



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE *MORINGA OLEÍFERA*,
LEUCAENA LEUCOCEPHALA SOBRE LOS PARÁMETROS DE
FERMENTACIÓN RUMINAL, MITIGACIÓN DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO, METÁNO Y DIÓXIDO DE
CARBONO *IN VITRO*.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Cabrera Mayorga Isabel Stefany

Tutora: MVZ.Chávez García Debbie Shirley MSc.

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE *MORINGA OLEÍFERA*,
LEUCAENA LEUCOCEPHALA SOBRE LOS PARÁMETROS DE
FERMENTACIÓN RUMINAL, MITIGACIÓN DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO, METANO Y DIÓXIDO DE
CARBONO *IN VITRO*.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Cabrera Mayorga Isabel Stefany

Tutora: MVZ.Chávez García Debbie Shirley MSc.

La Libertad, 2021

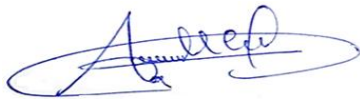
TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
CIENCIAS AGRARIAS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**DIRECTOR/A DE CARRERA
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.
**PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Mvz. Debbie Chávez García, MSc.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL (E)

AGRADECIMIENTOS

En primera estancia a Dios por darme salud, fortaleza y perseverancia en esta etapa de mi vida.

A mis Padres y Hermanos que siempre han estado y estarán ahí para mi apoyándome y guiándome en este camino del aprendizaje que nunca se termina.

A mi esposo e hija que han sido incondicional a mi alentándome a ser mejor cada día por ellos.

A mi tutora MVZ Debbie Chávez García, MSc que ha sido perseverante y estricta junto a mí en este proceso educativo.

A todos los docentes que han sido parte de mi educación desde que ingresé a la Universidad por su paciencia y conocimientos impartidos.

Y, por último, pero no menos importante a la “Universidad Estatal Península de Santa Elena” por la oportunidad de ser parte de la misma.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, hermanos, esposo e hija gracias a ellos y por ellos he llegado hasta aquí, con su apoyo y consejos brindados día a día.

Así mismo a la Universidad y docentes que han formado parte de esta etapa de mi vida.

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la provincia de Tungurahua cantón Cevallos con el objetivo de evaluar la influencia de la inclusión de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* sobre los parámetros de fermentación ruminal, mitigación de gas metano y dióxido de carbono *in vitro*. Se experimentaron cinco mezclas forrajeras que consistieron en MAF100% (maralfalfa 100%), M20% (maralfalfa 80%, moringa 20%), M40% (maralfalfa 60%, moringa 40%) L20% (maralfalfa 80%, leucaena 20%), L40% (maralfalfa 60%, Leucaena 20%), las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar y considerados con la prueba de tukey en el programa estadísticos INFOSTAT con 5 repeticiones por tratamiento, la cinética de degradación de la materia seca (MS) se evaluó mediante la técnica *in situ* descrita por Orskov McDonald (1979), con cinco toros fistulados, ocho tiempos de incubación 0. 6. 9. 12. 24. 48. 72 y 96 horas y para la degradación efectiva se analizó con 2. 5. y 8% como tasa de pasaje para evaluar las mezclas forrajeras con contenidos de fibra cuantioso moderado y ligero. Para la técnica de producción de gas *in vitro* se evaluó de acuerdo a la metodología descrita por Theodorou et al. (1994), mismo que requirió de la preparación previa de saliva artificial a base de una solución búfer a base de Bicarbonato de Sodio y Bicarbonato de Amonio 24 horas antes de realizar el experimento mismo que demandó de la recolección el líquido del rumen de 5 toros canulados en con tiempos de incubación 3. 6. 9. 12. 24. 48. 72. 96 horas procesando todos estos datos en el programa con el programa GraphPad Prism 7. Teniendo como resultado un mayor potencial de degradación de la MS en las mezclas forrajeras de M40% con un 80% de degradación, y L40% con 74.96%, y la menor MAF100% con 73.2% de potencial de degradación respectivamente, y en producción de gas metano y dióxido de carbono, los tratamientos presentaron una variación mínima en cuanto a la producción del mismo en función del tiempo de incubación, lo que nos indica que al haber una menor producción de gas hay menos desgaste de energía por parte del rumiante, y mayor absorción de nutrientes teniendo como resultado una alta producción de carne y leche.

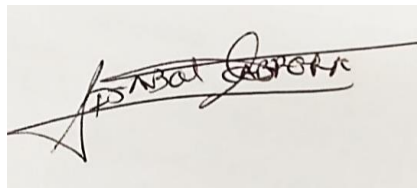
Palabras clave: Degradación, dióxido de carbono, forrajeras, gas metano, *in vitro*, *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleífera* ruminal, rumiantes.

Abstrac

The present work was carried out in the province of Tungurahua, canton Cevallos with the objective of evaluating the influence of the inclusion of *Moringa oleifera* and *Leucaena leucocephala* on the parameters of ruminal fermentation, mitigation of methane gas and carbon dioxide *in vitro*. Five forage mixes were experimented consisting of MAF100% (maralfalfa 100%), M20% (maralfalfa 80%, moringa 20%), M40% (maralfalfa 60%, moringa 40%) L20% (maralfalfa 80%, leucaena 20%) , L40% (maralfalfa 60%, *Leucaena* 20%), which were distributed in a completely random design and considered with the tukey test in the INFOSTAT statistical program with 5 repetitions per treatment, the degradation kinetics of dry matter (MS) was evaluated using the *in situ* technique described by Orskov McDonald (1979), with five fistulated bulls, eight incubation times 0. 6. 9. 12. 24. 48. 72 and 96 hours and for effective degradation it was analyzed with 2. 5. and 8 % as a passage rate to evaluate forage mixtures with moderate and light high fiber content. For the *in vitro* gas production technique, it was evaluated according to the methodology described by Theodorou et al. (1994), which required the prior preparation of artificial saliva based on a buffer solution based on Sodium Bicarbonate and Ammonium Bicarbonate 24 hours before carrying out the same experiment that required the collection of the rumen fluid of 5 bulls cannulated in with incubation times 3. 6. 9. 12. 24. 48. 72. 96 hours processing all these data in the program with the GraphPad Prism 7 program. Resulting in a greater potential for degradation of MS in the mixtures forage crops of M40% with 80% degradation, and L40% with 74.96%, and the lowest MAF100% with 73.2% degradation potential respectively, and in methane gas and carbon dioxide production, the treatments presented a minimal variation in regarding its production as a function of incubation time, which indicates that as there is less gas production, there is less energy waste by the ruminant, and greater absorption of nutrients, resulting in u high production of meat and milk.

Key words: Degradation, carbon dioxide, forage, methane gas, *in vitro*, *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleifera*, ruminal, ruminants.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to read "P. Santa Elena".

Firma digital del estudiante

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 1.1 La Moringa (Moringa oleífera)..... | 3 |
| 1.1.1 Clasificación Taxonómica | 3 |
| 1.1.2 Características agronómicas | 3 |
| 1.1.3 Descripción Botánica..... | 4 |
| 1.1.4 Composición Nutricional y Química | 4 |
| 1.1.5 Moringa oleífera como alimento para rumiantes | 5 |
| 1.2 Leucaena (Leucaena leucocephala) | 6 |
| 1.2.1 Clasificación taxonómica | 6 |
| 1.2.2 Características agronómicas | 6 |
| 1.2.3 Descripción botánica | 7 |
| 1.2.4 Composición química..... | 8 |
| 1.2.5 Leucaena como alimento para rumiantes | 8 |
| 1.3 Sistema digestivo rumiantes mayores | 9 |
| 1.3.1 pH ruminal..... | 10 |
| 1.3.2 Requerimiento nutricional de los bovinos | 11 |
| 1.3.3 Modulación del metabolismo proteico en el rumen | 12 |
| 1.4 Digestión ruminal | 12 |
| 1.5 Fermentación ruminal..... | 12 |
| 1.5.1 Métodos para estimar la tasa y la extensión de la degradación | 12 |
| 1.5.2 Modelaje de la cinética de degradación | 13 |
| 1.6 Técnicas de degradabilidad ruminal | 14 |
| 1.7 Efectos de los compuestos secundarios en la alimentación de rumiante | 15 |
| 1.7 Digestión, absorción de nutrientes y metabolismo de los carbohidratos, lípidos, proteínas en rumiantes..... | 15 |
| 1.7.1 Digestión de carbohidratos | 15 |
| 1.7.2 Digestión de lípidos..... | 16 |
| 1.7.3 Digestión de proteínas | 17 |
| 1.7.4 Síntesis de lactosa y grasa en el hígado..... | 17 |
| 1.7.5 Efecto de la dieta sobre la fermentación ruminal y el rendimiento de leche | 17 |
| 1.8 Gases de efecto invernadero y la ganadería | 18 |
| 1.9 Producción de gas in vitro..... | 18 |
| 1.9.1 Estrategias para disminuir los gases de efecto invernadero..... | 19 |
| 1.9.2 Manejo de la nutrición como estrategia para mitigar los GEI (gases de efecto invernadero). | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 1.9.3 Generación de metano en rumiantes y su impacto ambiental | 20 |
| 1.9.4 Emisiones mundiales de GEI, diferentes al CO ₂ , resultantes del ganado | 20 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 21 |
| 2.1 Ubicación del lugar de estudio | 21 |
| 2.2 Características del lugar | 21 |
| 2.3 Materiales | 21 |
| 2.3.1 Equipos | 22 |
| 2.3.2 Reactivos | 22 |
| 2.4 Factores de estudio | 23 |
| 2.5 Manejo de la investigación | 23 |
| 2.5.1 Tratamientos | 23 |
| 2.5.2 <i>Diseño experimental</i> | 24 |
| 2.5.3 <i>Metodología</i> | 24 |
| 2.6 Variables de respuesta | 29 |
| 2.6.1 Degradación ruminal de MS <i>in situ</i> | 29 |
| 2.6.2 Producción de gases efecto invernadero, metano CH ₄ <i>in vitro</i> | 29 |
| 2.6.3 Producción de gas de efecto invernadero Dióxido de carbono CO ₂ <i>in vitro</i> | 29 |
| CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 30 |
| 3.1 Degradación ruminal de MS <i>in situ</i>..... | 30 |
| 3.2 Producción de gases de efecto invernadero, metano CH₄ <i>in vitro</i>..... | 33 |
| 3.3 Producción de gases efecto invernadero, dióxido de carbono CO₂ <i>in vitro</i>..... | 36 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 39 |
| ANEXOS..... | 5 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica de la planta Moringa oleífera (Ballasteros, 2018). | 3 |
| Tabla 2. Contenido nutricional de la Moringa oleífera | 5 |
| Tabla 3. Contenido nutricional de la Moringa oleífera a los 6 años de edad | 5 |
| Tabla 4. Clasificación taxonómica del cultivo Leucaena leucocephala | 6 |
| Tabla 5. Composición química Leucaena leucocephala. | 8 |
| Tabla 6. Requerimientos nutricionales de una vaca de 500 kg doble propósito | 11 |
| Tabla 7. Degradabilidad ruminal de diferentes mezclas forrajeras a base de moringa y leucaena | 23 |
| Tabla 8. Degradabilidad ruminal de diferentes mezclas forrajeras a base de moringa y leucaena | 30 |
| Tabla 9. Producción de gas metano in vitro de las mezclas forrajeras | 33 |
| Tabla 10. Producción de dióxido de carbono in vitro de las mezclas forrajeras | 36 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| figura 1. Características botánicas de la Moringa (Moringa oleífera) | 4 |
| figura 2. Ubicación del lugar de estudio | 21 |
| figura 3. Degradación de % de MS <i>in situ</i> | 31 |
| figura 4. Producción de gases efecto invernadero, metano CH ₄ <i>in vitro</i> | 34 |
| figura 5. Producción de gas efecto invernadero Dióxido de carbono CO ₂ <i>in vitro</i> | 37 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO 1. Datos degradación in situ | 6 |
| ANEXO 2. Potencial de degradación | 16 |
| ANEXO 3. Producción de gases efecto invernadero metano CH ₄ y dióxido de carbono CO ₂ <i>in vitro</i> | 18 |
| ANEXO 4. Cronograma de Actividades | 45 |
| ANEXO 5. Presupuesto | 46 |
| ANEXO 6. Mezclas forrajeras en bolsas de nylon | 46 |
| ANEXO 7. Colocación de bolsas de nylon en toros fistulados | 46 |
| ANEXO 8. Recolección de líquido ruminal | 47 |
| ANEXO 9. Elaboración de saliva artificial | 47 |
| ANEXO 10. Colocación de frascos con líquido ruminal y saliva artificial en baño maría | 48 |
| ANEXO 11. Toma de datos de producción de gas in vitro metano y dióxido de carbono | 48 |
| ANEXO 12. MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05. | 49 |
| ANEXO 13. Toros canulados | 49 |
| ANEXO 14. Análisis varianza gas metano, prueba de tukey | 50 |
| ANEXO 15. Análisis varianza Dióxido de carbono, prueba de tukey | 50 |
| ANEXO 16. Degradación de MS prueba de tukey | 51 |

