza Holstein y 8 de la raza Brown Swiss, con edades entre los rangos propuestos de 4 a 6, de 6 a 8, de 8 a 10 y de 10 a 12 años de edad, seleccionando como edad promedio 5, 7, 9 y 11 años para formar los bloques o repeticiones. Las características de las unidades experimentales se muestran en la tabla 1 y tabla 2 respectivamente.

Tabla 1. Características de las unidades experimentales raza Holstein

Nº	IDENTIFICACIÓN	RAZA	FECHA DE NACIMIENTO	EDAD		Edad al primer parto	PESO (kg)
				años	Años		
1	MANET	HOLSTEIN	13/02/2013	5.55	5	2.5	603
2	ZAIDA	HOLSTEIN	14/10/2013	4.88	5	2.6	565
3	PIA	HOLSTEIN	18/11/2010	7.79	7	2.1	541
4	VISTA	HOLSTEIN	8/05/2011	7.31	7	2.3	616
5	KEMOLY	HOLSTEIN	16/09/2009	8.96	9	2.3	620
6	GALIA	HOLSTEIN	30/03/2010	8.42	9	2.3	678
7	ORLY	HOLSTEIN	31/10/2007	10.84	11	2.3	691
8	MARI	HOLSTEIN	14/05/2008	10.30	11	2.3	659

Tabla 2. Características de las unidades experimentales raza Brown Swiss.

Nº	IDENTIFICACION	RAZA	FECHA DE NACIMIENTO	EDAD		Edad al primer parto	PESO (kg)
				años	años		
1	REYNA	BROWN SWISS	12/12/2013	4.72	5	2.5	357
2	RUBI	BROW SWISS	14/04/2013	5.38	5	2.4	450
3	LANCHA	BROWN SWISS	17/01/2011	7.62	7	2.7	511
4	MAJU	BROWN SWISS	4/02/2011	7.58	7	2.7	532
5	MARINERA	BROWN SWISS	28/12/2009	8.68	9	2.4	620
6	CORBETA	BROWN SWISS	26/11/2009	8.76	9	2.5	598
7	MELISA	BROWN SWISS	23/08/2006	12.02	11	1.5	603
8	MARITZA	BROWN SWISS	15/05/2007	11.29	11	2.5	610

3.2.2. Alimentación

Para estimar la emisión de metano se propuso evaluar dos tipos de alimento solo pastura y pastura más concentrado:

3.2.2.1. Pastura

La pradera en la cual pastorearon las unidades experimentales estuvo compuesta de kikuyo (31.3 %), rye grass ecotipo cajamarquino (25.22 %), trébol blanco (13.57 %), juncáceas (13.7 %), lengua de vaca (5.91%). Los resultados se muestran en el anexo 9.

3.2.2.2. Concentrado

El concentrado que se usa en el fundo cristo rey es AB VACUNO LECHINOR PLUS, más maíz molido en una proporción de 8 kg por animal por día. dicho concentrado está compuesto a base de granos, subproductos de granos, sub productos agroindustriales, harinas, tortas de oleaginosas, melaza de caña, carbonato de calcio, cloruro de sodio, vitaminas (A, D3, E); minerales (Cobre, cobalto, manganeso, selenio y zinc); aditivos (bicarbonato, oxido magnesio y promotor de producción). En el anexo 12 se puede observar la Ficha técnica del producto.

3.3. Material de campo, laboratorio y escritorio.

- a) **Material de Campo:** Tablero, lápiz, cuaderno de apuntes, cámara fotográfica, metro cuadrado, hoz, rafia, balanza, GPS, bolsas herméticas para recojo de muestras de forraje verde, cinta métrica pesadora, frascos de vidrio esterilizados para muestra de leche, cooler para muestras, refrigerantes.
- b) **Material y equipo de laboratorio:** Balanza, estufa, molino para muestras de pastura, frigidier, guantes, mascarilla, guardapolvo.
- c) **Materiales de escritorio:** Laptop, impresora, lapiceros, lápices, papel bond A4, Software LIFE SIM para procesamiento y sistematización de datos.

3.4. Factores de tratamiento y niveles

Factor Raza (R)

Niveles:

r_1 = Holstein

r_2 = Brown Swiss

Factor Alimento (A)

Niveles:

a_1 = pastura

a_2 = pastura más concentrado

Tabla 3. Clase numérica y alfabética para cada una de las cuatro combinaciones de tratamiento estudiadas.

Clase numérica	Clase alfabética	Factor R	Factor A	DESCRIPCIÓN
T1	$r_1 a_1$	Holstein	pastura	raza Holstein alimentada con pastura
T2	$r_1 a_2$	Holstein	pastura más concentrado	raza Holstein alimentada con pastura + concentrado
T3	$r_2 a_1$	Brown Swiss	pastura	raza Brown Swiss alimentada con pastura
T4	$r_2 a_2$	Brown Swiss	pastura más concentrado	raza Brown Swiss alimentada con pastura + concentrado

3.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente randomizado con arreglo factorial 2*2, con 4 repeticiones (bloques) por tratamiento. Para formar los bloques o repeticiones se tuvo como criterio la edad de los vacunos.

3.6. Características del campo experimental

El campo experimental fundo Cristo Rey está ubicado a 2735 m.s.n.m, en la localidad de Otuzco, distrito Baños del Inca, a 8 km de la ciudad de Cajamarca, en el que se practica la actividad ganadera con la utilización de dos razas de ganado vacuno Holstein y Brown Swiss, bajo un sistema de explotación semi-extensivo, es decir la alimentación se basa en pastoreo y suplementación con alimentos concentrados.

3.7. Croquis del campo experimental

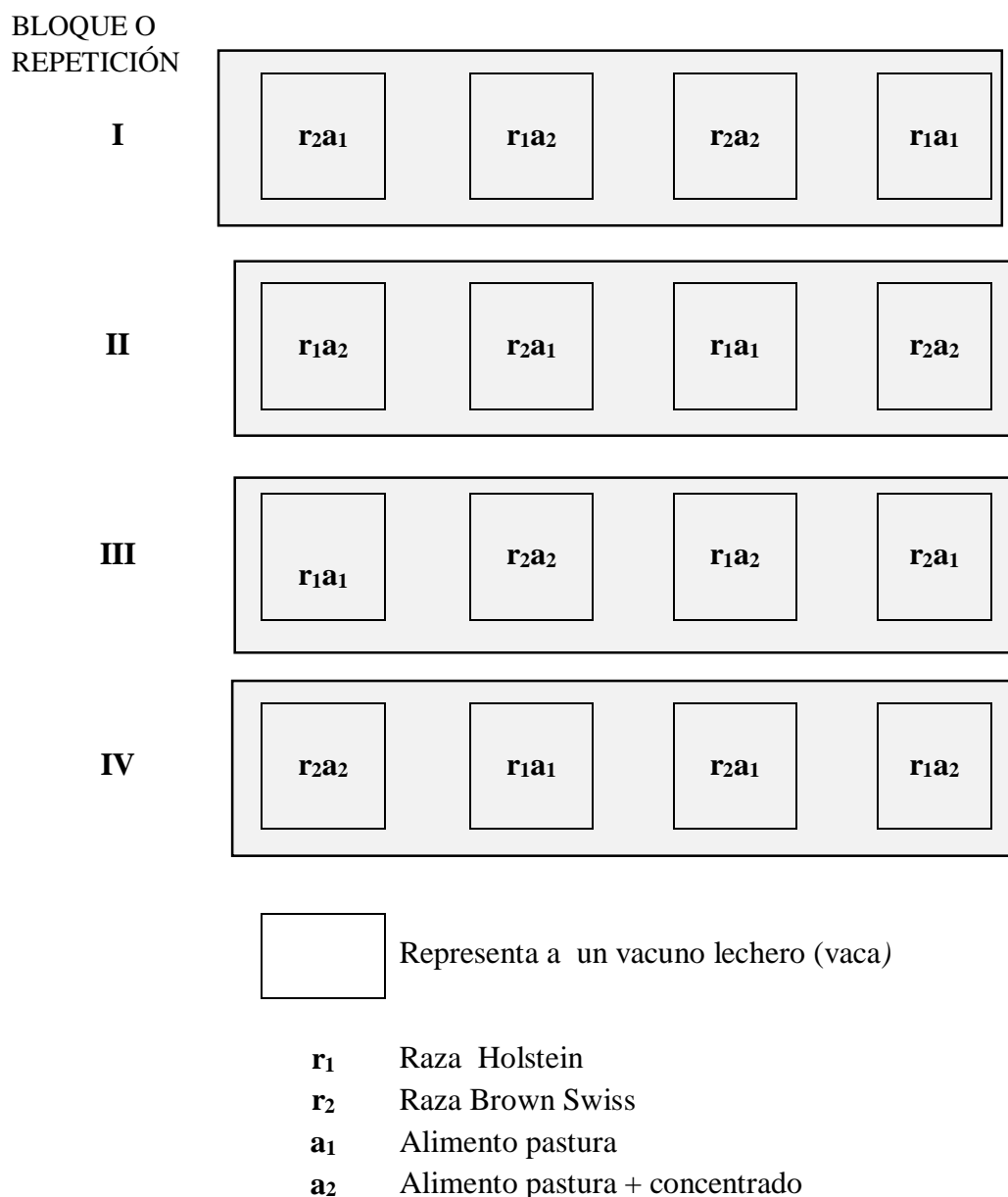


Figura 3. Croquis y distribución de las combinaciones de tratamiento dentro de cada bloque en un DBCR con arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones

3.8. Conducción del campo experimental

La estimación de metano se realizó con la utilización del Software LIFE SIM (Dairy v15.1), el cual requiere entradas de información correspondiente a las características de los animales, pasturas y forrajes de corte, condiciones climáticas, uso de suplementos y los precios de los alimentos y productos.

En tal sentido, para el presente estudio, se procedió a recolectar los datos del componente animal (factor raza), pastura y suplementación (Factor alimento), además condiciones climáticas del lugar (temperatura, humedad y velocidad del viento) y costos de los productos, información que se detalla a continuación y que fue procesada e ingresada en el software LIFE SIM (Dairy v15.1), para obtener la estimación de la emisión de metano en $\text{kg vaca}^{-1}\text{año}^{-1}$

3.8.1. Características registradas para las razas

Se recogió información de las características de los vacunos lecheros de la raza Holstein y Brown Swiss correspondiente a **parámetros reproductivos** como: raza, edad, edad al primer parto, peso, intervalo de parto, duración de la gestación, peso del ternero al nacer y **parámetros productivos** (duración de la lactancia, producción de leche, calidad de la leche), los mismos que se describen a continuación. En el anexo 3 y 4, se puede observar la base de datos obtenida.

a) Parámetros reproductivos

Edad, para obtener la edad del ganado vacuno lechero Holstein y Brown Swiss se recurrió a los registros del productor, obteniendo la fecha de nacimiento y a partir de allí se calculó su edad.

Edad al primer parto, es la edad en que las vaquillas llegan a tener su primera cría, considerándose que esto ocurra entre los 2.5. y 3 años de edad (Sánchez 2010). Este dato se obtuvo de los registros del productor en el fundo Cristo Rey.

Peso vivo, para estimar el peso vivo de cada uno de las unidades experimentales (Holstein y Brown Swiss) se utilizó una cinta bovino métrica, midiendo perímetro torácico (medida de una vuelta completa al pecho de la vaca), para lo cual:

- a. Se colocó el animal en posición con las cuatro patas en ángulo recto en el cuerpo y la cabeza de manera normal
- b. Se envolvió la cinta bovino métrica con fuerza alrededor del cuerpo en la circunferencia más pequeña justo detrás de los hombros.

c. Se registró el peso que indica la cinta bovino métrica.



Figura 4. Peso de unidades experimentales Holstein y Brown Swiss

Intervalo de parto, es el periodo transcurrido entre un parto y otro en la misma vaca. Este dato se calculó contando los días a partir de la fecha del último parto a la fecha del parto inmediato anterior, para cada una de las unidades experimentales tanto de la raza Holstein como de Brown Swiss, teniendo como base los registros del productor.

Lo óptimo es tener un periodo interparto de 365 días, este indicador influye en el número de partos en la vida reproductiva. La duración es muy variable dependiendo de factores como prácticas de manejo, raza, edad. (Sánchez 2010)

Barletta (2001) indica que el intervalo entre partos en la vaca es indicador importante y que debe ubicarse entre los 12 y 13 meses.

Duración de la gestación, para obtener este dato se contó los días a partir de la fecha de inseminación de cada vaca registrado por el productor. El tiempo de gestación del ganado vacuno lechero es de 9 meses o 280 días como media, a partir de la fecundación, aunque el rango más específico comprende entre 276 y 283 días de gestación, pero este período de gestación puede ser variable, en consecuencia, con la raza, el tamaño y la edad de la vaca gestante.

b) Parámetros productivos

Duración de la lactancia, es la duración (en meses) del período de lactancia de una vaca lechera antes de que ésta seque.

Este dato se obtuvo con la ayuda de los registros de producción de cada unidad experimental, contando los meses durante los que la vaca estuvo en producción de leche.

Producción de leche, se realizó un registro de la producción de leche por día de cada una de las unidades experimentales de la raza Holstein y Brown Swiss, para obtener la producción total de leche por lactancia. El fundo Cristo Rey lleva su propio cuaderno de registro de producción de leche



Figura 5. Ordeño, peso y registro de producción diaria de leche

Calidad de la leche, se realizó la toma de muestras de leche de cada una de las unidades experimentales y fue enviado a laboratorio para el análisis fisicoquímico, a fin de obtener los datos de grasa, proteína y sólidos no grasos.

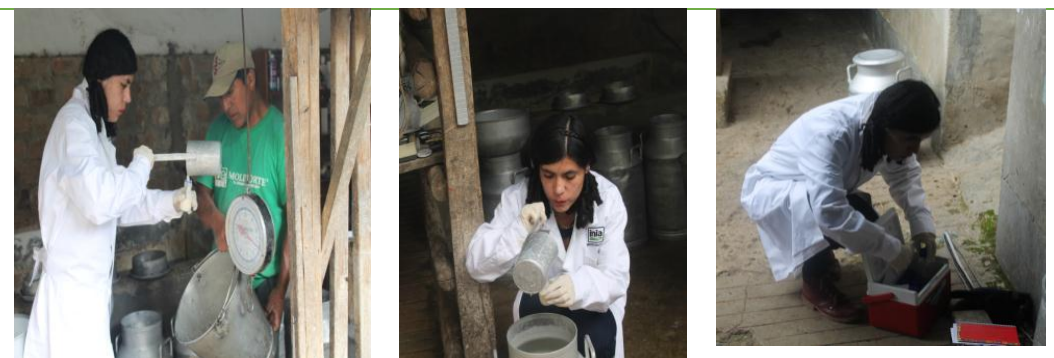


Figura 6. Toma de muestras de leche para análisis de laboratorio

3.8.2. Características registradas para el tipo de alimento

3.8.2.1. Características de la pastura

Se recolectó información correspondiente al rendimiento de forraje verde, disponibilidad de materia seca, proteína y digestibilidad de la pastura, así mismo se calculó la carga animal. Estos datos se observan en el anexo 6.

a) Determinación de la producción de forraje verde

La determinación de la producción del forraje verde nos permite calcular la disponibilidad de materia seca de la pastura, dato indispensable para poder estimar la emisión de metano mediante LIFE SIM (Dairy v15.1.)

Para determinar la disponibilidad de forraje verde en cada predio, se recorrió un potrero destinado para el pastoreo de las unidades experimentales (\pm 4 días antes) y se utilizó el método de disponibilidad directo mediante la evaluación por corte, tomando 4 muestras en zigzag y al azar por lote, utilizando el m^2 , tratando de abarcar distintos lugares que representen la variabilidad de la vegetación existente en el potrero. El forraje dentro del marco se cortó al ras del suelo, se pesó y recolectó en una bolsa plástica, seguidamente se identificó la muestra, para llevarla a la estufa y realizar los cálculos en gabinete. El pastoreo en cada potrero se realizó cada 45 días, utilizando un sistema de pastoreo rotativo.



Figura 7. Muestreo de pastura para determinar disponibilidad de forraje.

b) Determinación de la producción de materia seca

Según Teuber (2007), el contenido de materia seca (MS) del forraje es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde. Esta

labor se realiza habitualmente en laboratorios especializados, donde se utilizan hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 a 105°C por 24 a 48 horas o por el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante.

Este proceso es lento, pero asegura que no se altera la composición nutricional del forraje. La expresión de este parámetro se realiza en forma proporcional; es decir, como porcentaje del forraje fresco total cosechado. La evaluación antes del pastoreo estima la disponibilidad total de materia seca.

La determinación de materia seca se realizó en el laboratorio de pastos y forrajes de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, a través del método gravimétrico, para lo cual se obtuvo una sub muestra de 500 gramos de forraje verde, luego se colocó en la estufa a 65 °C por un periodo de 72 horas, debidamente identificada.



Figura 8. Muestras de pastura en proceso de secado en estufa.

Una vez completado este tiempo se procedió a sacar la muestra de la estufa, procediendo a pesarla utilizando una balanza analítica.



Figura 9. Peso de muestras de forraje para determinación de materia seca.

Cuando los pesos fueron constantes se realizó el cálculo del porcentaje de materia seca de cada una de las muestras usando la siguiente fórmula y se consolidó en una base de datos.

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

Dónde:

% MS : Porcentaje de materia seca.

% Humedad : Porcentaje de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \left(\left(\text{Peso húmedo} - \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \right) \right) * 100$$

Finalmente en el molino se procedió a pulverizar las muestras y luego acondicionarlas en bolsas de papel para ser enviadas al laboratorio para realización de análisis bromatológico y así obtener los datos de proteína y digestibilidad de la pastura.



Figura 10. Muestra de pastura sin humedad.



Figura 11. Molido de muestras de pastura.

c) **Composición florística del potrero en el que pastorearon las unidades experimentales**

La composición florística es el número de especies de una determinada comunidad de vegetación. Esta lista puede recoger de forma pormenorizada las especies presentes o bien la de grupos fisonómicos, funcionales (por ejemplo “gramíneas”, “leguminosas” y “otras especies”. Una descripción más detallada de la composición florística deberá indicar la abundancia de cada planta mediante el uso de alguna escala numérica (MINAM 2010).

La determinación de la composición florística en este estudio, es importante ya que nos permitió caracterizar que tipo de especies conformaron la pastura que consumieron las unidades experimentales, lo que va a influir en el valor nutritivo y digestibilidad de la pastura.

Para la determinación de la composición florística, se utilizó el método de transección al paso con muestreo totalmente al azar y tomando 100 puntos por lote considerando especies deseables, especies no deseables, roca y suelo desnudo para pastoreo de vacunos de leche de Raza Holstein y Brown Swiss, los resultados se muestran en el Anexo 7 y 8.



Figura 12. Determinación de la composición florística de la pastura.

d) **Determinación de la Carga animal**

Se define como el número de animales por unidad de superficie. Se puede expresar como cabezas por hectárea o equivalente vaca por hectárea. Es el aspecto de manejo

más importante, el que define en gran parte la producción del rodeo y la estabilidad ecológica y productiva de los pastizales (Luisoni 2010).

Para el cálculo de la carga animal, se tuvo en cuenta todas las categorías de vacunos que existían en el fundo Cristo Rey, es decir, vacas en producción, vacas en seca, vaquillonas, terneras y toros. Para el cálculo se consideró los siguientes datos.

$$UA = 450 \text{ kg}$$

$$Area (FC) = 27 \text{ ha.}$$

Aplicando la fórmula siguiente se encontró una carga animal de 2.8 UA/ha. El detalle se puede observar en el Anexo 9.

$CA (UA/ha/año) = \frac{\text{unidad animal /categoría}}{\text{área}(FC)}$
--

Dónde:

UA : Unidad Animal

Área (FC) : Área del Fundo Cristo Rey

CA : Carga Animal

3.8.2.2. Características del concentrado

El concentrado que se suministró a las unidades experimentales en el fundo Cristo Rey es AB VACUNO LECHINOR PLUS más maíz molido en una proporción de 8 kg por vaca por día. El ordeño se realizó dos veces al día, a las 5:00 a.m. y a las 3:00 pm, suministrándole 4 kg de concentrado en la mañana y 4 kg de concentrado en horas de la tarde para vacas en producción; y solo 4 kg para vacas en seca (2kg en la mañana y 2 kg por la tarde).



Figura 13. Suministro de concentrado a unidades experimentales Holstein y Brown Swiss

Se tomó muestras de concentrado para enviarlas al laboratorio y obtener los datos de digestibilidad y proteína.



Figura 14. Toma de muestras de concentrado para análisis de laboratorio.

3.8.3. Características registradas de las condiciones climáticas del área de estudio.

Se sistematizó datos meteorológicos de la Estación Augusto Weberbauer correspondientes al año 2018, de los parámetros de temperatura media (°C), humedad (%), velocidad del viento (Km/h), estos datos fueron solicitados al SENAMHI Cajamarca los mismos que se muestran en el Anexo 5.

3.8.4. Costos de los productos

Se procesó datos de costos de leche que equivale a 0.41 dólares por litro, así mismo el kg de concentrado es de 0.75 dólares; estos datos nos permitieron correr el software LIFE SIM (Dairy v 15.1) para estimar la emisión de CH₄.

3.8.5. Estimación de la emisión de CH₄ mediante LIFE SIM (Dairy v 15.1)

Con base en la información recolectada y descrita precedentemente, se procedió a correr el Software LIFE SIM (Dairy v 15.1), cuyos resultados obtenidos de la emisión de CH₄ en kg vaca⁻¹año⁻¹, se muestran en el Anexo 13.

Para estimar la emisión de metano en las condiciones actuales de manejo del Fundo Cristo Rey, con el Software LIFE SIM (Dairy v 15.1), en la pestaña **Animal description**, se ingresó la información obtenida en la caracterización del rebaño bovino considerando los parámetros productivos y reproductivos de cada animal, seguidamente, se introdujo datos mensuales de las características climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento), correspondiente al año 2018, en la pestaña **Weather conditions**, luego en la pestaña **Pasture description**, se ingresó las características de la pastura: disponibilidad de materia seca por mes (kgMSha⁻¹), porcentaje de digestibilidad, porcentaje de proteína, para ambos se consideró un dato anual, contenido de materia seca (%) y carga animal, en la pestaña **Supplement data**, se ingresó información del concentrado para las combinaciones de tratamiento que corresponden al alimento pastura más concentrado. Cabe señalar que para las combinaciones de tratamiento solo pastura no se introdujo ninguna información desactivando el check de esta pestaña, ya que el software nos permite desactivarlo cuando no se utiliza concentrado; finalmente en la pestaña **economic data** ingresamos los costos de los insumos, y para estimar la emisión de metano pulsamos en la pestaña **Simulation**, así mismo en la pestaña **text reports** obtenemos los valores de metano emitido por vaca por año.