INTRODUCCIÓN

Desde ya hace algunas décadas la agricultura y ganadería ha contribuido de manera relevante y constante en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano (CH₄), y dióxido de carbono (CO₂), obteniendo como principal consecuencia el calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en el planeta, estos se producen naturalmente del sistema digestivo de los rumiantes, los mismo que a su vez sufren un desgaste considerable de energía siendo esto una pérdida económica para el ganadero (Guamaní,2018).

De acuerdo con Calderón (2017) la producción de carne bovina en el Ecuador está en 200 mil toneladas por año, lo que significa que en las últimas décadas ha incrementado la producción de manera considerable, lo cual se debe al incremento fuerte de número de animales por productor. Según Carmona (2005), es imprescindible tomar en cuenta que en el rumiante más del 60% del total de la energía que requiere el mismo para sus necesidades fisiológicas y producción de carne o leche es generada en el rumen, además del 70 y 80% del total de proteína útil para su crecimiento es sintetizada por la micro fauna que se encuentra en el rumen del rumiante.

Demostrando así el nivel de importancia que tiene el rumen dentro del aparato digestivo del bovino en cuanto su alimentación y producción, los gases generados por estos vacunos como el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂) es solo el resultado final de la fermentación del alimento proporcionado al mismo rumen, por tal motivo se menciona una de las alternativas para mitigar la producción de gases de efecto invernadero (GEI) como es la es el manejo de la dieta forrajera proporcionada al rumiante donde se pueda controlar el consumo de alimento, composición, digestibilidad y procesamiento previo del mismo(Cajas, 2016). Siendo el objetivo de este trabajo experimental evaluar la influencia de la inclusión de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* sobre los parámetros de fermentación ruminal y mitigación de CH₄ Y CO₂.

Problema Científico:

¿Qué efecto tiene la inclusión de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* sobre los parámetros de fermentación ruminal y la mitigación de gas metano y dióxido de carbono en rumiantes para la producción de carne y leche?

Objeto de la investigación:

Degradación ruminal y mitigación de gases de efecto invernadero, metano y dióxido de carbono.

Objetivo general:

Evaluar la influencia de la inclusión de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* sobre los parámetros de fermentación ruminal, mitigación de gas metano y dióxido de carbono *in vitro*.

Objetivos específicos:

- Estimar la degradación y fermentación ruminal *in situ* de materia seca *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala*.
- Identificar el efecto de la influencia de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* en la producción de gases efecto invernadero, metano CH₄ *in vitro*.
- Apreciar el efecto de la influencia de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* en la producción de gases efecto invernadero, dióxido de carbono CO₂ *in vitro*.

Hipótesis de trabajo:

La inclusión de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* interviene de manera positiva en la dieta de los rumiantes beneficia las funciones del rumen y disminuye la producción de gases efecto invernadero, metano y dióxido de carbono.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 La Moringa (*Moringa oleífera*)

Guardel (2005) indica que es una planta procedente de la región Himalaya, misma que se reproduce de forma sexual y asexual, siendo un árbol perenne presentada en variadas formas, viven hasta 20 años de rápido crecimiento, este árbol tiene muchos beneficios como aportar nutrientes al suelo, previene la erosión del mismo, impide el paso directo al suelo de los rayos ultravioletas del sol y disminuye la evaporación de agua; como consecuencia se provoca un control indirecto de la temperatura de la zona donde se encuentra el mismo.

Esta planta posee varios beneficios tanto para el suelo, y ayuda con nutrientes no solo a la superficie si no a los animales que dependen de ella.

1.1.1 Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la planta *Moringa oleífera* (Ballasteros, 2018).

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| Nombre Científico: | <i>Moringa oleífera</i> |
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Brassicales |
| Familia: | Moringaceae |
| Género: | Moringa |
| Especie: | M. oleífera |

1.1.2 Características agronómicas

De acuerdo con Sandoval (2016) esta planta es portadora de una fuente significativa de azúcares, aminoácidos y sustancias aromáticas que ayuda de manera funcional a la polinización atrayendo a los agentes polinizadores; lo que provoca que las hormonas de crecimiento en las plantas aumenten, consiguiendo la principal hormona como es zeatina, la misma que pertenece a las citoquininas. Sus hojas al descomponerse e incorporarse en la superficie ayudan al control de plagas que debido a sus nutrientes

lo cual hace que se destaque entre la mayoría de los cultivos perennes quienes muestran niveles de proteína del 27% y equilibrios considerables de hierro, fósforo, calcio, vitaminas A y C, donde radica la importancia de este vegetal al ser cultivado en ciclos de escasa lluvia sin hierbas que la conserven fresca.

1.1.3 Descripción Botánica

Mengfei et al. (2018) manifiesta que la moringa (*Moringa oleífera*) forma parte de la familia *Moringaceae*, un acumulado de plantas internamente del orden *Brassicales* entre la estirpe de la col y del rábano, semejante a la familia del mastuerzo y de las alcaparras. La familia más próxima es *Caricaceae*, la de la papaya, misma que comparten glándulas en el ápice del peciolo *Moringaceae* comprende un solo género *Moringa*.

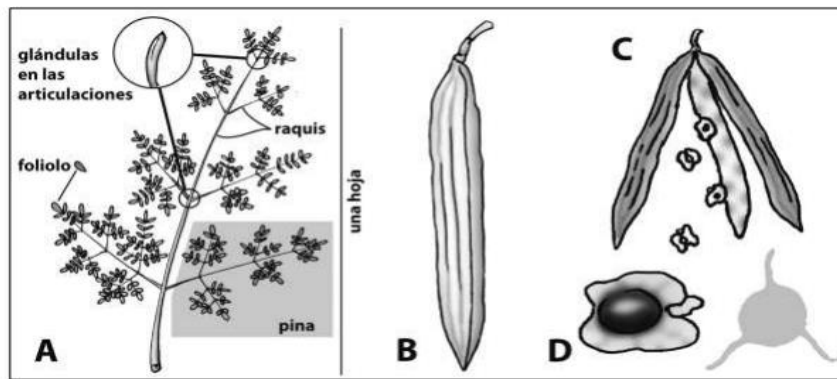


figura 1. Características botánicas de la Moringa (*Moringa oleífera*)

Según Ballasteros (2018), (Figura 1.) se observa el cuadrante A, hojas de gran tamaño, pinnadas, que logran medir 60 cm de prolongación; alejadas en folíolos situados en un raquis, la coyuntura de cada raquis tiene pequeñas glándulas de 1 mm de longitud, en el cuadrante B-D se muestran Frutos y semillas. B, fruto, una vaina liviana, leñosa y seca, que cuenta de 10 cm hasta 50 cm; C, el fruto que tiene una división en 3 partes; en la unidad D, semillas de 1.5-3 cm de diámetro con un centro de color oscuro y 3 aletas de color beige el contorno muestra la disposición de las 3 aletas (Sun, 2017).

1.1.4 Composición nutricional y química

Sun (2017) expone que el árbol perenne de Moringa (*Moringa oleífera*), cuenta con una gran fuente de proteína distribuida en sus tallos (9 % - 11 %), ramas y hojas (23 % - 27 %), sus frutos y flores cuentan con una gran fuente de Retinol y Ácido

Ascórbico. Según Romero (2018) las diferentes cantidades de contenido nutricional entre la planta de *Moringa oleífera* y otros alimentos como se muestra en la (tabla 2 y 3.)

Tabla 2. Contenido nutricional de la Moringa oleífera

| Nutriente | Moringa | Otros alimentos |
|------------------|----------------|------------------------|
| Vitamina A (mg) | 1130 | Zanahoria-315 |
| Vitamina C (mg) | 220 | Naranja-30 |
| Calcio (mg) | 440 | Leche de vaca-120 |
| Potasio (mg) | 259 | Plátano-88 |
| Proteína (mg) | 6700 | Leche de vaca-3200 |

Tabla 3. Contenido nutricional de la Moringa oleífera a los 6 años de edad

| Indicador | Hojas y Tallos | |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Jóvenes | Desarrollados |
| Materia seca (%) | 66.86 | 34.90 |
| Proteína (%) | 21.59 | 26.74 |
| Extracto etéreo (%) | 3.73 | 3.80 |
| Ceniza (%) | 9.83 | 10.63 |
| Energía digestible (Mcal/kgMS) | 2.99 | 2.93 |
| Energía metabolizable (Mcal/kgMS) | 2.45 | 2.39 |

1.1.5 *Moringa oleífera* como alimento para rumiantes

El vegetal moringa (*Moringa oleífera*) como parte de la alimentación por vez primera a los bovinos, estos deben pasar por una etapa de preparación combinando el vegetal perenne con los otros suplementos habituales, las hojas de la planta de moringa forman una opción para el complemento proteico como parte de la alimentación de los rumiantes estos pueden ser manejados como suplemento o aditivos de las dietas apoyadas en residuos de cultivos y forrajes de mala calidad, la mezcla de un

concentrado en a dieta del bovino pueden mejorar la eficacia para su uso y aprovechamiento (Sanders, 2008).