3.9. Procedimiento de análisis estadístico de la información

Para determinar las diferencias en la emisión de metano entre factores (raza y alimento), entre edad (bloques o repeticiones), se realizó el análisis de la varianza según Tabla 4.

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza del DBCR con arreglo factorial 2 *2, con cuatro repeticiones.

FV	SC	GL	CM	F ₀	Pr>F (valor p)
BLOQUES	B _{yy}	b-1=3	M ₁	M ₁ /M ₅	
RAZA	R _{yy}	r-1 =1	M ₂	M ₂ /M ₅	
ALIMENTO	A _{yy}	a-1=1	M ₃	M ₃ /M ₅	
RAZA*ALIMENTO	RA _{yy}	(r-1)(a-1)=1	M ₄	M ₄ /M ₅	
ERROR	E _{yy}	ra(b-1)-b+1=9	M ₅		
TOTAL	G _{yy}	rab-1=15			
CV					

Prueba de hipótesis para la interacción raza por alimento

H_0 : No hay interacción entre raza y alimento.

H_1 : Si hay interacción entre raza y alimento.

Se usa el $F_0 = \frac{M_4}{M_5}$

Si el valor P es menor que alfa 0.05, se rechaza H_0 y se concluye que si hay interacción significativa.

Prueba de hipótesis para el tipo de raza

H_0 : No existe diferencias significativas entre los dos tipos de raza

H_1 : Si existe diferencias significativas entre los dos tipos de raza

Se usa el $F_0 = \frac{M_2}{M_5}$

Si el valor p es menor a $\alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta que si hay diferencia significativas entre tipos de raza.

Prueba de hipótesis para el tipo de alimento

H_0 : No hay diferencias significativas entre los dos tipos de alimento

H_1 = Si hay diferencias significativas entre los dos tipos de alimento

Se usa el $F_0 = \frac{M_3}{M_5}$

Si el valor p es menor a $\alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta que si hay diferencia significativas entre tipos de alimento.

Prueba de hipótesis para las edades (bloques o repeticiones)

H_0 : No hay diferencias en la emisión de CH_4 entre edades.

H_1 : Si hay diferencias en la emisión de CH_4 entre edades.

Se usa el $F_0 = \frac{M_1}{M_5}$

Si el valor p es menor a $\alpha = 0.05$, se rechaza H_0 y se acepta que si hay diferencia significativas entre edades.

Para este último, en caso de salir significativo se realiza la prueba de rango múltiple de Duncan.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan a través de tablas y figuras con su correspondiente interpretación.

Tabla 5. Resultados de la estimación de emisiones de CH₄, en vacunos lecheros con la utilización del software LIFE SIM (Dairy v15.1)

	NOMBRE VACA	EDAD (bloque) años	FACTOR RAZA	FACTOR ALIMENTO	EMISIÓN DE METANO KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹
T1	ZAIDA	5	Holstein	Pastura	264.86
T2	MANET	5	Holstein	Pastura + CC	273.73
T3	REYNA	5	Brown Swiss	Pastura	145.21
T4	RUBI	5	Brown Swiss	Pastura + CC	221.5
T1	PIA	7	Holstein	Pastura	257.55
T2	VISTA	7	Holstein	Pastura + CC	305.98
T3	MAJU	7	Brown Swiss	Pastura	229.12
T4	LANCHA	7	Brown Swiss	Pastura + CC	254.52
T1	KEMOLY	9	Holstein	Pastura	320.86
T2	GALIA	9	Holstein	Pastura + CC	365.47
T3	CORBETA	9	Brown Swiss	Pastura	264.63
T4	MARINERA	9	Brown Swiss	Pastura + CC	318.46
T1	MARI	11	Holstein	Pastura	308.6
T2	ORLY	11	Holstein	Pastura + CC	349.49
T3	MELISA	11	Brown Swiss	Pastura	282.33
T4	MARITZA	11	Brown Swiss	Pastura + CC	293.19

4.1. Emisión de metano

Para conocer la significación de los factores estudiados y su interacción se ha realizado el análisis de la varianza para el diseño de bloques completamente randomizado (DBCR) con arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones, el mismo que se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis de varianza para la característica emisión de metano en un DBCR con arreglo factorial 2*2, con cuatro repeticiones de tratamiento.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F ₀	Pr>F (valor p)
Repeticiones (edad)	3	21620.95122	7206.98374	20.54	0.0002
Raza	1	11967.26603	11967.26603	34.11	0.0002
Alimento	1	5974.51703	5974.51703	17.03	0.0026
Raza*Alimento	1	34.75103	34.75103	0.10	0.7601
Error Experimental	9	3157.38748	350.82083		
TOTAL	15	42754.87278			
	CV		6.73		

4.1.1. Para la interacción raza por alimento

Al análisis de varianza (ANVA) no se encuentran diferencias estadísticas significativas para la interacción entre los factores raza y alimento ($p > 0.05$). Concluimos que la interacción raza y alimento no influye de manera apreciable en la emisión de metano, por lo que pasamos a considerar un modelo con dos factores sin interacción, y estudiamos cada factor de forma independiente.

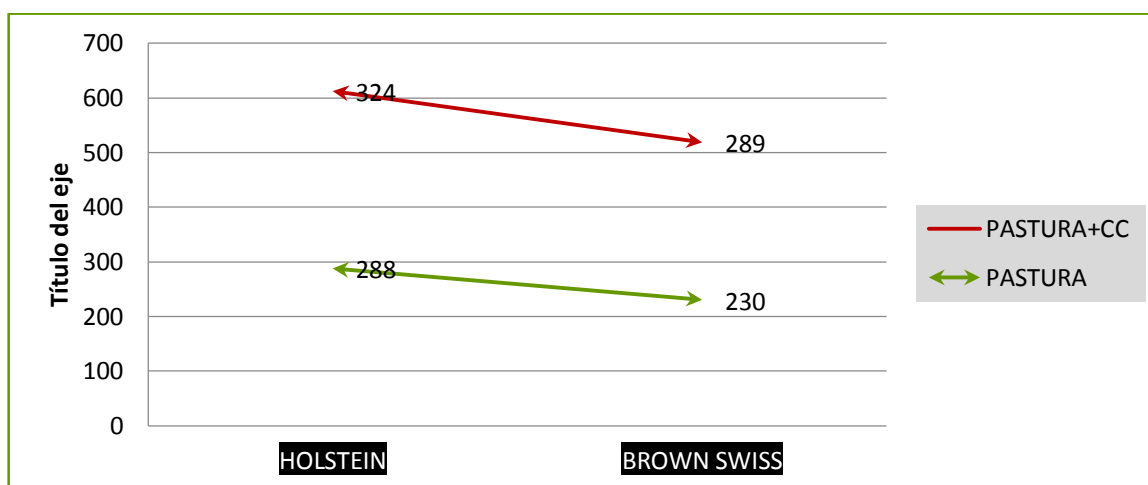


Figura 15. Gráfico de no interacción entre factores raza y alimento.

En este gráfico se observa que los factores son aditivos, ya que la diferencia entre los niveles de los factores es igual a cero, por lo que se concluye que los factores son

independientes, es decir los niveles del factor raza se comportan de manera similar en los niveles del factor alimento.

4.1.2. Para el tipo de raza

Al análisis de varianza (ANVA) se encuentran diferencias estadísticas significativas para el factor raza ($p < 0.05$), siendo la raza Holstein la que emite mayor cantidad de metano con una media de $305.818 \text{ kg CH}_4 \text{ vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en comparación a la raza Brown Swiss, alcanzando una diferencia de $54,698 \text{ kg CH}_4 \text{ vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$, entre ambas razas.

Tabla 7. Medias para la emisión de metano de las razas estudiadas

RAZA	Emisión de metano ($\text{KgCH}_4 \text{ vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$)
Holstein	305.818
Brown Swiss	251.120

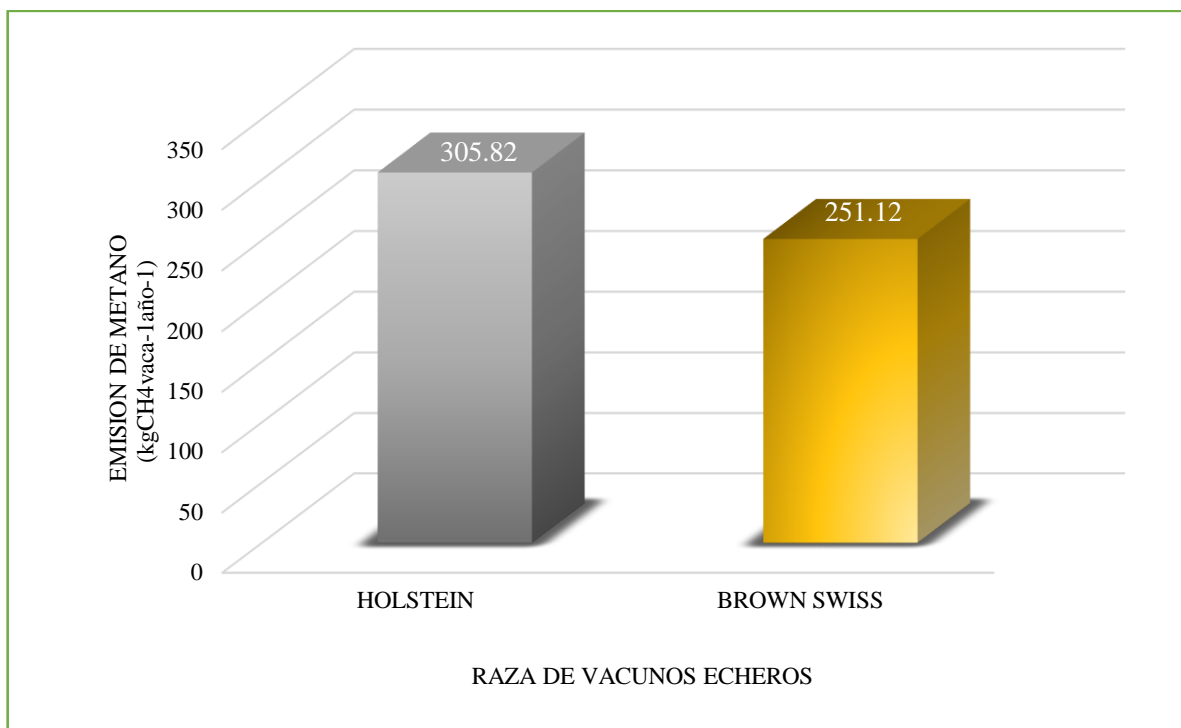


Figura 16. Emisión de metano en la raza Holstein y Brown Swiss.

Los resultados de este estudio, para el caso de ambas razas son superiores a lo reportado por autores como Molina y Sánchez (2017) 84.12 kgCH₄vaca⁻¹año⁻¹ (Colombia); Messa (2009), 94.74 kgCH₄vaca⁻¹año⁻¹ (Venezuela), quienes utilizaron el software LIFE SIM (Dairy) para estimar la emisión de metano; esta diferencia puede ser debido a condiciones climáticas ya que las características de cada lugar inciden en los procesos digestivos y determinan el balance de sus productos finales.