1.2 *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*)

Según Andrade et al. (2019), este árbol es nativo de América tropical, supuestamente del sur de México (Yucatán), y es muy conocida con una variedad de nombres guaje blanco, huaje, guaje verde, calloaxin casero, guaje rojo, es una leguminosa usado también como cercas vivas, rompevientos, para leña, corte y acarreo, abono verde, sistemas agroforestales como árbol de sombra ,es una fuente de proteína dándole usos diverso como alimento condensado para aves, cerdos y bovinos a su vez es utilizado para ensilaje en huertos y tutor en otras plantas, este tipo de arbusto cuenta con múltiples usos y beneficios para las plantas según el autor es considerada como eje para su familia y semejantes.

1.2.1 *Clasificación taxonómica*

Pachas (2010) muestra la clasificación taxonómica del vegetal *Leucaena leucocephala* (tabla 4.)

Tabla 4. Clasificación taxonómica del cultivo *Leucaena leucocephala*

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| Nombre Científico: | <i>Leucaena leucocephala</i> |
| Reino: | Fabaceae |
| División: | Plantae |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Especie |
| Familia: | Fabales |
| Género: | <i>Leucaena leucocephala</i> |
| Especie: | Fabaceae |

1.2.2 *Características agronómicas*

Barros et al.(2018) expone que es un arbusto que puede llegar a medir hasta 18 m, es un vegetal perenne de rápido crecimiento, siendo un poco menos rápido en sus

primeras etapas, este arbusto se ramifica después de haber tenido poda y puede llegar hasta el suelo, es indispensable la luz solar para el mismo con una copa redondeada, poco abierta y rala esta planta tiene su etapa de fructificación en la mayor parte del año siendo octubre y enero, crece en suelos arenosos, con poca fertilidad, pH neutro o alcalino; es tolerante a la sequía y muy susceptible a la inundación siendo también tolerante con el fuego de baja intensidad y puede surgir con brotes luego de este, cuenta con una raíz profunda y su raíz primaria penetra en las capas profundas del suelo aprovechando el agua subterránea y los minerales.

1.2.3 Descripción botánica

De acuerdo con Andrade et al. (2019) este vegetal puede tener forma de árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, y llega a medir hasta 12 m de altura con un diámetro de 25 cm, posee una copa redondeada, levemente abierta y rala, con hojas alternas, bipinnadas, que miden 25 cm de largo, poseen un color verde grisáceas sus folíolos varían entre 11 a 24 pares, siendo su tallo comúnmente torcido, posee sus ramas de formas cilíndricas que van ascendentes finas y aisladas, su corteza por lo general es lisa y poco fisurada con cuantiosas lenticelas alargadas salientes y una interna de color crema-amarillento, fibroso con un grosor de 3 a 4 mm, con flores que contienen unas cabezuelas con 100 a 180 flores de color blancas y con 1.2 a 2.5 cm de diámetro y de largo 4.1 a 5.3 mm sus pétalos son extiendas con cáliz que mide de 2.3 a 3.1 mm

Benítez (2010) indica que sus frutos son vainas estiradas, estipuladas, y sus capítulos florales poseen 30 o más vainas las cuales miden hasta unos 25 cm de largo y 2.3 cm de ancho, son de colore verdes en sus etapas jóvenes y se tornan color café cuando se hacen maduras; teniendo de 15 a 30 semillas cada vaina, y las semillas de este árbol son tenuemente elípticas de 1 cm de largo y más o menos 6 mm de ancho de formas achatadas de color café y colocado sesgadamente en la vaina finalmente su semilla está cubierta por una cera que cumple la función de retardar la absorción de agua durante la germinación con una raíz profunda y extendida, siendo su raíz primaria la que penetra en las capas subterráneas del suelo y aprovechando los minerales y nutrientes del suelo subterráneo finalmente es de sexualidad hermafrodita .

1.2.4 Composición química

Cruz (1999) menciona la composición química del vegetal (tabla 5.)

Tabla 5. Composición química *Leucaena leucocephala*.

| Especies | Composición Química (%) | | | Degradación (%) | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|
| | PC | FDN | FDA | MS | PC |
| <i>L.collinsii</i> | 29.8 | 43.7 | 29.4 | 72.3 | 77.8 |
| <i>L.lanceolata</i> | 22.3 | 40.0 | 27.3 | 69.6 | 51.5 |
| <i>L. macrophyllanelsonii</i> | 24.9 | 43.7 | 31.2 | 61.2 | 37.3 |
| <i>L. pallida</i> | 23.7 | 37.4 | 26.6 | 58.4 | 26.0 |
| <i>L. leucocephala</i> | 25.6 | 31.7 | 21.9 | 80.3 | 52.2 |
| <i>L.leucocephala glabrata</i> | 21.1 | 35.2 | 22.7 | 74.6 | 46.7 |
| <i>L. esculenta paniculta</i> | 24.5 | 36.8 | 24.9 | 69.8 | 37.0 |

1.2.5 *Leucaena* como alimento para rumiantes

Barros et al. (2018) manifiesta que de acuerdo a investigaciones pasadas hace varios años denominaron a este árbol perenne como una leguminosa tropical productiva y sostenible siendo objeto de investigación continua descubriendo propiedades en sus hojas al ser ricas en proteína que a su vez es muy digerible por los rumiantes siendo este el motivo de un forraje de excelente calidad siendo similar al de la alfalfa, teniendo en general alta palatabilidad para los bovinos

1.2.4.1 Características forrajeras de la *leucaena*.

Pachas (2010) concluye que la mayor producción de leche y ganancia de masa muscular en los bovinos.

- Contenido nutricional alto y buena palatabilidad para los rumiantes.
- Leguminosa tolerante a la sequía.
- Es una planta perenne y de bajo costo de producción, proporcionando mayor fertilidad al suelo.

Según Barros et al. (2018) la indagación de sus raíces accede a conservar la producción y calidad de la hoja verde en épocas de sequía. Este arbusto es un importante fijador de nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo y el desarrollo de los pastos asociados una de sus características es que una vez instaurada puede durar más de 30 años con bajo costo de mantenimiento, en el tiempo de implantación o siembra, las plántulas no compiten bien contra las gramíneas, por lo que se recomienda mayor cuidado en la etapa inicial.

1.3 Sistema digestivo rumiantes mayores

De acuerdo con Guamaní (2018) los rumiantes mayores o bovinos son conocidos por llevar su alimentación a base de forrajes o pastos, de acuerdo a su fisiología digestiva este adquiere particularidades que se derivan de su capacidad de degradar materia seca y otros elementos que un estómago de un monogástrico no podría hacer.

Calsamiglia (2005) sugiere que Dentro de los principales mecanismos del sistema digestivo que posee el vacuno son: boca, faringe, esófago, pre-estómagos (retículo, rumen y omaso), abomaso, intestino delgado, intestino grueso y finalmente el recto.

Boca

Según Lier (2008), los bovinos en cuanto a su boca se caracterizan por ingerir grandes cantidades de forraje por alrededor de 8 - 10 horas y cuando finalizan lo almacenan y promueve el proceso de la rumia, así como durante el día un bovino puede comer lo semejante al 10 % de su peso vivo en forraje verde, es decir, una vaca de 500 kilos 50 kilos de pasto en el día.

Función de la salivación

Esta función empieza con la boca misma en la que las partículas gruesas son masticadas y luego del salivamiento (en la saliva del bovino existe gran cantidad de bicarbonato y urea, elementos que a su vez son indispensables para la digestión) (Macias, 2019).

Faringe y Esófago

Lier (2008) expone que en el proceso de digestión es el segundo pasaje luego de la boca, la faringe es un callejón común a las vías respiratorias y digestivas del animal, el esófago es un órgano que conecta con el estómago, el bolo alimentación ingresa

junto con la saliva a la faringe posterior a esto baja al estómago por el esófago, este proceso es conocido como deglución cuando el forraje atraviesa el rumen pasando a la boca por estos mismos órganos, es conocido como proceso de regurgitación.

Retículo – Rumen

De acuerdo con Romero (2013) estos órganos son los dos primeros estómagos del bovino, el forraje del retículo es mezclado con los del rumen consecutivamente convirtiéndose así en una sola unidad funcional, cuando el bovino o rumiante almacena esa comida en el rumen, continua con el proceso de mezcla, posteriormente el bolo de forrajes regurgitado y es allí cuando el animal lo mastica finalmente.

Función de la rumia

Sanders (2008) sugiere "En el rumen hay una gran cantidad de microorganismos que convierte la materia seca en ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato). En el mismo ocurre el proceso de fermentación", allí los microorganismos o bacterias se encargan de fermentar los carbohidratos para convertir en energía, gases metano y bióxido de carbón, calor y ácidos

Omaso

Este órgano es el tercer estómago del rumiante, mismo que a su vez tiene una alta capacidad de absorción de nutrientes que permite reciclar agua y minerales. Es un órgano de transición significativo entre el rumen y el abomaso (Pachas, 2010).

Abomaso

En concordancia con Guardel (2005) en el bovino poligástrico este órgano es el cuarto estómago conocido como cuajar trabaja como un estómago verdadero mismo en el que las enzimas actúan para desdoblar las proteínas y absorber nutrientes del forraje ingerido por el animal.

1.3.1 PH ruminal

Quispe et al. (2017) menciona que este parámetro del rumen físico-químico, mismo que a su vez es esencial para digestión y nutrición del rumiante, este puede variar en un rango entre 5.0 y 7.2 dependiendo del tipo de dieta o forraje que se le proporcione al bovino.

En la alimentación de los rumiantes con forrajes de alto contenido nutricional provoca la disminución de pH del contenido ruminal, provocada por la velocidad de fermentación de la dieta y por la disminución del poder tampón esto asociado al consumo de forraje de forma directa, la acidificación de pH baja la densidad de flora celulolíticas e incremento de la flora amilolítica, razonablemente por lo que esta provoca la reducción de la digestión de fibra y se altera el tipo de fermentación (Barros et al. 2017).

1.3.2 Requerimiento nutricional de los bovinos

Según Barros et al. (2018) los rumiantes mayores poseen una cantidad de necesidades en su dieta que en su mayoría son sustituidas por su alimentación diaria, un ejemplo tangible es el pastoreo las ramas de los árboles y hojas seca, estos contribuyen al animal con cantidades de nutrientes baja como son energía, proteínas y minerales.

Guardel (2005) indica que Por lo general el alimento que consumen los rumiantes no cubre las cantidades requeridas por el mismo al día, por lo que como consecuencia tienen una producción deficiente, ya sea por la baja disponibilidad de comida en los potreros de la zona establecida, o en su defecto porque el alimento es de baja calidad, los requerimientos nutricionales que es más dificultoso cubrir para el bovino en producción estando en pastoreo y consumo voluntario es energía y proteína.

En cuanto a los minerales, es indispensable saber que los pastos no cuentan con proporciones suficientes para una excelente producción por parte del animal, siendo esta la razón por la cual se sugiere proporcionar al animal sales minerales a voluntad como lo menciona Orozco (2001) (tabla 6.).

Tabla 6. Requerimientos nutricionales de una vaca de 500 kg doble propósito

| Nutrición | Requerimiento |
|------------------|----------------------|
| Proteína | 800gr/día |
| Energía | 6.1Mcal /día |
| ENm* | 1.72 Mcal/día |
| Eng* | |
| Calcio | 21.00 gr/día |

1.3.3 Modulación del metabolismo proteico en el rumen

Según Riascos (2020), la degradación de proteínas en el rumen es de vital importancia en cuanto al aporte de N para los microorganismos que a su vez incentiva su crecimiento y desarrollo, la demasía de degradación lleva a la acumulación de N amoniacal que a su vez es absorbido y transformado en urea para el hígado perdiéndose así por la orina, causando un aumento en los costos de producción para el ganadero y mayor contaminación del medio ambiente.

1.4 Digestión ruminal

De acuerdo con McAllister (1993) y Torres (2009) en cuanto a la digestión de los alimentos ingeridos por el rumiante es la consecuencia de una serie de cambios que se producen en las distintas secciones del aparato digestivo del bovino, aquellos procesos unen: la fermentación de los elementos de la dieta por microorganismos en el retículo - rumen, una hidrólisis ácida y degradación enzimática en el abomaso e intestino, y una final fermentación en el ciego y en el intestino grueso.

El principal lugar donde se lleva a cabo el proceso de digestión es el rumen, mismo donde el forraje es retenido por periodos de tiempo importantes siendo llevado después a una fermentación microbiana bajo condiciones del rumen, en la alimentación de los bovinos hay una simbiosis que a su vez está constituida con los microorganismos ruminales y un huésped para producir energía de alimentos fibrosos (Rotger, 2004).

1.5 Fermentación ruminal

1.5.1 Métodos para estimar la tasa y la extensión de la degradación

Calderón (2017) sugiere que Para estimar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos y para predecir el valor nutricional de las forrajeras existen algunas técnicas dentro de las cuales mencionamos las técnicas *in vitro* mismas que permiten la evaluación rutinaria de la fermentación ruminal utilizando fluido ruminal o alternativo sin el uso de fluido ruminal, o en su defecto con complejos enzimáticos estos procesos proveen una estimación de la digestibilidad potencial de los suministros alimentación para el bovino.

En cuanto al factor de digestibilidad *in vivo* desde hace muchos años atrás ha sido practicada para la estimación la degradabilidad aparente de los forrajes para el rumiante, teniendo un defecto mismo que se trata del hecho de no permitir cuantificar la fracción de pasto degradada en el rumen del rumiante y qué fracción ha sido degradada en el sistema digestivo consecutivamente luego fue creada segunda generación de técnicas que incorporó las estimativas de la cinética de degradación en el retículo- rumen (Mayorga, 2016)

Ramírez (2019) manifiesta que estas técnicas de estimación fueron desarrolladas por medio de la práctica *in situ* o/y la de producción de gas, siendo estos métodos desarrollados para evaluar el valor energético y proteico de los alimentos ingeridos por el vacuno, su potencial de ingestión y la presencia de factores anti nutricionales

La técnica de degradación ruminal *in situ* proporciona la habilidad de estimar la degradabilidad ruminal de los forrajes proporcionados al bovino, con la ayuda de bolsas de nylon colocados en el rumen, esta ha sido ejecutada por el AFRC (AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH) como método estándar para caracterizar la degradabilidad ruminal del nitrógeno, seleccionada por su cercanía a los resultados *in vivo* (Sun,2017).

1.5.2 Modelaje de la cinética de degradación

Según Mayorga (2016), la cinética de degradación ruminal en cuanto a materia seca (MS), y varios elementos de la pared celular puede ser desarrollado mediante modelos no lineales, como puede ser el modelo presentado por Orskov y McDonald para la degradación del N que es el más ejecutado actualmente.

Ecuación 1: Degradabilidad $P = a + b * (1 - \exp^{-c*(t-t_0)})$

Dónde:

P= degradabilidad potencial

t = tiempo de incubación

a = intercepto con el eje Y en el tiempo cero. Simboliza la sustancia soluble y totalmente degradable que sale velozmente del saco de nylon.

b = la diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota. Constituye la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos de acuerdo con un proceso cinético de primer orden.

c = tasa constante de la función b. $1 - (a+b)$ = representa la fracción no degradable de la muestra.

La ecuación (i) menciona la presencia de tres fracciones en el alimento del bovino. Una fracción no degradable que representa la parte del alimento que dura en el saco posteriormente de un prolongado tiempo de incubación, otra fracción insoluble pero potencialmente degradable por los microorganismos ruminales y una tercera fracción velozmente degradable que además del material soluble incluye pequeñas migas que pueden salir de los sacos de nylon.

La ecuación utiliza parámetros estimados en conjunto con tasas de flujo para una dieta específica y estimar la degradabilidad efectiva.

Ecuación 2: Degradabilidad efectiva = $a + ((b*c) / (c + k))$

Dónde: a, b y c se definieron anteriormente para la ecuación (i) k = tasa de flujo de las partículas del rumen, los elementos indispensables para la degradabilidad efectiva son el ajuste de los datos al modelo y la pertinencia de los horarios de incubación. Los itinerarios de incubación de los sacos de nylon en el rumen deben estar en función de los intervalos de incubación formulados en horas (Barros et al., 2018).

1.6 Técnicas de degradabilidad ruminal

Chávez (2018) menciona la técnica de la bolsa de nylon calcula la dispersión de materia seca (MS), materia orgánica (MO), el nitrógeno (N) u otros nutrientes que hay en la dieta proporcionada al bovino, la materia seca es colocada dentro de la bolsa de nylon y posteriormente es colocado en el rumen del animal fistulado a un tiempo de incubación de 0. 6. 12. 24. 48 y 72 horas, por lo general estos tiempos van a estar en dependencia del tipo de investigación, de acuerdo con las técnicas *in situ* e *in vivo* mismas que tienen semejanza tienen algunas diversidades como el tamaño del poro de las bolsas de nylon, volumen de la muestra por módulo de área superficial de la bolsa y el tamaño de las partículas de la muestra.

1.7 Efectos de los compuestos secundarios en la alimentación de rumiante

De acuerdo con Barros et al. (2014) el consumo de gran cantidad de forrajes ricos en taninos condensados provoca una reducción en la degradación de la proteína por parte del forraje, esto se debe a la unión reversible con las proteínas, teniendo como consecuencia la reducción de las cantidades de bacterias proteolíticas en el rumen, estos taninos se consideran como inhibidores del crecimiento por lo general, pero los mecanismos involucrados son poco conocidos, por lo que se concluye que la ingestión de taninos condensados afecta la fermentación microbiana, como es demostrada por la reducción en la producción de gas (CH_4) y de (CO_2), y por una menor digestión de la materia seca.

Barros et al. (2017) sugiere que los metabolitos llamados taninos al ser consumidos por el bovino en menor concentración pueden servir de ayuda actuando como un agente antihelmíntico natural contra los nematodos gastrointestinales que existen en los rumiantes, de acuerdo a varias investigaciones ejecutadas con leguminosas forrajeras, confirman el hecho de que los taninos pueden ser de ayuda para prevenir el timpanismo, puesto que reducen la producción de gas a partir de la fermentación ruminal.

Los taninos condensados provocan como consecuencia una mayor producción animal, al ser consumidas solo en pequeñas cantidades puesto que los efectos de esta son positivos y reduce su consumo diario, estos taninos al juntarse y dar forma a complejos con proteínas de la dieta forrajera, impide degradación en el rumen incrementando la cantidad de proteína de sobrepaso hacia las partes bajas del sistema gastrointestinal y los amino ácidos esenciales que son absorbidos lo que se traduce en mayor respuesta animal (Aguayo, 2015).

1.7 Digestión, absorción de nutrientes y metabolismo de los carbohidratos, lípidos, proteínas en rumiantes

1.7.1 Digestión de carbohidratos

Minda (2016) sugiere que Los carbohidratos proporcionan la mayor y principal cantidad de energía grasas y azúcar (lactosa) en la leche de la vaca, estos microorganismos en el rumen dan paso a la vaca a obtener como consecuencia energía de los carbohidratos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) que a su vez están sujetos a

la lignina en las paredes de las células de las plantas, la fibra es voluminosa y al ser detenida en el rumen donde la celulosa y la hemicelulosa hacen que se fermentan lentamente

Según Ballasteros (2018), la saliva del rumiante tiene elementos como bicarbonato de sodio y fosfatos que a su vez sirven de ayudan para conservar la acidez (pH) del contenido del rumen siendo este un pH casi neutral en ocasiones las proporciones que hacen falta fibra resultan en un porcentaje bajo de grasa en la leche por lo que como consecuencia estos atribuyen a desordenes en la digestión del animal, dentro de los cuales se menciona el desplazamiento del abomaso y acidosis del rumen.

Estos carbohidratos no-fibrosos como son los almidones y azúcares se fermentan velozmente en el rumen del bovino, los componentes de estos carbohidratos contribuyen al aumento de energía en la dieta, mejorando, así como consecuencia el suministro de energía que a su vez determina la cantidad de proteína bacteriana que se produce en el rumen, aunque los carbohidratos no-fibrosos no forman parte de los elementos que ayudan al proceso de la rumia o la producción de saliva (Barros, 2016).

Calderón (2017) indica que es así como el equilibrio entre carbohidratos fibrosos y no-fibrosos es imprescindible en la dieta forrajera en los rumiantes mayores

1.7.2 Digestión de lípidos

En concordancia con Juárez (2018) en los forrajes, pastos y semillas encontramos pequeñas proporciones de lípidos, las cuales son consumidas comúnmente por los herbívoros y estas contienen un 4-6% de lípidos, pero en su mayoría gran parte de esta es proporción de energía, estas son componentes orgánicas insolubles en agua (hidrófobas) y solubles en solventes orgánicos como éter, benceno y cloroformo.

Por lo general estos lípidos son insuficientes en las especies vegetales, a excepción del girasol o la soja, estos tienen papeles protectores, aislantes y estructurales en los tejidos en que se encuentran, en su gran mayoría se encuentra presente de forma variada en los animales, siendo también fuente de energía para los mismos principalmente los lípidos compuestos y los no saponificables, mismos que ejercen en el organismo animal funciones principales al actuar como enzimas, sustancias hormonales o vitamínicas (Núñez, 2019).

1.7.3 Digestión de proteínas

Núñez et al.(2018) expone que en la digestión de proteínas los bovinos no las absorben como tales, sino como aminoácidos estos las componen para ser sintetizados, la gran mayoría de estos se consumen en forma de proteínas, y es así como estas pueden unirse a las diferentes rutas metabólicas del rumiante, por tal motivo las proteínas y péptidos al ser ingeridos pasan por un proceso de degradación hidrolítica con enzimas proteolíticas que son secretadas por el estómago, páncreas e intestino delgado en el sistema digestivo del animal, posteriormente la acción de las enzimas los aminoácidos subsisten libres y son absorbidos y trasladados a la corriente sanguínea hasta llegar al hígado, lugar donde se ejecuta parte de su metabolismo para después ser distribuidas, por lo general las proteínas endógenas también son degradadas al pasar un tiempo para luego adquirir señales que van a dar paso a las enzimas de degradación avisando cuando se debe dar inicio a su proceso.