En el Perú no existen estudios de estimación de metano con LIFE SIM, sin embargo, existe un estudio realizado en el departamento de Junín, a una altitud de 3 301 m.s.n.m., con la técnica SF₆; por Alvarado (2018) que obtuvo 217.54 kg CH₄ Vaca⁻¹año⁻¹; para vacunos de la raza Brown Swiss, que es un valor cercano al que se obtuvo en nuestro estudio con 251.12 kg CH₄ Vaca⁻¹año⁻¹, así mismo Lipa (2017) reporta 211.23 kg CH₄ Vaca⁻¹año⁻¹ para esta misma raza, estas diferencias se pueden atribuir a la altitud (2735-3301 y 4 300 msnm respectivamente), y al uso de técnicas de medición y/o estimación del metano utilizadas.

El valor obtenido en nuestro estudio para la raza Holstein 305.818 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹ supera a lo encontrado por Villareal - Rodas *et al.* (2016) 154.76 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹

Estas diferencias de medias entre razas estudiadas también podrían estar atribuido, al peso ya que las unidades experimentales de raza Holstein tuvieron pesos mayores (622 ± 53 KgPV) que las unidades experimentales de la raza Brown Swiss (547±94 KgPV) y de acuerdo con Donney's (2015) las emisiones de metano dependen en gran medida de factores intrínsecos al animal como peso, edad y raza. Además de acuerdo con Gerber *et al.* (2013), señala que el peso corporal es un factor importante que contribuye a las emisiones de los gases de efecto invernadero a través de los requerimientos de energía para el mantenimiento, las razas más pequeñas pueden tener una huella de carbono inferior debido solamente al peso corporal más pequeño. La diferencia entre las razas con relación a la eficiencia alimentaria también se debe considerar como una opción de mitigación. De igual modo, Blas *et al.* (2008), indica que la producción diaria de metano varía linealmente con el peso del animal.

En el presente estudio se determinó la existencia de diferencias significativas en la emisión de metano para el factor raza lo que se contrasta con lo indicado por Benaouda *et al.* (2017), cuando señala que la raza podría ser un factor determinante para la producción de metano y se debe considerar para el cálculo de los inventarios nacionales.

Además, concuerda con lo demostrado por Garnsworthy *et al.* (2012) quien demostró que la variación entre animales bajo las mismas condiciones de manejo (dieta, edad) es cercana al 30%.

Finalmente, La raza *Brown Swiss* es una raza nativa más adaptada a las condiciones de la Región Cajamarca, lo que concuerda con lo señalado por Gerber *et al.* (2013), cuando indica que la expresión del potencial genético productivo de los animales a través de una nutrición adecuada y el uso de razas nativas o de cruces son enfoques recomendados para optimizar la productividad animal y reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero. Lo que podría coincidir con los resultados obtenidos por Moscoso *et al.* (2017), en su estudio realizado con cruce de vacas Brown Swiss x criollo en el cual obtuvo un valor menor (153.67 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹)

4.1.3. Para el tipo de alimento

Al análisis de varianza (ANVA) se encuentran diferencias estadísticas significativas para el factor alimento ($p < 0.05$), siendo el tipo de alimento pastura más concentrado con el que se emite mayor cantidad de metano con una media de 297.79 kgCH₄ vaca⁻¹año⁻¹, en comparación al tipo de alimento solo pastura que tiene una media de 259.14 kg CH₄ vaca⁻¹año⁻¹., notándose una diferencia de 38.648 kg CH₄vaca⁻¹año⁻¹, entre ambos tipos de alimento.

Tabla 8. Emisión de metano para tipo de alimento.

ALIMENTO	EMISIÓN DE METANO (KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹)
Pastura + concentrado	297.793
Pastura	259.145

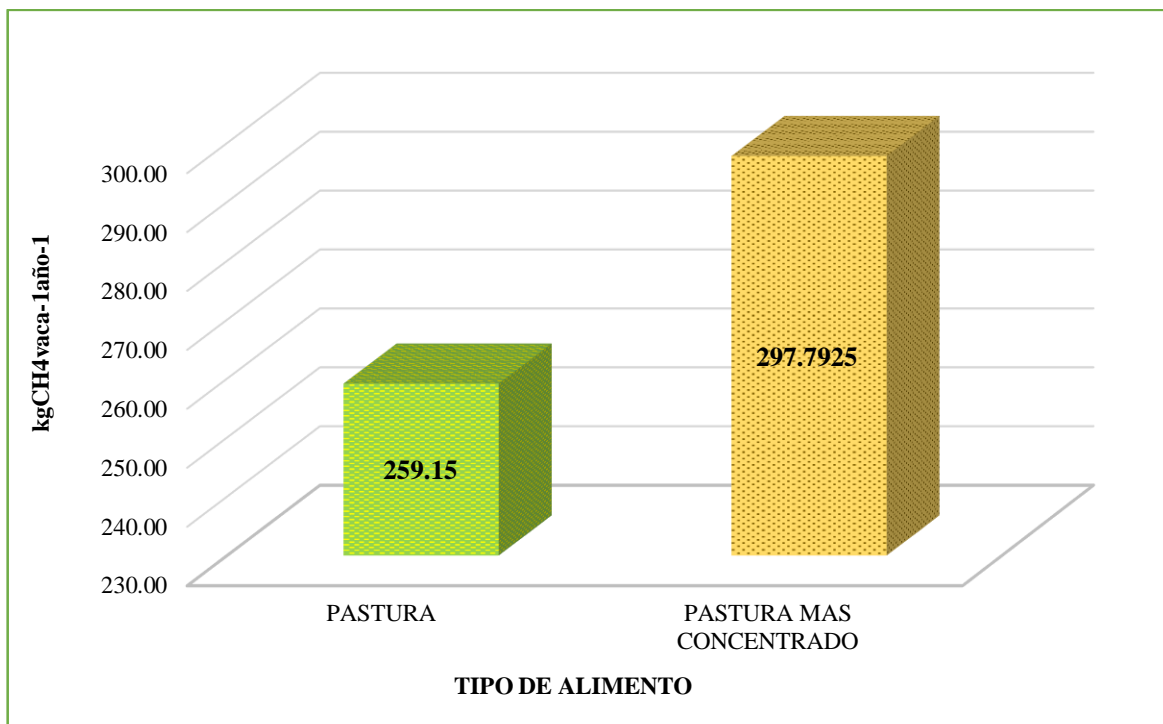


Figura 17. Emisión de metano según el tipo de alimento

Los resultados de este estudio para el factor alimento son elevados comparados con lo reportado por Lipa (2017), a 4300 m.s.n.m. en el departamento de Cusco, quien reportó 578,71 g día⁻¹ que equivalen a 211.23 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹ para el tratamiento con pastura natural más ensilado, y 148.58 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹, para el tratamiento con suplementación de 2.5 kg de concentrado, así mismo en el estudio realizado por Moscoso *et al.* (2017), Con T3 (pastos naturales + ensilado de avena + concentrado- 3kg), la emisión de metano fue de 134, 21 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹, y en nuestro estudio (pastura más concentrado) fue de 297.79 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹, observando un valor menor, pudiendo ser atribuido a la menor cantidad de concentrado utilizado en comparación a nuestro estudio que fue de 8 kg vaca⁻¹ día⁻¹, así como debido a la adición de ensilado de avena que aumenta la digestibilidad y el valor nutritivo de la dieta y por consiguiente se tiene menor emisión de metano según Alvarado (2018), que indica que la calidad de la dieta también tiene un efecto sobre las emisiones de metano entérico, donde la reducción de las emisiones esta correlacionada con una mejor calidad y digestibilidad de los nutrientes, dos atributos para los que el tipo de forraje y su madurez son indicadores.

Para el tratamiento con suplementación (pastura más concentrado) se obtuvo un valor de 297.79 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹, Vilca (2015) utilizando modelos de predicción para la estimación de metano reportó 134.56 kg CH₄ vaca⁻¹ año⁻¹, pudiendo observar que en nuestra tratamiento la emisión de metano es mayor, esto posiblemente se atribuye a la cantidad de concentrado que se suministró, en nuestro estudio fue de 8 kg vaca⁻¹ día⁻¹ y en el estudio mencionado fué de 6 kg vaca⁻¹ día⁻¹; por lo que en este caso se concuerda con lo indicado por (Grainger *et al.* 2007), cuando señala que algunos estudios no han reportado una disminución en la producción de CH₄ aumentando la proporción de alimentos. En algunos casos, se observó el efecto opuesto, es decir, la producción de CH₄ aumentó (por unidad de CMS al aumentar la inclusión de concentrado en la ración, siendo este el caso. Así mismo Alvarado (2018) señala que la producción de metano depende principalmente de la cantidad del alimento ingerido, cuando aumenta el nivel de alimentación, la producción de metano se incrementa, y en consecuencia aumentan las emisiones totales de metano por animal. Así mismo Muñoz *et al.* (2015) observaron que el aumento del nivel de suplementación con concentrado de 1 kg a 5 kg vaca⁻¹ día⁻¹, ha resultado en un incremento en la producción de leche y la producción total de metano al pasar de 452 a 500 L CH₄ vaca⁻¹ día⁻¹ y Herrera *et al.* (2014) mostraron que los niveles crecientes de concentrado resultaron en más metano producido, el cual pasó de 406 L por vaca por día en las vacas que recibieron 4 kg de concentrado a 449 L por vaca por día en aquellas con 8 kg de concentrado. Así también Abanto (2011), señala que la suplementación aumenta las ganancias de peso de los animales, y una alta tasa de consumo o un alimento grosero de baja calidad aumenta la emisión de metano.

4.1.4. Para las edades (repeticiones o bloques)

El análisis de varianza (ANVA) para los bloques o repeticiones que en nuestro estudio viene a ser las edades, señala que existen diferencias significativas. Por lo que pasamos a realizar la prueba de Rango Múltiple de Duncan 5%, a través del cual se observa que las edades de 9 y 11 años son estadísticamente similares con los mayores valores de emisión de CH₄ con 317.36 y 308.40 KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹ respectivamente; superando significativamente a la edad de 7 y 5 que a su vez son significativamente diferentes, es decir la edad de 7 años (261.79 KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹) supera significativamente a la edad de 5 años (226.33 KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹).