1.7.4 Síntesis de lactosa y grasa en el hígado

Según Ortiz (2014), en cuanto a la producción de leche y carne en los bovinos ésta va a estar influenciada de manera directa por la cantidad de glucosa que a su vez es producida en el rumen, es así como los ácidos, acético y butírico son utilizados como medio para la creación de grasa de la leche por otro lado la glucosa se convierte en glicerol y se utiliza en síntesis de la grasa es así como las glándulas mamarias del bovino sintetizan ácidos grasos saturados de cadena corta que sujetan de 4 a 16 átomos de carbono, la mayoría de la grasa de leche es sintetizada por las glándulas mamarias el otro 50 % está basada en ácidos grasos no-saturados que contienen de 16 a 22 átomos de carbono.

Acosta (2016) manifiesta que la energía que estas necesitan para la síntesis de grasa y lactosa proviene de la combustión de metabolitos mismos que son originarios de la digestión de los carbohidratos.

1.7.5 Efecto de la dieta sobre la fermentación ruminal y el rendimiento de leche

Núñez (2019) indica que el efecto de los carbohidratos como de energía del alimento influye de manera considerable en la proporción y relación de AGV que son producidos también en el rumen, es así como la fauna microbiana del rumen produce más o menos el 65 % ácido acético, 20% ácido propiónico y 15% ácido butírico, si la ración posee alto contenido forrajero el abasto de acetato es adecuado para extender la

producción de leche, sin embargo la cantidad de propionato producido en el rumen puede delimitar la cantidad de leche producida porque el abasto de glucosa es poco.

1.8 Gases de efecto invernadero y la ganadería

Barros (2016) expone lo siguiente, desde hace ya varias décadas la agricultura y la ganadería son responsables de las emisiones de GEI (gases efecto invernadero), mismo que menciona el metano (CH_4), y dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, las emisiones de (CH_4) por parte del ganado bovino corresponde a un estimación del 73 % del total ,siendo los principales contaminantes los animales domésticos y de granjas, los rumiantes mayores poseen un proceso digestivo natural mediante el cual da como consecuencia la producción de gas metano lo que conlleva a un desgaste de energía por parte del animal y por ende menor producción y ganancia de peso, por lo que se han realizado investigaciones con el fin de disminuir la producción de gases efecto invernadero por parte del bovino, obteniendo un resultado promedio de que el consumo, composición y digestibilidad y manipulación previa del alimento son los de mayor eficacia hasta el momento .

Es así como se ha sugerido como técnica principal de mitigación de gases la manipulación alimenticia–nutricional, se conocen diversos métodos para cuantificar la emisión de gas metano y dióxido de carbono mismas que indican que la nutrición con N para fermentación, también ayuda de manera directa al funcionamiento productivo de rumiantes (Cerillo, 2004).

1.9 Producción de gas *in vitro*

De acuerdo con Núñez et al.(2018) dentro de los factores que forman parte de la producción de gas efecto invernadero en el planeta , tenemos los animales mismos que están influenciados por el tipo de alimento recibido, composición y digestibilidad dela misma, manipulación previa del alimento, frecuencia de alimentación, sistemas de producción manejados, estos factores están estrechamente ligados al bovino involuntariamente ya sea por especie, tamaño, situación de la zona fermentativa, mecanismos de retención del alimento (volumen y localización del rumen) el 80% de materia orgánica (fracción fibrosa y contenido celular) es fermentada en el rumen .

Mata (2006) sugiere que en cuanto a la producción diaria de metano está en dependencia del peso del vacuno es así, que se busca estrategias para disminuir la

emisión de metano, como se menciona anteriormente tenemos la manipulación nutricional para suprimir la metanogénesis, misma que forma parte del uso de forrajes de alta calidad o la modificación de las prácticas de alimentación y suplementación a dietas basadas en pajas o ensilajes ayudando a la fermentación ruminal inhibiendo directamente los metanogénicos y protozoarios, o desviando los iones hidrógeno de los metalogénicos

1.9.1 Estrategias para disminuir los gases de efecto invernadero

Según Faverin et al.(2019), los gases de efecto invernadero (GEI) principalmente generados por la ganadería, pueden ser mitigados con ayuda de una mayor y producción más eficiente del ganado, otras investigaciones mencionan que si se puede reducir las emisiones de metano provenientes del ganado vacuno mediante diversas estrategias que no impliquen grandes costos para los productores y cuya tecnología se encuentre disponible, finalmente se mencionan mejorar la nutrición, la reproducción y la genética, al igual que realizar un buen control de enfermedades para mejorar la eficiencia productiva como estrategias de mitigación de gases efecto invernadero.

1.9.2 Manejo de la nutrición como estrategia para mitigar los GEI (gases de efecto invernadero).

Cardona et al.(2017) menciona que Siendo la nutrición una de las principales estrategias de reducción de emisiones de GEI diversas investigaciones mencionan un aumento en la producción del forraje, y a su vez mejor aprovechamiento con un alimento de mejor calidad se produce mayor cantidad de carne y leche, y a su vez el bovino tienen menor desgaste de energía y menor producción de gas metano y dióxido de carbono, el incremento de la digestibilidad del forraje en el rumen del animal al ser medidos como relación unidad y producto animal esto da como resultado la disminución de gases efecto invernadero.

La adición de alimentos concentrados en la dieta de los rumiantes mayores mitiga la emisión de gas metano y dióxido de carbono por cada animal, mayormente cuando el forraje es proporcionado más del 40%, es así como el valor nutricional está estrechamente relacionado con el manejo e inclusión de las dietas nutricionales proporcionadas al vacuno a la vez que suministra una mayor producción, menor emisión de gases de efecto invernadero, y mayor ganancia de peso para producción

de carne y mayor absorción de nutrientes para la producción de leche (Cardona et al., 2017).

1.9.3 Generación de metano en rumiantes y su impacto ambiental

Según Barros (2016), dentro de la generación de gases de efecto invernadero (GEI), es el CO₂ el más considerable mismo que en la actualidad posee una gran atribución por el calentamiento global, siendo las cantidades de gas metano CH₄ menores a las del dióxido de carbono CO₂, es así como el gas metano cuenta con cantidades de 21 a 30 veces más peligrosas que el dióxido de carbono CO₂.

Los elementos predominantes en las diferencias del origen del CH₄ son: el número de carbohidratos que son transformados en el retículo-rumen, quienes están en dependencia de ración-animal, mismas que afectan la estabilidad entre la degradación de estos carbohidratos y la tasa de pasaje del alimento (Cajas, 2016).

1.9.4 Emisiones mundiales de GEI, diferentes al CO₂, resultantes del ganado

De acuerdo con Barros (2016) las acciones pecuarias han constituido de manera relevante en la emisión de gases efecto invernadero a nivel mundial mencionando los siguientes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) en todas las fases de la producción, los rumiantes mayores ayudarían al cambio climático con la mitigación de los gases de efecto invernadero GEI mediante varias técnicas y métodos como puede ser degradación ruminal o manipulación nutricional de dietas forrajeras.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, a 20 Km al sur de Ambato con una altitud de 2850 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2" de latitud Sur y 78° 36' 22" de longitud Oeste.

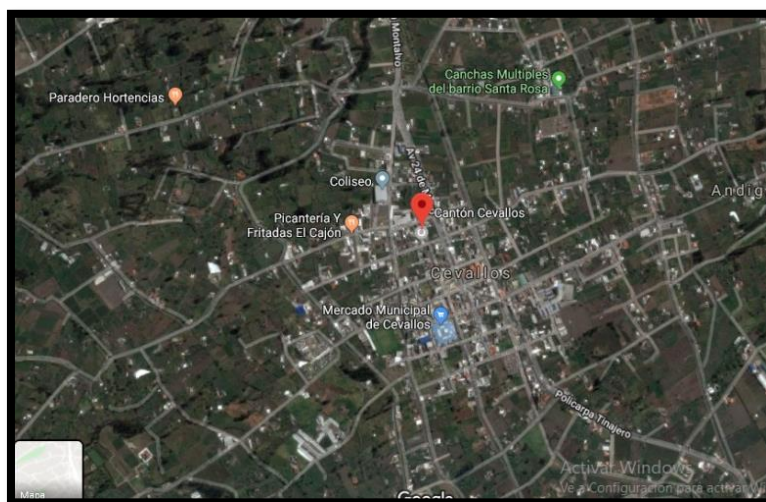


figura 2. Ubicación del lugar de estudio

Fuente: www.google.com

2.2 Características del lugar

Según la Estación Meteorológica ubicada en la Granja Experimental Docente Querochaca, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, reporta las siguientes características agroclimáticas: Temperatura máx. 20 °C, temperatura min. 7 °C, la temperatura ambiente promedio es de 15 °C, tiene una pluviosidad de 517.8 mm media anual, la investigación *in vitro* se realizó en el laboratorio de Ruminología de la facultad con la dirección y tutoría del Dr. Marcos Barros PhD.

2.3 Materiales

- ✓ *Moringa oleífera* (moringa)
- ✓ *Leucaena leucocephala* (Leucaena)

- ✓ *Pennisetum purpureum* (maralfalfa)
- ✓ 5 toros fistulados
- ✓ Bolsas de nylon
- ✓ Ligas
- ✓ Frascos de vidrio
- ✓ Tamices
- ✓ Licuadora
- ✓ Jeringas

2.3.1 Equipos

- ✓ Molino artesanal
- ✓ Estufa
- ✓ Refrigerador
- ✓ Incubadora
- ✓ Cromatógrafo de gases
- ✓ Medidor de presión
- ✓ Tanque de CO₂
- ✓ Espectrofotómetro
- ✓ Balanza
- ✓ Cánulas

2.3.2 Reactivos

- ✓ Líquido ruminal
- ✓ Saliva artificial
 - Bicarbonato de sodio
 - Bicarbonato de amonio

- Fosfato de sodio
- Fosfato de potasio monobásico
- Sulfato de magnesio
- Agua destilada

2.4 Factores de estudio

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizará *Moringa oleífera* (moringa), *Leucaena leucocephala* (Leucaena) y *Pennisetum purpureum* (maralfalfa) incluidas en una mezcla forrajera con diferentes dosis de la siguiente manera:

100% mar alfalfa

80% maralfalfa + 20% moringa

60% maralfalfa + 40% moringa

80% maralfalfa + 20% leucaena

60% maralfalfa + 40% leucaena

2.5 Manejo de la investigación

2.5 1 Tratamientos

En el desarrollo de esta investigación se manipuló *Moringa oleífera* (moringa), *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Pennisetum purpureum* (maralfalfa) como se muestra en la (tabla 7.)