Tabla 9. Emisión de metano de acuerdo a la edad en vacunos lecheros

Duncan agrupamiento	MEDIAS (KgCH ₄ vaca ⁻¹ año ⁻¹)	N	EDAD (Repetición o bloque)
A	317.36	4	3 (9 años)
A	308.40	4	4 (11 años)
B	261.79	4	2 (7 años)
C	226.33	4	1 (5 años)

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

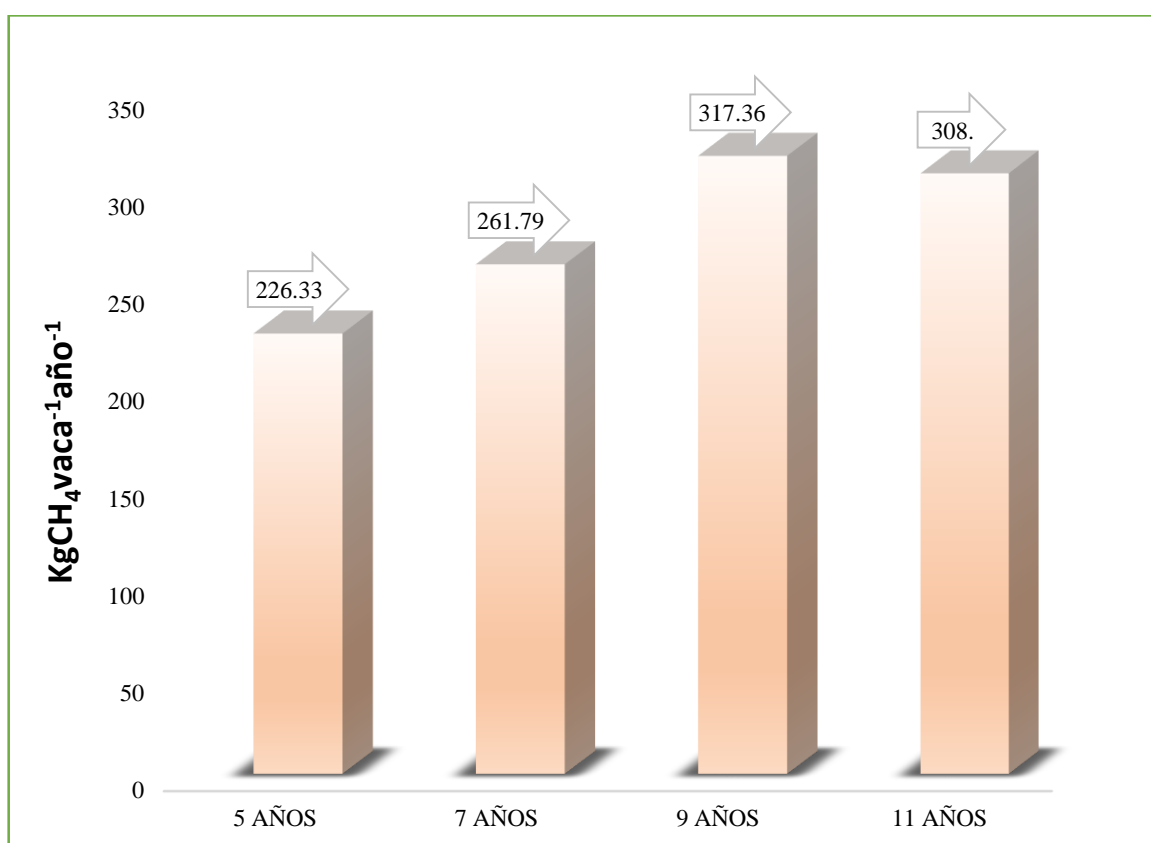


Figura 18. Emisión de metano por edad en vacunos lecheros.

Existe diferencias significativas entre edades, ya que como lo indica Blas *et al.* (2008), el rumen y los procesos fermentativos se desarrollan con la edad, de forma que son mínimos en rumiantes lactantes, pero se puede apreciar que esta tendencia continua no solo por categoría (terneras, vaquillas, vaquillonas) sino entre animales de una misma categoría como es en nuestro caso vacas lecheras, siendo que vacas adultas de 9 y 11 años emiten mayor cantidad de metano en comparación a la edad de 5 años.

Así también esto podría explicar la menor emisión de metano reportado por Molina y Sánchez (2017) $84.12 \text{ kgCH}_4\text{vaca}^{-1}\text{año}^{-1}$ (Colombia) y Messa (2009), $94. \text{ Kg CH}_4\text{vaca}^{-1}\text{año}^{-1}$ (Venezuela), que estimaron la emisión de metano con LIFE SIM (Dairy) pero utilizaron datos de vacunos lecheros con una edad promedio de 3 años.

A partir de los datos obtenidos para la edad de vacunos en nuestro estudio (se consideró 4 edades), se ha creído conveniente adicionalmente predecir esta emisión a través de la regresión lineal múltiple.

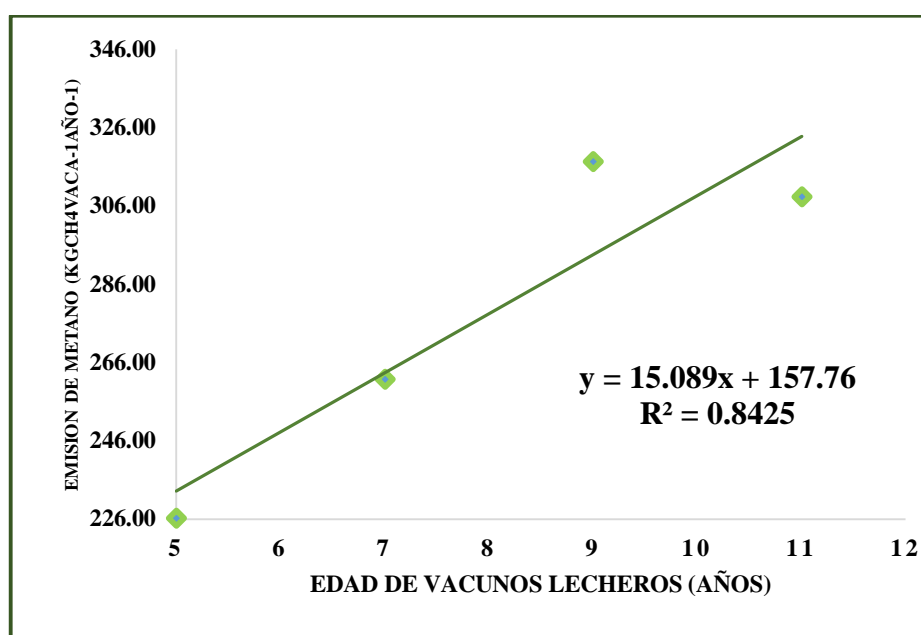


Figura 19. Relación entre edad de vacunos lecheros y emisión de metano

En la figura 18 podemos observar el ajuste del modelo de regresión lineal simple, en el cual el coeficiente de correlación ($r = 0,9178$) nos indica la relación de la variable edad con la variable emisión de metano; cabe mencionar que si este valor es cercano a 1 o -1 quiere decir que la relación de las dos variables con relación a la linealidad es buena, en nuestro caso tenemos 91.78 % que es aceptable.

El modelo de regresión predice el valor medio de la variable dependiente (Y=Emisión de CH₄) a partir de la variable independiente (edad), de manera general el análisis de regresión lineal simple trata de predecir o estimar una variable, llamada respuesta, a partir de otra variable llamada predictora o explicativa.

En este sentido, se realizó el análisis de regresión lineal simple para predecir y/o estimar la emisión de metano según la edad de vacunos lecheros, a partir de las edades consideradas en nuestro estudio, lo que nos indica que la emisión de metano en vacunos lecheros es de manera lineal, es decir a medida que aumenta la edad, aumenta la emisión de metano. Estos datos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de emisión de CH₄ estimados por modelo de regresión lineal simple.

EDAD EN VACUNOS LECHEROS (años)	EMISIÓN DE METANO (kg CH₄/vaca⁻¹año⁻¹)
2	187,936
2,5	195,4805
3	203,025
3,5	210,5695
4	218,114
4,5	225,6585
5	233,203
5,5	240,7475
6	248,292
6,5	255,8365
7	263,381
7,5	270,9255
8	278,47
8,5	286,0145
9	293,559
9,5	301,1035
10	308,648
10,5	316,1925
11	323,737
11,5	331,2815
12	338,826
12,5	346,3705
13	353,915

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) La raza de vacuno lechero Holstein emite mayor cantidad de metano con 305.818 KgCH₄vaca⁻¹año⁻¹
- b) El tipo de alimento pastura más concentrado (8 kg) contribuye a la mayor emisión de metano en vacunos lecheros con 297.793 Kg CH₄vaca⁻¹año⁻¹
- c) Existe diferencias significativas en la emisión de metano según la edad de los vacunos lecheros.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Aplicar este tipo de investigaciones en diferentes zonas de nuestra región a fin de poder cuantificar las emisiones de metano y poder adoptar medidas de mitigación y reducción de este gas en el sector ganadero lechero, que encaminen la responsabilidad ambiental de la producción lechera.
- b) Usar el software LIFE-SIM para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso en los sistemas de ganadería lechera, ya que es una herramienta útil, de fácil manejo y toda la información que requiere se puede obtener en campo y así poder contribuir al inventario de gases de efecto invernadero en nuestro país y región. Finalmente, también se pueden usar los módulos LIFE SIM para estimar emisiones en ganado de carne y cerdos.

CAPITULO VI

LISTA DE REFERENCIAS

- Abanto Rojas, M. 2011. Impacto Ambiental del metano producido por el ganado vacuno criado bajo sistemas de explotación, en la ganadería “monte Carmelo”- Trujillo. Tesis Doc. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 62 p.
- ABSP (Asociación Brown Swiss del Peru, Perú). 2014. La Raza Brown Swiss (en línea, sitio Web). Consultado 08 abr. 2019. Disponible en <http://www.brownswiss.org.pe/index.php/nosotros/raza-brown-swiss>
- Aguar-Zalzano, E; Rojas- Bourrillon, A. 2014. Métodos utilizados para reducir la producción de metano endógeno en rumiantes. *Nutrición Animal Tropical* 8(2): 72-90
- ANEMBE (Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España). 2012. XVII Congreso Internacional de Medicina Bovina. Calsamiglia, S. 2012. Producción de rumiantes, estrategias productivas y emisiones de gases de efecto invernadero. Memoria. Congreso. (8, 2012, Santander, España). Santander, España. Editorial ANEMBE. 256 P.
- Alvarado Bolovich, V. 2018. Emisión de metano entérico de vacas en lactación con pastos cultivados en zona altoandina – estación lluviosa y seca”- Lima. Tesis Msc. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 90 p.
- Barletta, L. 2001. Manejo de la vaca en el parto. (en línea). *Veterinaria el diario digital de los veterinarios*. Consultado 19 Mar. 2019. Disponible en <https://www.portalveterinaria.com/rumiantes/articulos/2682/manejo-de-la-vaca-en-el-parto.html>
- Benaouda, M; González Ronquillo, M; Molina, LT.; Castelán Ortega, O A. 2017. Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(4) 965-974.
- Blas, C; García-Rebollar, P; Cambra-López, M; Torres, AG. 2008. Contribución de los Rumiantes a las Emisiones de Gases con Efecto Invernadero. XXIV Curso de

- Especialización FEDNA (en línea, curso), Madrid, España. Consultado 11 abr 2019. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/89-gases.pdf>
- Bonilla Cárdenas, JA; Lemus Flores, C. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias. 3(2):215-246
- Broucek, J. 2014. Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. Journal of Environmental Protection 5: 1482-1493
- Carmona, JC; Bolívar, DM; Giraldo, LA. 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 ciencias Pecuarias 18(1): 49-63
- Carvajal-Hernández, M; Valencia-Heredia, ER; Segura-Correa, JC. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. Rev Biomed 13(1): 25-31.
- Castelán Ortega, OA; Benaouda, M; Pedraza Beltrán, PE; Ángeles-Hernández, JC; Ku Vera, JC; González Ronquillo, M; Mejía Velázquez, R; Montelongo Pérez, HD; Hernández Pineda, G; Apodaca Martínez, G; Cardoso Gutiérrez, E; Vázquez Carrillo, MF; Praga Ayala, AR. 2018. Efecto de forrajes de diferente calidad sobre la producción de metano ruminal y la necesidad de un sistema de energía metabolizable para el ganado bovino de México.
- Decreto Supremo N° 002-2016-MINAGRI. Política Nacional Agraria. Diario Oficial El Peruano. Perú. 18 mar.
- Decreto Supremo N° 011-2015-MINAM. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Diario Oficial El Peruano. Perú. 23 set.
- Donney's Lemos, GV. 2015. Evaluación de las emisiones entéricas de metano en vacas lecheras bajo trópico alto con o sin la inclusión de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Tesis Mg. Medellin, Colombia, UNC. 125 p.
- Escurre M, E. (2001). Situación de la ganadería lechera en Cajamarca. Revista de Investigaciones Veterinaria del Perú 12 (2): 21-26

- Espinoza Aliaga, D; Jáuregui Vargas, MA; Leveau Luján, OC. 2012. Plan Estratégico del Sector Lácteo de Cajamarca. Tesis Mg. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú. 171 p.
- Feldkamp, CR; Torroba, F; Vázquez Amábile, G; Galbusera, S; Cañada, P. 2014. Suelos, producción agropecuaria y cambio climático: avances en la Argentina. Sistemas ganaderos y los factores de emisión de Gases de Efecto Invernadero. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 13 p.
- Fernández, M; García, M; Gómez, C. 2007. Emisión de metano y sistemas de producción animal en el Perú: implicancias nutricionales. Tesis, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.3p.
- Garnsworthy, P; Craigon, J; Hernandez-Medrano, JH; Saunders, N .2012. On-farm methane measurements during milking correlate with total methane production by individual dairy cows. J Dairy Sci 95(6):3166-80.
- Gerber, PJ; Henderson, B; Makkar, H. 2013. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera: Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. Roma, Italia.
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería: Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma.
- Gómez Bravo, C; Fernández Curí, M. 2009. Los impactos del cambio climático sobre el agua y el manejo de los recursos naturales: “Análisis comparativo de las emisiones de metano y efecto del cambio climático sobre la ganadería en el Perú”. Tesis, cusco, Perú, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. 17 p.
- Gómez, C; García, J; Romero, J; Naupari, J; Haro J. 2017. Avances sobre implementación de medición de emisión de metano por rumiantes en el Perú. (en línea, sitio web) consultado 01 Ago. 2018. Disponible en <http://www.actualidadganadera.com/articulos/avances-sobre-implementacion-de-medicion-de-emision-de-metano-por-rumiantes-en-el-peru.html>

- González, AD; Carlsson-Kanyama, A. 2007. Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. *ASADES: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11(1): 7-14
- Grainger C, Clarke T, Mcginn SM, Auldist MJ, Beauchemin KA, Hannah GC, Waghorn GC, 2007. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer and chamber techniques. *J Dairy Sci*;90:2755–2766.
- Gutiérrez-Arce, F; Rojas-Vásquez, Z. 2016. Gas metano en la producción ganadera y su contribución al calentamiento global. *Ecoscientia*. 2(2): 26-35
- Herrera, D; Hube, S; Morales, J; Ungerfeld, E. y Muñoz, C. 2014. Efecto de la suplementación con concentrado sobre las emisiones de metano y desempeño productivo de vacas lecheras en lactancia tardía. In: proceeding of primera conferencia de gases de efecto invernadero en sistemas agropecuarios de Latinoamérica. Alfaro, M. V.; González, S. M.; Hube, S. S.; Muñoz, C. M.; Pinares-Patiño, C. y Ungerfeld, E. INIA Chile. 54: 89-90
- Hook, SE; McBride, BW; Wright, AD. 2014. Methanogens: Methane Producers of the Rumen and Mitigation Strategies. *Archaea* 2010(945785): 1-11
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil).2013. Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres ciudad de los baños del inca. (En línea, pdf). Consultado 11 set. 2018. Disponible en http://bypad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Cajamarca/Cajamarca/banosde linca.pdf
- León-Velarde, C; Quiroz, R; Cañas, R; Guerrero, J. 2006. LIFE-SIM: Livestock feeding strategies simulation models. Modelos de simulación de estrategias de alimentación del ganado. (En Línea, sitio web). Consultado 01 Ago 2018. Disponible en <https://cipotato.org/site/inrm/home/tapp/Manuals/LIFESIM%20Simulation%20Model%20Users%20Guide%20Spanish.pdf>
- 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”. Tesis Ing. Zoot. Cusco, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad. 102 p.

- Luisoni, LH. 2010. 2ª Jornada IPCVA (cartilla) Ajuste de carga animal: aspectos teóricos y recomendaciones prácticas. INTA EEA Reconquista. Centro Regional Santa Fe.
- Marín Gómez, A. 2013. Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia, Colombia. Tesis Mg. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 115 p.
- Messa Arboleda, HF. 2009. Balance de gases de efecto invernadero en un modelo de producción de ganadería doble propósito con alternativas silvopastoriles en Yaracuy, Venezuela. Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 225 P.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú), INEI (Instituto Nacional de Estadística e informática, Perú). 2013. IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO – CENAGRO 2012, Lima, Perú (en Línea). Consultado 19 Mar. 2019. Disponible en <https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/resultados.pdf>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2017. Plan de Desarrollo Ganadero 2017-2027. Lima, Perú. 41 p. (en línea). Consultado 04 Mar. 2019. Disponible en <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2016. El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2016. Lima: Ministerio del Ambiente. 329 p.
- MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE, PE). 2010. Guía de evaluación de la flora silvestre. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Consultado 23 May. 2019. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DscF4r4TBnwJ:siar.regioncajamarca.gob.pe/download/file/fid/46613+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- Molina Benavides, RA. 2011. Sostenibilidad de los sistemas ganaderos localizados en el parque nacional natural de las hermosas y su zona de influencia. Tesis Mg. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 135 p.
- Morgavi, DP; Kelly, WJ; Janssen, PH; Attwood, GT. 2013. Rumen microbial (meta)genomics and its application to ruminant production. *Animal* 7(1):184–201.

- Moscoso, JE; Franco, F; San Martin, F; Olazabal, J; Chino, LB; Piñares-Patiño, C. 2017. Producción de Metano en Vacunos al Pastoreo Suplementados con Ensilado, Concentrado y Taninos en el Altiplano Peruano en Época Seca. *Rev Inv Vet Perú* 28(4): 822-833
- Muñoz, C; Hube, S; Morales, J; Yan, T. and Ungerfeld, E. M. 2015. Effects of concentrate supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing dairy cows. *Livestock Sci.* 175:37-46
- Murgueitio, E; Chará, J.; Barahona, R.; Cuartas, C.; Naranjo, J. 2014. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (Sspi), Herramienta de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 17(1): 501 – 507.
- Núñez Hernández, G; Rodríguez Hernández, K; Granados Niño, JA; Anaya Salgado, A; Bonilla Cardenas, J; Figueroa Viramontes, U.2015. Emisiones de metano del ganado lechero en explotaciones lecheras en la Región Lagunera. *AGROFAZ* 15 (1):17-26
- Núñez, E; Yaranga, R; Zubieta. 2012. Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro: Antecedentes generales de la ganadería en el valle del Mantaro. Instituto Geofísico del Perú (Sector Ganaderia) 2:166-179.
- Ortiz Alejos, DF. 2006. Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. (En línea). Tesis Med. Vet. Lima, Perú, UNMSM. Consultado 19 Mar. 2019. Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/732/Ortiz_ad.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reátegui Ordoñez, JE. 2014. Estimación de las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol proveniente de sistemas de producción de vacunos de leche. Tesis Doc. Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María. 135 p.
- Resolución Ministerial N° 0297-2017-MINAGRI. Plan de Desarrollo Ganadero 2017-2027. Diario Oficial El Peruano. Perú. 20 jul.
- Restrepo, C; Noguera,RR; Posada, SL. 2016. Ecuaciones para predecir metano en ganado lechero: Un meta-análisis. *Livestock Research for Rural Development* 28 (7): 1-8

- Roman Ponce, SI y Hernández-Medrano, JH. 2016. Producción y medición de Metano (CH₄) en el Ganado Bovino. Technical Report. Revista Ganadero: 184-193
- Salcedo Díaz, G. 2012. Salud ambiental de las explotaciones lecheras de cantabria: (i) Estimación de los gases efecto invernadero. In XVII Congreso Internacional de Medicina Bovina. (8, 2012, Santander, España). ANEMBE. Memoria. Santander, España. P. 231.
- Sanchez, A. 2010. Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México. Veracruz, Universidad Veracruzana. 35 p. (En línea, pdf). Consultado 25 jun. 2019. Disponible en https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2012/12/Sanchez-2010._Parametros-reproductivos-bovinos.pdf
- Sánchez, L. (2011). Informe económico del departamento de Cajamarca para la Zonificación Ecológica y Económica. (En Línea, sitio web). Consultado 01 Ago 2018. Disponible en: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MemSocioeconomica.pdf>
- Shibata, M; y Terada, F. 2010. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Journal of Animal Science* 81:2-10.
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 27 P.
- Ungerfeld, EM; Escobar-Bahamondes, P; Muñoz, C. 2018. Predicción y mitigación de las emisiones de metano de los rumiantes. *Agro productividad* 11(2): 34-39.
- Villarreal Rodas, JH; Arias Chávez, LE; Bonilla Cárdenas, JA, Román Ponce, SI, 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*. 2(2): 240-250.
- Woodward SL, Waghorn GC, Laboyrie PG. 2004. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. *Proc New Z Soc Anim Prod* 64: 160-164.

Zúñiga González, N. 2016. Estimación de las emisiones en bovinos en los sistemas de producción lechera en pequeña escala a través del factor de conversión de metano. Tesis Doc. El Cerrillo Piedras Blancas Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México. 203p.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Unidades experimentales de la raza Holstein en pastoreo	55
Anexo 2. Unidades experimentales Brown Swiss en pastoreo.	55
Anexo 3. Base de datos obtenidos de la raza Holstein	56
Anexo 4. Base de datos obtenida para la raza Brown Swiss.....	57
Anexo 5. Base de datos de las condiciones climáticas del año 2018.....	58
Anexo 6. Base de datos obtenidos de la pastura del año 2018.	58
Anexo 7. Familias y especies encontradas en la evaluación de composición florística de pasturas en el año 2018.	59
Anexo 8. Formato utilizado para determinación de la composición florística del potrero.....	61
Anexo 9. Porcentaje de especies encontradas en la evaluación de composición florística de pasturas en el año 2018 – Fundo Cristo Rey.....	62
Anexo 10. Cálculo de la carga animal UA/HA/AÑO	62
Anexo 11. Datos obtenidos de las características del concentrado	62
Anexo 12. Ficha técnica del concentrado utilizado.	63
Anexo 13. Datos de estimación de CH₄ con LIFE SIM (Dairy v 15.1.)	64
Anexo 14. Resultados de análisis de laboratorio (composición química de leche)..	65
Anexo 15. Resultados de análisis de proteína y digestibilidad de pastura y concentrado.	67
Anexo 16. . Análisis de Regresión Lineal Múltiple para la edad en vacunos lecheros.	69

Anexo 1. Unidades experimentales de la raza Holstein en pastoreo



Anexo 2. Unidades experimentales Brown Swiss en pastoreo.