Tabla 7. Degradabilidad ruminal de diferentes mezclas forrajeras a base de moringa y leucaena

| Factores | Tratamientos | Repeticiones (toros) | N° de muestras(total) |
|-------------|--------------|-------------------------|-----------------------|
| Maralfalfa | MAF | 5 | 25 |
| Moringa20 | M20 | 5 | 25 |
| Moringa 40 | M40 | 5 | 25 |
| Leucaena 20 | L20 | 5 | 25 |
| Leucaena 40 | L40 | 5 | 25 |
| TOTAL | | 125 muestras | |

2.5.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño completamente al azar, cinco tratamientos (mezclas forrajeras experimentales con: *Moringa oleífera* (moringa), *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Pennisetum purpureum* (maralfalfa) y cinco repeticiones por tratamiento. Se utilizó como único factor el tiempo (periodos experimentales) para las variables: degradación de MS, producción *in vitro* de gas metano y dióxido de carbono se sometieron al programa GraphPad Prism 7, todas las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey con el programa INFOSTAT.

2.5.3 Metodología

2.5.3.1 Muestreo del forraje

El muestreo de forraje se llevó a cabo de la siguiente manera:

- 1.- Corte y recolección de los pastos *Moringa oleífera* (moringa) 45 días originaria de la provincia de Santa Elena-Manglaralto, *Leucaena leucocephala* (leucaena) 45 días y *Pennisetum purpureum* (maralfalfa) 70 días originarias de la provincia de Tungurahua-Ambato.
- 2.-Deshidratacion del pasto cortado por 7 días con luz solar indirecta al aire libre.
- 3.-Secado en estufa a 35 °C por 24 horas en el laboratorio.
- 4.-Picado y triturado de la materia seca (pastos) en un molino artesanal.
- 5.- Tamizaje de materia seca triturada previamente, utilizando tamiz # 7 y tamiz # 4 con el fin de eliminar las partículas microscópicas (polvo) de la materia seca (pastos).
- 6.- Distribución y etiquetado de muestras tamizadas separadas en material vegetal de MS y polvo de MS.

2.5.3.2 Tiempo de incubación

Los tiempos de incubación fueron establecidos de manera metodológica de la siguiente manera:

Degradación ruminal *in situ*: 3. 6. 12. 24. 48. 72 y 96 horas, de acuerdo a las mismas se colocaron las bolsas de nylon con 0.500- 0.540 g del contenido de cada mezcla forrajera por tratamiento de forma descendiente es decir se inició con la hora 96 colocando 5 bolsitas por los 5 tratamientos y se finalizó con la hora 3.

Producción de gas Metano *in vitro*: 3. 6. 9. 1. 24. 48. 72. 96 horas, a cada tratamiento (frasco con 0.500- 0.540 g de MS) se lo evaluó de acuerdo a los tiempos de incubación de manera ascendente es decir con la hora 3 de inicio y la hora 96 finalización, utilizando una jeringa de 60 ml para extraer el gas producido para ser medidos con un medidor de presión de vacío modelo 840064 y luego inyectados en un MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05.

Producción de Dióxido de carbono *in vitro*: 3. 6. 9. 1. 24. 48. 72. 96 horas, los cuales fueron evaluados de forma ascendente iniciando con la hora 3 y finalizando con la hora 96 *in vitro* a cada tratamiento (frasco con 0.500 – 0.540g de MS), utilizando una jeringa de 60 ml para extraer el gas producido para ser medidos con un medidor de presión de vacío modelo 840064 y luego inyectados en un MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05.

2.5.3.3 Animales Canulados

Se utilizaron 5 toros previamente canulados originarios del cantón Cevallos provincia de Tungurahua.

2.5.3.4 Elaboración de saliva artificial

Para la elaboración de la saliva artificial se utilizó la siguiente receta:

La preparación del medio se realiza según lo indicado por Menke y Steingass (1988), el medio consta de 5 componentes los cuales se preparan individualmente un día antes de la incubación a excepción de la solución de micro minerales y el indicador anaerobio los cuales pueden ser preparados 3 días antes de la incubación y luego ser almacenados en refrigeración 4 °C hasta el momento de su uso.

Solución de componentes del medio para 4 litros:

1. Solución de micro minerales (g/100ml de agua desionizada)

13,2 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Cloruro de calcio

10.0 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ Cloruro de magnesio

1.0 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Cloruro de cobalto

0.8 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Cloruro férrico

2. Solución Buffer (g/1000 ml de agua desionizada)

35 g NaHCO₃ Bicarbonato de sodio

4g (NH₄) HCO₃ Bicarbonato de amonio

3. Solución Macro minerales (g/10000 ml de agua desionizada)

9,45 g NaHPO₄. H₂O fosfato de sodio dibásico

6,2 g KH₂PO₄ Fosfato de potasio monobásico

0,6g MgSO₄. 7H₂O Sulfato de magnesio

4. Solución reductora (g/100 ml de agua desionizada)

0,625 g Cisteína

5. Indicador Anaerobio (g/100ml de agua desionizada)

0.1 g Resarzurina

Se prepararon 12 litros de saliva artificial y se aplicó una regla de 3 para obtener la dosis de cada reactivo de acuerdo a cada solución por separado y finalmente mezcladas.

Se calcularon las dosis de cada solución de la siguiente manera:

Solución Buffer

Bicarbonato de sodio

1000 ml 35 g

2400 ml X= 84g

Bicarbonato de amonio

1000 ml 4 g

2400 ml X= 9,6g

Solución Macro minerales

Fosfato de sodio

1000 ml 9,45 g

2400 ml X= 22,68g

Fosfato de potasio monobásico

1000 ml 6,2 g

2400 ml X= 14,88g

Sulfato de magnesio

1000 ml 0,6 g

2400 ml X= 1,44g

Finalmente se mezclaron todas las soluciones componentes en los volúmenes indicados con agua desionizada de acuerdo a cada cantidad requerida por las soluciones antes elaboradas. Una vez mezcladas todas las soluciones en el medio para el experimento se calienta y se mantiene bajo CO₂ hasta que la solución se torne color rosa claro, el tiempo de cambio de color es de aproximadamente 3 horas después de haber burbujeado con CO₂.

2.5.3.5 Degradabilidad de la MS *in vivo*

Para esta variable de degradabilidad de la MS *in situ*: se empleó el método de la bolsa de nylon descrito por Orskov et al. (1980), utilizando toros con fistulas ruminales y mezclas forrajeras, las mismas que fueron amarradas con ligas resistentes al pH del rumen del bovino, posterior a esto se introdujeron las bolsas de acuerdo a cada tratamiento y tiempo de incubación las cuales fueron 3. 6. 12. 24. 48. 72 y 96 horas, las mismas que por cuestiones metodológicas se usaron desde el mayor a menor tiempo es decir, la primera bolsa de nylon fue colocada a la hora 96, la última a la hora 3, una vez culminado los tiempos de incubación se extrajeron las bolsas del rumen de los toros canulados, se lavaron con abundante agua hasta no dejar residuos del rumen del animal, luego fueron secadas en la estufa por 24 horas y finalmente pesadas en una balanza de mesa de precisión MIX-H para finalmente ser tabuladas mediante el programa “GraphPad Prism 7” que utiliza la fórmula del modelaje de la cinética de degradación lineal $P = a + b * (1 - \exp(-c*(t-t_0)))$ y para obtener la degradación efectiva $DE = a + [(b*c)/(c + k)]$, descrita por Orskov y McDonald.

2.5.3.6 Producción de gas metano CH₄ *in vitro*

La siguiente variable se evaluó *in vitro* se estimó de acuerdo a la metodología descrita por Theodorou et al. (1994), donde en primera instancia se recolectó el líquido del rumen de 5 toros canulados en ayunas luego almacenado en fundas, las mismas que fueron trasladadas al laboratorio de ruminología en recipientes plásticos (baldes) con agua caliente para luego ser almacenado en frascos de vidrio oscuro y combinados con saliva artificial sellado, rotulados respectivamente y finalmente puestos en baño maría a una temperatura de 35°C. La saliva artificial se elaboró un día antes de empezar la ejecución del experimento en laboratorio esta consistió en la preparación de una solución búfer a base de Bicarbonato de Sodio y Bicarbonato de Amonio, también una solución de macro minerales a base de fosfato de sodio, fosfato de potasio y sulfato de magnesio, posterior a esto se procedió a realizar la toma de datos en función de las horas de incubación, los cuales fueron tomados de la siguiente manera, el gas se succionó con una jeringa de los frascos de incubación del líquido ruminal de los 5 toros y luego inyectados en un MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05, luego se tomó los datos de acuerdo a los tiempos de incubación 3. 6. 9. 12. 24. 48. 7. 96 horas y luego ser tabulados con el software utilizado para la adquisición y el análisis de la información que fue el programa “GraphPad Prism 7” 1.

2.5.3.7 Producción de dióxido de carbono CO₂ *in vitro*

Esta variable *in vitro* se ejecutó empezando con la recolección del líquido ruminal de 5 toros canulados en ayunas previamente, posterior a esto fue almacenado en fundas las mismas que fueron trasladadas al laboratorio de ruminología en recipientes plásticos (baldes) con agua caliente para luego ser almacenado en frascos de vidrio ambar y combinados con saliva artificial sellados y rotulados respectivamente y finalmente puestos en baño maría a una temperatura de 35°C.

La saliva artificial se elaboró un día antes de empezar la ejecución del experimento en laboratorio, misma que consistió en la preparación de una solución búfer a base de bicarbonato de sodio y bicarbonato de amonio, de igual manera una solución de macro minerales a base de fosfato de sodio, fosfato de potasio y sulfato de magnesio, posterior a esto se procedió a realizar la toma de datos en función de las horas de incubación, los cuales fueron tomados de la siguiente manera, el gas se succionó con una jeringa de los frascos de incubación del líquido ruminal de los 5 toros y luego

inyectados en un MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05,. luego se tomó los datos de acuerdo a los tiempos de incubación 3.6.9.12.24.48.7.96 horas y luego ser tabulados con el software utilizado para la adquisición y el análisis de la información fue el programa “GraphPad Prism 7” 1.

2.6 Variables de respuesta

2.6.1 Degradación ruminal de MS in situ

Para poder obtener la degradación ruminal se encontró la materia seca del contenido secado de las mezclas forrajeras y se procedió a los cálculos de la cinética de degradación con sus pasajes y velocidad.

2.6.2 Producción de gases efecto invernadero, metano CH₄ in vitro

Se prepararon muestras forrajeras a utilizar con líquido ruminal, y saliva artificial para obtener los datos de la producción de gas metano *in vitro*.

2.6.3 Producción de gas de efecto invernadero Dióxido de carbono CO₂ in vitro

Se prepararon muestras forrajeras a utilizar con líquido ruminal, y saliva artificial para obtener los datos de la producción de gas metano *in vitro*.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Degradación ruminal de MS *in situ*

Tabla 8. Degradabilidad ruminal de diferentes mezclas forrajeras a base de moringa y leucaena

| PARÁMETROS | MEZCLAS FORRAJERAS | | | | | E.E |
|----------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| | MAF | M20 | M40 | L20 | L40 | |
| | a | a | a | a | a | |
| a | 34.52 | 34.83 | 35.86 | 33.20 | 22.27 | 5.63 |
| | a | a | a | a | a | |
| b | 39.13 | 42.58 | 44.73 | 43.18 | 52.64 | 5.43 |
| | a | a | a | a | a | |
| c | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.04 | 0.08 | 0.01 |
| | a | b | c | a | ab | |
| DER_2% | 61.85 | 66.08 | 71.51 | 62.58 | 64.72 | 0.73 |
| | a | a | b | a | a | |
| DER_5% | 53.64 | 57.67 | 63.66 | 53.15 | 55.24 | 1.19 |
| | a | ab | b | a | a | |
| DER_8% | 49.30 | 52.92 | 58.80 | 49.25 | 48.33 | 1.69 |
| r² | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.87 | 0.94 | |

Nota: Sustancia soluble y totalmente degradable, b: fracción insoluble pero potencialmente degradable y c: fracción no degradable, EE: Error Estándar, DER_: Tasa degradación hora 2, 5, y 8 % Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La tabla 8. muestra las medias de las sustancias solubles y totalmente degradable de los tratamientos no existiendo así diferencias significativas mas sin embargo el tratamiento M40 obtuvo la mayor degradabilidad con 35.86 seguido de la M20 con 34.83, de igual manera la fracción insoluble y la no degradable muestra que los tratamientos no tienen significancia variable pero L40 obtuvo valores de 52.64, 0.08 respectivamente seguido por los valores M40 con 44.73, 0.08 tanto para las fracciones de a y b. Sin embargo, la mayor degradabilidad efectiva en cuanto a sus modelaciones de cinética de degradación 2, 5 y 8 % fue el tratamiento M40, siendo así el tratamiento con mayor degradación en cuanto a MS, al contener en esta mezcla forrajera un equilibrio entre proteína y fibra como es moringa 40% + maralfalfa 60%, mezcla

forrajera ideal y equilibrada para la absorción y degradación completa de los nutrientes.

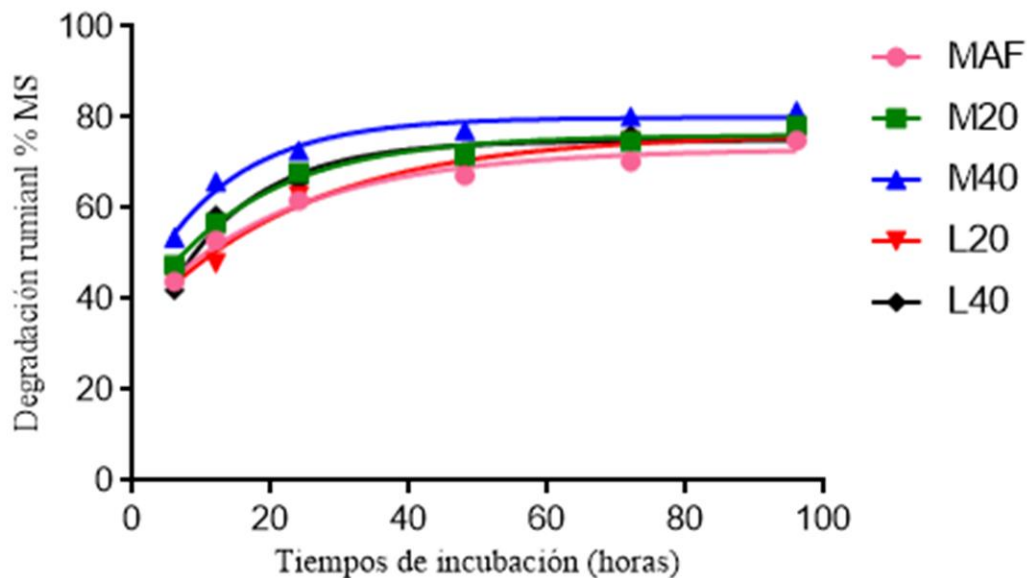


figura 3. Degradación de % de MS in situ

La figura 3. expone la degradación de materia seca (MS) en función del tiempo de incubación 3.6.12.24.48.72 y 96 horas. Donde se puede observar que en los tratamientos T3 (M40) y T5 (L40) son los que mayor cantidad de degradación de MS en el rumiante, en cuanto a la degradación efectiva que tuvieron los tratamientos T3 (M40) y T5 (L40), la misma que se midió con 3 modelaciones de cinética de degradación 2, 5 y 8% tasa de pasaje del rumiante utilizando la siguiente fórmula $DE = a + [(b*c) / (c + k)]$, descrita por Orskov y McDonald, de acuerdo al tipo de mezcla forrajera que se utilizó.

Siendo una mezcla moderadamente fibrosa de pasto según la tasa de pasaje del 5% de degradación nos muestra que el T3 (M40) tuvo un promedio de 63.66 mientras que el T5 (L40) tuvo un promedio de 53.15, es decir que en cuanto a velocidad de degradación los dos tratamientos son iguales, pero en cuanto a su potencial de degradación podemos mencionar que el T3 (M40) tuvo mayor potencial de degradación que el T5 (L40), lo que significa que el T3 fueron absorbidos en su mayoría los nutrientes y aprovechados por el rumiante, explicando así que esto se debe

a que el T4 al tener 40% de leucaena esta posee metabolitos secundarios como es el tanino, el cual se adhiere a la mezcla forrajera impidiendo su degradación ruminal y acelerando el transito del alimento hacia los otros compartimentos, ya que tendrá mayor velocidad pero menos degradación u absorción de nutrientes por parte del rumiante.

Según McAllister (1993), quien menciona en su investigación que obtuvo diferencias considerables entre sus dietas forrajeras a su vez ricas en concentrado, las dietas forrajeras ayudan a la producción de la fauna microbiana en el rumen del bovino donde a su vez dominan bacterias del género *Butyrivibrio spp.*

Siendo así las dietas concentradas con bajos niveles de fibra o bajo contenido de metabolitos como taninos, la producción bacteriana es mayor, es así como influyeron de manera esencial las mezclas forrajeras al equilibrar un pasto moderadamente fibroso y altamente fibroso para el bobino como lo fue el T3 moringa al 40% y maralfalfa 60% obteniendo mayor degradación de MS.

De acuerdo con Ballesteros (2018) mismo quien comentó que la fibra en forrajes en partículas largas es indispensable para el proceso de la rumia en el vacuno, durante el cual aumenta la separación y fermentación de sus componentes, provocando que las contracciones en el rumen aumenten, el contenido de saliva misma que contiene bicarbonato de sodio y fosfatos que ayudan a mantener la acidez del pH casi neutro , mencionando que al proporcionar un forraje pobre en fibra al bovino provoca desordenes en el aparato digestivo del animal provocando desgaste de energía y menos producción de carne o leche, lo que sustenta la teoría de que el T3 tuvo mayor degradación de MS al contener un pasto bajo en fibra.

Barros et al. (2014) expone que los taninos condensados provocan como consecuencia una mayor producción animal, al ser consumidas solo en pequeñas cantidades puesto que los efectos de esta son positivos y reduce su consumo diario, estos taninos al juntarse y dar forma a complejos con proteínas de la dieta forrajera, impide degradación en el rumen, incrementando la cantidad de proteína de sobrepaso hacia las partes bajas del sistema gastrointestinal (abomaso) y los amino ácidos esenciales que son absorbidos lo que se traduce en mayor respuesta animal confirmando así que

el T5 al contener mayor cantidad de pasto 40% leucaena tuvo mayor paso al intestino del rumiante, obteniendo mayor velocidad de degradación.

3.2 Producción de gases de efecto invernadero, metano CH₄ *in vitro*

Tabla 9. Producción de gas metano *in vitro* de las mezclas forrajeras

| PRODUCCIÓN DE CH ₄ | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PARÁMETROS | | | | | |
| HORAS DE INCUBACIÓN | MAF | M20 | M40 | L20 | L40 |
| | ab | ab | | | ab |
| 3 | 12 | 13 | | | 11.14 |
| | a | ab | a | a | a |
| 6 | 4.83 | 7 | 9.17 | 8 | 7.33 |
| | ab | ab | ab | a,b | ab |
| 9 | 8.67 | 12.83 | 14 | 14.5 | 10.67 |
| | ab | abc | ab | abc | abc |
| 12 | 13 | 17.83 | 17.33 | 21.17 | 21.67 |
| | c | d | d | c | d |
| 24 | 49.67 | 60.67 | 42.83 | 41.33 | 56.5 |
| | c | c | cd | bc | c |
| 48 | 42.67 | 30.5 | 33.67 | 36.83 | 35.83 |
| | b | bc | bc | abc | bc |
| 72 | 22.17 | 26.83 | 22.67 | 25.5 | 27.67 |
| | b | abc | ab | abc | abc |
| 96 | 22.17 | 19.33 | 17.5 | 24.5 | 27.17 |
| Presión | 17.23 | 17.54 | 15.84 | 15.24 | 15.96 |
| Volumen | 2.71 | 2.82 | 2.39 | 2.43 | 2.54 |
| E.E | 3.6 | 3.42 | 2.86 | 5.33 | 4.43 |
| p-valor | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0001 |
| r² | 0.78 | 0.81 | 0.75 | 0.45 | 0.7 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La tabla 9. Identifica el volumen acumulado de gas mL/g de gas metano en materia seca, así como también la presión de cada tratamientos en función de la producción de gas, los cuales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), no muestran

diferencias significativas en cuanto a la producción del mismo entre tratamientos, consiguiendo la menor producción de gas en las mezclas forrajeras M40 con moringa 40%+ maralfalfa 60% con 2,39 volumen de gas, seguida de L20 leucaena 20%+ maralfalfa 80% con 2,43 volumen de gas lo que a su vez nos indica que las mezclas forrajeras utilizadas en este estudio poseen el equilibrio ideal para el rumiante entre proteína y fibra.