Anexo 3. Base de datos obtenidos de la raza Holstein

N° IDENTIFICACION	RAZA	FECHA DE NACIMIENTO	PARAMETROS REPRODUCTIVOS										PARAMETROS PRODUCTIVOS				
			EDAD		Edad al primer parto	N° Lactancia	Peso	Duración de la lactancia	Intervalo de Parto	Duración de la Gestación (282±3)		Peso del ternero al nacer	Producción de Leche	Grasa	SNG	Proteína	
			años	años	años		kg	meses	días	meses	días	kg	kg	%	%	%	
1	MANET	HOLSTEIN	13/02/2013	5,55	5	2,5	3	603	11	418	9	280	40	7768	3,24	8,63	3,01
2	ZAIDA	HOLSTEIN	14/10/2013	4,88	5	2,6	3	565	12	420	9	280	38	7788	2,85	7,71	2,93
3	PIA	HOLSTEIN	18/11/2010	7,79	7	2,1	5	541	10	365	9	280	36	5754	3,24	7,97	3,10
4	VISTA	HOLSTEIN	08/05/2011	7,31	7	2,3	5	616	12	596	9	280	38	6233	3,17	8,92	3,20
5	KEMOLY	HOLSTEIN	16/09/2009	8,96	9	2,3	7	620	9	362	9	280	38	5432	2,86	7,65	2,87
6	GALIA	HOLSTEIN	30/03/2010	8,42	9	2,3	7	678	12	438	9	280	38	6473	2,62	7,65	2,74
7	ORLY	HOLSTEIN	31/10/2007	10,84	11	2,3	9	691	12	586	9	280	40	9085	2,91	7,72	2,86
8	MARI	HOLSTEIN	14/05/2008	10,30	11	2,3	9	659	12	561	9	280	40	8918	3,37	7,53	3,05

Anexo 4. Base de datos obtenida para la raza Brown Swiss

N° IDENTIFICACION	RAZA	FECHA DE NACIMIENTO	PARAMETROS REPRODUCTIVOS									PARAMETROS PRODUCTIVOS				
			EDAD	Edad al primer parto	N° Lactancia	Peso	Duración de la lactancia	Intervalo de Parto	Duración de la gestación	Peso del ternero al nacer	Producción de Leche	Grasa	SNG	Proteína		
			años	Años		(kg)	(1 a 12 meses)	días	días	(kg)	(kg)	(%)	(%)	(%)		
1	REYNA	BROWN SWISS	12/12/2013	4,72	5	2,5	2	357	11	415	284	34	6332	3,97	8,14	3,01
2	RUBI	BROWN SWISS	14/04/2013	5,38	5	2,5	2	450	11	420	284	34	6332	3,97	8,14	3,01
3	LANCHA	BROWN SWISS	17/01/2011	7,62	7	2,7	5	511	9	348	281	36	4518	3,75	8,36	2,80
4	MAJU	BROWN SWISS	04/02/2011	7,58	7	2,7	4	532	12	526	284	36	5460	4,43	8,33	3,47
5	MARINERA	BROWN SWISS	28/12/2009	8,68	9	2,4	6	620	10	375	280	40	5029	3,87	8,26	2,97
6	CORBETA	BROWN SWISS	26/11/2009	8,76	9	2,5	6	598	12	481	280	39	6635	4,32	8,14	3,17
7	MELISA	BROWN SWISS	23/08/2006	12,02	11	1,5	9	603	12	420	284	38	5604	4,27	8,89	3,33
8	MARITZA	BROWN SWISS	15/05/2007	11,29	11	2,5	9	610	12	421	284	38	6574	4,19	8,39	3,38



Anexo 5. Base de datos de las condiciones climáticas del año 2018.





N°	MES	TEMPERATURA	PRECIPITACION	HUMEDAD	VELOCIDAD
		MEDIA	TOTAL		DEL VIENTO
		(°C)	(mm)	(%)	(Km/h)
1	ENERO	14,9	99,0	65	3,2
2	FEBRERO	15,2	126,4	66	3,2
3	MARZO	15,1	117,3	69	4,0
4	ABRIL	14,7	73,3	66	4,3
5	MAYO	14,5	50,1	67	2,9
6	JUNIO	13,9	10,8	54	4,7
7	JULIO	14,3	0,5	56	6,1
8	AGOSTO	14,9	0,0	56	7,9
9	SETIEMBRE	15,1	24,4	57	5,0
10	OCTUBRE	15,5	61,8	61	4,7
11	NOVIEMBRE	15,9	97,4	66	4,3
12	DICIEMBRE	14,9	69,4	60	11,2
PROMEDIO		14,9	730,4	62	5,13

Anexo 6. Base de datos obtenidos de la pastura del año 2018.

N°	MES	Producción	Producción	Disponibilidad	CONTENIDO	DIGESTI	PROTEINA	CARGA
		FV	MS	MS	DE MS	BILIDAD	CRUDA	ANIMAL
		Tn/ha	Tn/ha	Kg MS/Ha	%	%	%	UA/Ha.
1	ENERO	11	2.3	2260	20.5			
2	FEBRERO	20	2.9	2860	14.6			
3	MARZO	30	5.0	5000	16.6			
4	ABRIL	24	4.1	4100	17.3			
5	MAYO	23	4.0	4000	17.4			
6	JUNIO	18	3.0	3000	16.7			
7	JULIO	9	1.6	1600	17.8			
8	AGOSTO	11	2.1	2100	19.1			
9	SEPTIEMBRE	12	2.1	2100	17.5			
10	OCTUBRE	17	3.3	3300	19.4			
11	NOVIEMBRE	16	3.0	3000	18.8			
12	DICIEMBRE	19	3.7	3700	19.5			
TOTAL (año)				37020	18	73.31	14	2.8

Anexo 7. Familias y especies encontradas en la evaluación de composición florística de pasturas en el año 2018.

N°	Especie	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1		Rye Grass	<i>Lolium multiflorum</i>	Poaceae
2		Trébol Blanco	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae
3		Trébol Rojo	<i>Trifolium pratense</i>	Fabaceae
4		Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Fabaceae
5		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteráceas
6		Llantén	<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae
7		Lengua de Vaca	<i>Rumex crispus L</i>	Polygonaceae

8		Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae
9		Junco de sapo	<i>Juncus bufonius L</i>	Juncaceae
10		Junco espinoso, Redondo	<i>Juncus acutus</i>	Juncaceae
11		Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae

Anexo 8. Formato utilizado para determinación de la composición florística del potrero.

Departamento	
Provincia	
Distrito	
Localidad	
Propietario	
Área	
Fecha	
Lote	

Nº	Muestra	Nº	Muestra	Nº	Muestra	Nº	Muestra
1		26		51		76	
2		27		52		77	
3		28		53		78	
4		29		54		79	
5		30		55		80	
6		31		56		81	
7		32		57		82	
8		33		58		83	
9		34		59		84	
10		35		60		85	
11		36		61		86	
12		37		62		87	
13		38		63		88	
14		39		64		89	
15		40		65		90	
16		41		66		91	
17		42		67		92	
18		43		68		93	
19		44		69		94	
20		45		70		95	
21		46		71		96	
22		47		72		97	
23		48		73		98	
24		49		74		99	
25		50		75		100	

LEYENDA

RGE	Rye Grass	DL	Diente de León	K	Kikuyo	SD	Roca
TR	Trébol Rojo	LL	Llantén	J	Juncáceas	R	Suelo Desnudo
TB	Trébol Blanco	LV	Lengua de Vaca	OE	Otras Especies		

Anexo 9. Porcentaje de especies encontradas en la evaluación de composición florística de pasturas en el año 2018 – Fundo Cristo Rey.

	Especies		Cantidad de especies	% de especies
Deseables	Rye Grass	RGE	25.2	41
	Trébol Rojo	TR	1.0	
	Trébol Blanco	TB	13.6	
	Alfalfa	A	0.9	
No deseables	Diente de León	DL	1.4	56
	Llantén	LL	2.7	
	Lengua de vaca	LV	5.9	
	Otras Especies	OE	1.2	
	Kikuyo	K	31.3	
	Juncáceas	J	13.7	
	Tumba burro	TMB	0.3	
Roca y Suelo Desnudo	Suelo Desnudo	SD	2.7	3
	Roca	R	0.2	
TOTAL			100	100


Anexo 10. Cálculo de la carga animal UA/HA/AÑO

Nº	CATEGORIA	Nº de Cabezas	Peso promedio/animal	Peso total(Kg)	Unidad animal/vaca	Unidad animal/categoría	Carga Animal (UA/ha/año)
1	Vacas en producción	35	560	19600	1.24	43.6	FUNDO CRISTO REY
2	Vacas en seca	11	658	7238	1.46	16.1	
3	Vaquillonas en campo	5	317	1585	0.70	3.5	
4	Terneritas en corrales	14	370	5180	0.82	11.5	
5	Terneritas en cunas	5	185	925	0.41	2.1	
6	Machos en cunas	2	45	90	0.10	0.2	
TOTAL		72				76.9	2.8

Anexo 11. Datos obtenidos de las características del concentrado

Nº	MUESTRA	Proteína	Fibra Cruda	Digestibilidad	MS	Energía Metabolizable	Costo
		%	%	%	%	(Mcal/kg)	(\$)
1	cc Lechinor Plus + maíz molido	12,27	2,78	86,18	86,59	3,07	0,75

Anexo 12. Ficha técnica del concentrado utilizado.

	FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTO TERMINADO	Código: ES-6.3.4.2
		Versión: 02
		Página 1 de 1

NOMBRE	AB VACUNO LECHINOR PLUS		
INGREDIENTES	<p>Alimento balanceado para vacas en la etapa de producción hasta los 200 días de lactación con una producción promedio de 40 litros a más.</p> <p>Concentrado a base de granos, subproductos de granos, subproductos agroindustriales, harinas / tortas de oleaginosas, melaza de caña, carbonato de calcio, cloruro de sodio.</p> <p>Vitaminas: A, D3, E.</p> <p>Minerales: Cobre, cobalto, manganeso, selenio y zinc.</p> <p>Aditivos: bicarbonato, óxido magnesio y promotor de producción.</p>		
ESPECIFICACIONES ORGANOLEPTICAS	CARACTERÍSTICAS		
	Olor	característico	
	Color	Amarillo - Ámbar	
ESPECIFICACIONES QUÍMICAS	ANÁLISIS	UNIDAD	PARAMETROS
	Humedad	%	≤ 13.0
	Proteína	%	≥ 18.0
	Grasa	%	≥ 6.0
	Fibra	%	≤ 5.0
	Cenizas	%	≤ 7.0
	Calcio	%	≥ 0.8
	Fósforo	%	≥ 0.4
ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS	ANÁLISIS	UNIDAD	PARAMETROS
	Aerobios mesófilos	ufc/g	<4x10 ⁴
	Coliformes	ufc/g	<10 ⁴
	Hongos	ufc/g	<10 ⁴
	E. Coli*	ufc/g	< 100
	Clostridium	ufc/g	< 100
ESPECIFICACIONES TOXICOLÓGICAS	ANÁLISIS	UNIDAD	PARAMETROS
	Aflatoxinas*	ppb	< 20
	Vomitoxina	ppm	< 0.5
VIDA UTIL DEL PRODUCTO Y CONDICIONES	<p>3 meses, almacenado sobre pallets en sitio cubierto, seco y fresco, libre de insectos y roedores, fuera de contacto con sustancias tóxicas.</p>		
EMPAQUE Y ROTULADO	<p>El empaque contendrá toda la información técnica del producto y el rotulado cumplirá con las especificaciones de Calidad y de las NTP.</p>		
PRESENTACIÓN	<p>Sacos de polipropileno de 50 kg y/o a Granel</p>		

Anexo 13. Datos de estimación de CH₄ con LIFE SIM (Dairy v 15.1.)

NOMBRE VACA	EDAD	RAZA	ALIMENTO	EMISIÓN DE METANO
				KgCH ₄ /VACA/AÑO
T1 ZAIDA	5	HOLSTEIN	PASTURA	264.86
T2 MANET	5	HOLSTEIN	PASTURA + CC	273.73
T3 REYNA	5	BROWN SWISS	PASTURA	145.21
T4 RUBI	5	BROWN SWISS	PASTURA + CC	221.5
T1 PIA	7	HOLSTEIN	PASTURA	257.55
T2 VISTA	7	HOLSTEIN	PASTURA + CC	305.98
T3 MAJU	7	BROWN SWISS	PASTURA	229.12
T4 LANCHA	7	BROWN SWISS	PASTURA + CC	254.52
T1 KEMOLY	9	HOLSTEIN	PASTURA	320.86
T2 GALIA	9	HOLSTEIN	PASTURA + CC	365.47
T3 CORBETA	9	BROWN SWISS	PASTURA	264.63
T4 MARINERA	9	BROWN SWISS	PASTURA + CC	318.46
T1 MARI	11	HOLSTEIN	PASTURA	308.6
T2 ORLY	11	HOLSTEIN	PASTURA + CC	349.49
T3 MELISA	11	BROWN SWISS	PASTURA	282.33
T4 MARITZA	11	BROWN SWISS	PASTURA + CC	293.19

Anexo 14. Resultados de análisis de laboratorio (composición química de leche)



**LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.**

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante: MABEL OCAS GONZALES
 Domicilio legal: CAJAMRCA
 Contacto: CARLOS QUILCATE
 Dirección de entrega: LABORATORIO DE NUTRICION-UNTRM

DATOS DEL PRODUCTO

Producto: LECHE
 Ensayo realizado en: UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS
 Fecha de recepción: 2019.01.28
 Fecha de Análisis y entrega: 2019.01/28 al 2019/04/15
 Código: LNABA-2019017
 Procedencia: CHACHAPOYAS
 Custodia dirimencia: Muestra no sujeta a dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única

DATOS DE LA MUESTRA – LNABA-2019015

IDENTIFICACIÓN	CODIGO ASIGNADO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN/PRESENTACIÓN	PRECINTO	FV	FP
MUESTRA N° 01 ZAIDA-Holstein	LNZH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 02 VISTA- Brown swiss	LNVH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 03 MAJU- Brown swiss	LNMBBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 04 LANCHA- Brown swiss	LNLBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 05 ORLY - Holstein	LNOH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 06 CORBETA- Brown swiss	LNCBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 07 MELISA- Brown swiss	LNMEBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 08 KEMOLLY-Holstein	LNKH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 09 MANET-Holstein	LNMH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 10 MARINERA- Brown swiss	LNMRBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 11 MARITZA- Brown swiss	LNMABS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 12 REINA- Brown swiss	LNRBS	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 13 MARI- Holstein	LNMH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 14 GALIA-Holstein	LNGH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-
MUESTRA N° 15 PIA- Holstein	LNPH	100 ml	Recipiente de vidrio cerrado e identificado	-	-	-

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA
 LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS
 MSc. CARLOS QUILCATE
 RESPONSABLE

UNTRM-LNABA-
 DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe

DATOS DEL SERVICIO

ANÁLISIS 01												
N°	IDENTIFICACIÓN	G ¹ %	SNG ² %	D ³ Kg/ m ³	L ⁴ %	PT ⁵ %	AA ⁶ %	T ⁷ °C	PC ⁸ °C	PH ⁹	C ¹⁰ Ms/cm	S ¹¹ %
1	LNZH	2,85	7,71	27,44	4,84	2,93	0,00	19,30	-0,55	6,60	5,20	0,64
2	LNVH	3,17	8,92	30,64	5,83	3,20	0,00	20,50	-0,68	6,58	5,08	0,74
3	LNMBS	4,43	8,33	27,29	5,88	3,47	0,00	20,20	-0,70	6,73	4,74	0,69
4	LNLS	3,75	8,36	30,30	5,14	2,80	0,00	19,70	-0,59	6,68	5,15	0,69
5	LNOH	2,91	7,72	27,37	4,86	2,86	0,00	18,70	-0,56	6,70	4,82	0,64
6	LNCBS	4,32	8,14	27,61	5,37	3,17	0,00	19,10	-0,62	6,68	4,50	0,68
7	LNMBBS	4,27	8,89	26,96	6,50	3,33	0,00	20,30	-0,79	6,69	4,57	0,74
8	LNKH	2,86	7,65	27,6	4,83	2,87	0,00	19,0	-0,53	6,71	5,51	0,62
9	LNMH	3,24	8,63	30,63	5,44	3,01	0,00	19,00	-0,63	6,59	4,76	0,72
10	LNMRBS	3,87	8,26	28,39	5,38	2,97	0,00	19,60	-0,62	6,69	4,83	0,69
11	LNMABS	4,19	8,39	29,62	5,61	3,38	0,00	17,6	-0,64	6,84	4,42	0,68
12	LNRBS	3,97	8,14	30,16	4,98	3,01	0,00	19,8	-0,55	6,82	4,64	0,66
13	LNMH	3,37	7,53	26,27	4,82	3,05	0,00	19,40	-0,55	6,72	5,25	0,62
14	LNGH	2,62	7,65	28,56	4,63	2,74	0,00	18,3	-0,51	6,92	5,99	0,62
15	LNPH	3,24	7,97	27,94	5,18	3,10	0,00	17,8	-0,58	6,75	4,97	0,65

¹Grasa, ²Sólidos no grasos, ³Densidad, ⁴Lactosa, ⁵Proteína, ⁶Agua adicionada, ⁷Temperatura, ⁸Punto de Congelación, ⁹PH, ¹⁰Conductividad, ¹¹Sales.

Metodologías Utilizadas:

- Analizado con tecnología LACTOSCAN, Modelo SL 60

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 TUMBHO POSTGRADO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
 LABORATORIO DE INGENIERÍA Y ALIMENTACIÓN
 ING. CARLOS ENRIQUE C. CATEBA
 RESPONSABLE

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación por escrito de LNABA. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca LNABA. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra ingresada al laboratorio. De tener alguna queja o apelación presentarla mediante el correo alex.acuna@untrm.edu.pe, con la información sustentatoria

Anexo 15. Resultados de análisis de proteína y digestibilidad de pastura y concentrado.



**LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.**

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante MABEL OCAS GONZALES
Domicilio legal CAJAMRCA
Contacto CARLOS QUILCATE
Dirección de entrega LABORATORIO DE NUTRICION-UNTRM

DATOS DEL PRODUCTO

Producto RYE GRASS + OTROS
Ensayo realizado en UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS
Fecha de recepción 2019.01.28
Fecha de Análisis y entrega 2019.01/28 al 2019/02/18
Código LNABA-2019014
Procedencia CHACHAPOYAS
Custodia dirimencia Muestra no sujeta a dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única

DATOS DE LA MUESTRA – LNABA-2019014

IDENTIFICACIÓN	CODIGO ASIGNADO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN/PRESENTACIÓN	PRECINTO	FV	FP
MUESTRA N° 01 RYE GRASS + KIKUYO + TEBOL	LNBO1	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 02 CONCENTRADO	LNBO2	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-

DATOS DEL SERVICIO

ANÁLISIS								
N°	IDENTIFICACIÓN	Hd ¹ %	Cza ² %	EE ³ %	FC ⁴ %	PT ⁵ %	ELN ⁶ %	IVTD ⁷ %
1	MUESTRA N° 01 RYE GRASS + KIKUYO + TEBOL - LNBO1	8.38	9.91	2.37	21.76	14.63	42.95	73.31
2	MUESTRA N° 02 CONCENTRADO - LNBO2	13.41	3.2	3.05	2.78	12.27	65.29	86.18

¹Humedad, ²Cenizas, ³Extracto etéreo, ⁴Fibra Cruda, ⁵Proteína total, ⁶Extracto libre de nitrógeno, ⁷Digestibilidad in-vitro verdadera.

Metodologías Utilizadas:

Humedad :AOAC 925.09, Revisada 2016
Ceniza :AOAC 942.05, online, 20th Edition 2016 Ash of animal feed
Fibra Cruda :AOAC 978.10 (Van Soest)
EE :AOAC 920.39, online, 20th Edition 2016
Proteína :AOAC 976.05 –ISO 5983.2002 (Revisado 2013) Alimentos para Animales. Determinación de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína Método Kjeldahl
ELN :AOAC 923.03, determinación por cálculo
IVTD :AOAC 971.09 Digestibility od animal feed

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
ING. CARLOS ENRIQUE QUILCATE PANAZAWAN
RESPONSABLE

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación por escrito de LNABA. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca LNABA. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra ingresada al laboratorio. De tener alguna queja o apelación presentarla mediante el correo alex.acuna@untrm.edu.pe, con la información sustentatoria

UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe

Anexo 15. Ejemplo de salida de datos LIFE SIM (Dairy v 15.1), para la vacuno lechero de 11 años con el tratamiento solo pastura.

SCENARIO NUMBER: 1
Running from month: January
Description: MARY PASTURA
Simulation time : 365 (days)

ANIMAL DESCRIPTION
Age 11
Lactation number 9
Calving interval (*) 561 days

WEIGHT AT SIMULATION TIME
Initial weight (At initial of the lactation) 659.00 kg
Expected weight at next calving 860.00 kg
Expected calf weight at birth 40.00 kg
Loss weight after calving (3 first month) 8.00 %

Weight at end of the year (365 days) 866.71 kg
Average daily weight change (365 days) 0.569 kg/day
Average daily weight change after end of lactation 0.000 kg/day
Calving per year 0.65
Calf birth weight 5.25 kg
Time for pregnancy initiation after calving 281 days

(*) Not less than 365 days

MILK
Potential milk production by:lactation at Mature age 8918 kg/lac
Lactation corrected 8403 kg/lac
Milk production per lactation length (365 days) 7263 kg
Difference from milk potential 1140 kg
Lactation length 365 days
Milk production average per day 19.90 kg/day

PRODUCTION COST (at 365 days)
The costs are expressed in : US Dollar
Percentage of feeding cost (% of total production cost) 50.00 %
Total income (milk sale) 2977.86 \$
Total costs 77.49 \$
Gross margin 2900.37 \$

Economic Ratios
Gross Margin / Total Cost (BC) 37.43
Income / Total Cost 38.43
Sale price of milk 0.41 \$/kg
Production cost per kg of milk 0.01 \$/kg
Gain or loss per kg of milk 0.40 \$/kg

METHANE, MANURE AND NITROGEN PRODUCTION (at 365 days)

Total methane emission (liters) 430.55 l
Total methane emission (kilograms) 308.60 kg
Methane emission per lactation (liters) 430.55 l
Methane emission per kg of Milk (liters) 0.0593 kg
Manure excretion 1933.835 kg DM
Nitrogen proportion in the excreta 4.55 %
Total nitrogen excreted 88.00 kg
Daily nitrogen excreted 0.24 kg

Anexo 16. . Análisis de Regresión Lineal Múltiple para la edad en vacunos lecheros.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,91785915
Coefficiente de determinación R ²	0,84246541
R ² ajustado	0,76369812
Error típico	20,633475
Observaciones	4

ANALISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	4553,55842	4553,55842	10,6956248	0,082140853
Residuos	2	851,48058	425,74029		
Total	3	5405,039			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	157,758	38,3249788	4,11632322	0,05425885
Variable X 1	15,089	4,61378527	3,27041662	0,08214085

Análisis de residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos
1	233,203	-6,873
2	263,381	-1,591
3	293,559	23,801
4	323,737	-15,337