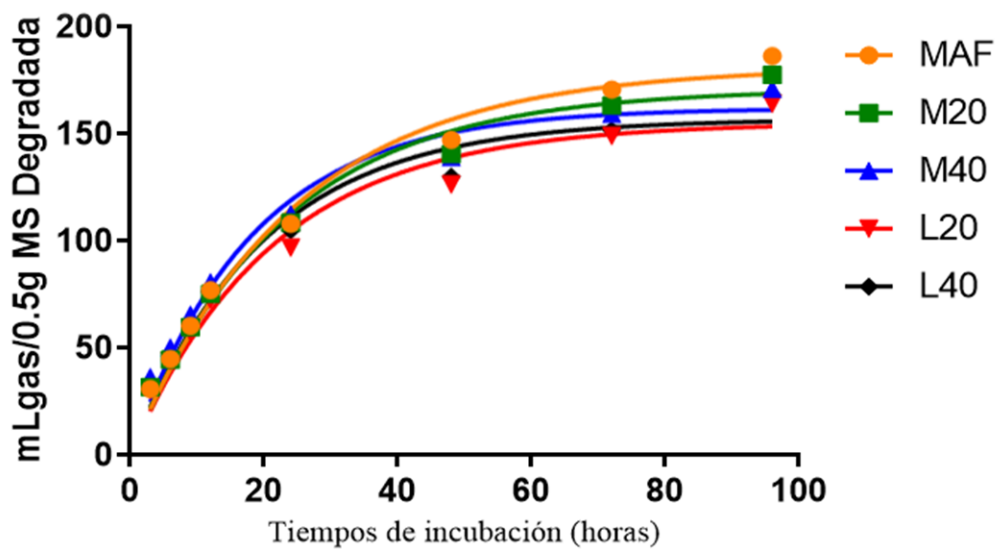


figura 4. Producción de gases efecto invernadero, metano CH₄ *in vitro*

Como se observa en la figura 4. la producción de gas metano de los tratamientos observando una fluctuación mínima en cuanto a la producción del mismo en función del tiempo de incubación siendo estos 3. 6. 9.12. 24. 48. 72. 96 horas mencionando que al haber una menor producción de gas significa que menos desgaste de energía por parte del rumiante, mayor absorción de nutrientes teniendo como resultado una alta producción de carne y leche.

De acuerdo con Romero et al. (2018) la producción de metano CH₄ en los rumiantes mayores está en dependencia por factores como el consumo, digestibilidad composición de la dieta forrajera; afirmando que un forraje de alta calidad es imprescindible para reducir las metano con la fermentación ruminal de tal manera, que los tratamientos evaluados presentan variación en la producción de metano, por

la calidad nutricional que difiere entre los mismos lo que ratifica la conclusión de que ambas tratamientos T2 y T4 obtuvieron cantidades similares en producción del gas metano, es decir no hubo variación entre ambas.

Según Barros (2016), el consumo de gran cantidad forraje rico en taninos condensados disminuye la degradación de proteína del pasto, como consecuencia de la unión reversible a las proteínas mismas que a su vez disminuye las poblaciones de bacterias proteolítica en el rumen, los taninos son como inhibidores del crecimiento de los microorganismos como lo demuestran por una disminución en la producción de gas (CH_4), acertando con los resultados de esta investigación en el T4 y su producción de metano.

Benítez (2010) manifiesta que siendo los principales contaminantes los animales domésticos y de granjas, los rumiantes mayores poseen un proceso digestivo natural mediante el cual da como consecuencia la producción de gas metano lo que conlleva a un desgaste de energía por parte del animal y por ende menor producción y ganancia de peso, por lo que se han realizado investigaciones con el fin de disminuir la producción de gases de efecto invernadero por parte del bovino, obteniendo un resultado promedio de que el consumo, composición y digestibilidad y manipulación previa del alimento son los de mayor eficacia hasta el momento. En este caso al introducir mezclas forrajeras con similar equilibrio de contenido de proteína y fibra corrobora la poca variación en la producción del gas metano.

De acuerdo con Barros (2016) el consumo de gran cantidad de forrajes ricos en taninos condensados provoca una reducción en la degradación de la proteína por parte del forraje, esto se debe a la unión reversible con las proteínas, teniendo como consecuencia la reducción de las cantidades de bacterias proteolíticas en el rumen, estos taninos se consideran como inhibidores del crecimiento por lo general, pero los mecanismos involucrados son poco conocidos, por lo que se concluye que la ingestión de taninos condensados afecta la fermentación microbiana, como es demostrada por la reducción en la producción de gas (CH_4) y de (CO_2), y por una menor digestión de la materia seca Afirmando los resultados de esta investigación al concluir que el tratamiento T4 al contener el pasto leucaena contiene metabolitos secundarios que fueron los responsables de su degradación rápida.

3.3 Producción de gases efecto invernadero, dióxido de carbono CO₂ *in vitro*

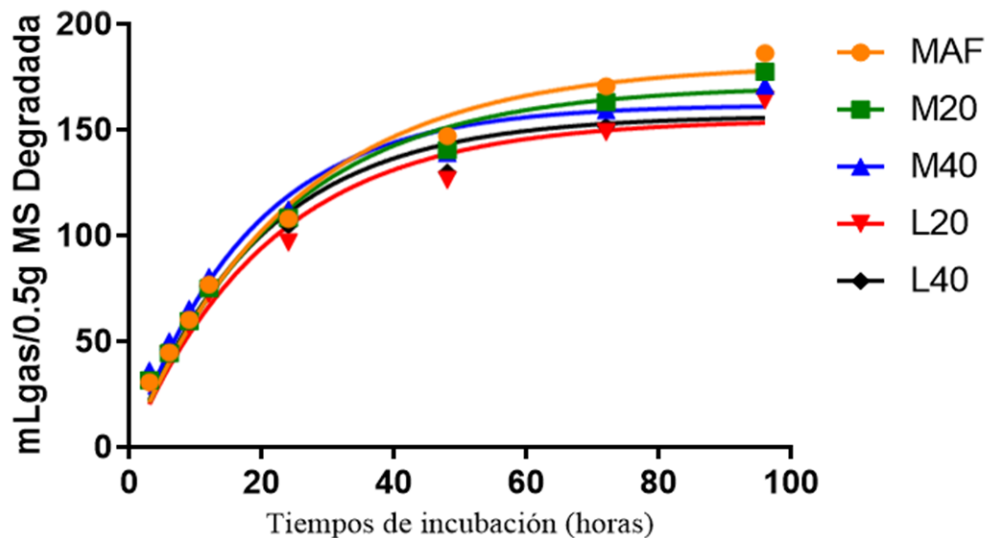
Tabla 10. Producción de dióxido de carbono *in vitro* de las mezclas forrajeras

| PRODUCCIÓN DE CO ₂ | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| PARÁMETROS | | | | | |
| HORAS DE INCUBACIÓN | MAF | M20 | M40 | L20 | L40 |
| 3 | 2.7 | 3.78 | | | 3.63 |
| 6 | 3.39 | 1.63 | 1.73 | 1.8 | 1.7 |
| 9 | 4.38 | 3.74 | 2.9 | 3.22 | 4.08 |
| 12 | 3.16 | 3.91 | 2.64 | 2.71 | 1.88 |
| 24 | 2.39 | 3.08 | 2.68 | 2.17 | 1.62 |
| 48 | 4.12 | 2.17 | 2.05 | 3.5 | 2.6 |
| 72 | 3.55 | 3.69 | 3.33 | 3.91 | 4.38 |
| 96 | 3.18 | 3.26 | 3.94 | 2.49 | 4.15 |
| Presión | 17.23 | 17.54 | 15.84 | 15.24 | 15.96 |
| Volumen | 2.71 | 2.82 | 2.39 | 2.43 | 2.54 |
| E.E | 0.53 | 0.52 | 0.69 | 0.64 | 0.62 |
| p-valor | 0.1673 | 0.0245 | 0.3446 | 0.2454 | 0.004 |
| r ² | 0.22 | 0.32 | 0.14 | 0.19 | 0.39 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La tabla 4 muestra el volumen acumulado de gas mL/g de dióxido de carbono en materia seca, la presión acumulada de cada tratamientos en función de la producción de gas, los cuales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), no muestran diferencias significativas en cuanto a la producción del mismo entre tratamientos, consiguiendo la menor producción de gas en las mezclas forrajeras M40 con moringa 40%+ maralfalfa 60% con 2.39 volumen de gas, seguida de L20 leucaena 20%+

maralfalfa 80% con 2.43 volumen de gas lo que a su vez nos indica que las mezclas forrajeras utilizadas en este estudio poseen el equilibrio ideal para el rumiante entre



proteína y fibra.

figura 5. Producción de gas efecto invernadero Dióxido de carbono CO₂ *in vitro*

Como se muestra en la figura 5. la producción de dióxido de carbono en los tratamientos indica una fluctuación mínima en cuanto a la producción del mismo en función del tiempo de incubación siendo estos 3. 6. 9. 12. 24. 48. 72. 96 horas, mencionando que la producción de este gas es muy baja en los dos tratamientos lo que significa que hubo poco o nada producción de dióxido de carbono por parte del bovino, menos desgaste energético, mayor absorción de nutrientes teniendo como resultado una mayor producción de carne y leche.

Según Barros (2014), Estos metabolitos llamados taninos al ser consumidos por el bovino en menor concentración nos pueden ser de ayuda como un agente antihelmíntico natural contra los nematodos gastrointestinales que existen en el sistema digestivo de los rumiantes, de acuerdo a varias investigaciones ejecutadas con leguminosas forrajeras, confirman el hecho de que los taninos pueden ser de ayuda para prevenir el timpanismo, puesto que reducen la producción de gas a partir de la fermentación ruminal confirmando mis resultados al tener una baja producción de CO₂

por parte de los tratamientos al haber proporcionado una dieta equilibrada entre fibra y proteína al rumiante.

Según Barros et al. (2017) de acuerdo a su investigación comenta que la mezcla de la biomasa pos-cosecha de *Amaranthus cruentus* con forrajes de baja calidad nutricional puede ayudar a la degradación y digestibilidad de los nutrientes, la producción de gases de efecto invernadero (GEI) como el metano y dióxido de carbono por lo que esto a su vez ayuda al bovino mejorando su producción confirmando los resultados de este trabajo de investigación en el que concluye que al haber proporcionado una mezcla forrajera equilibrada entre fibra y proteína de MS al rumiante, este obtuvo mayor degradación y menor cantidad de producción de CO₂ en el rumen del bovino.

De acuerdo con Barros et al. (2019) manifiesta en su investigación bajo las condiciones de su estudio, concluyó que la mejor edad para el pastoreo de *B. Decumbens* varía entre 45 y 60 días con rebrote, siendo así una mejor digestión para el rumiante favoreciendo la disminución de gas metano en el rumen. Lo que se relaciona con la conclusión de este trabajo en la que menciona que el tiempo de corte y la especie del pasto es fundamental para la alimentación del animal, produciendo menos CO₂ y teniendo mayor degradación y aprovechamiento de nutrientes para mayor producción de carne o leche.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se estimó la degradación y fermentación ruminal *in situ* de la materia seca con mezclas forrajeras de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* distribuidas en 5 tratamientos respectivamente con diferentes cantidades de forraje de los cuales el tratamiento 3 (moringa 40%) y tratamiento 4 (leucaena 20%) son los que mayor cantidad de degradación de materia seca mostraron, conteniendo cada mezcla cantidades moderadas para obtener una mezcla forrajera moderadamente fibrosa, decir que cada pasto utilizado para formar las mezclas forrajeras tuvo un equilibrio entre fibra y proteína, lo que nos indica un potencial de degradación bastante favorable, aun así siendo el tratamiento 3 el de mayor degradación lo que significa que los nutrientes de esta mezcla forrajera fueron absorbidos en su mayoría y aprovechados por el rumiante para mayor producción de carne y leche.
- Se identificó el efecto de la influencia de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* en la producción de gases de efecto invernadero, metano CH₄ *in vitro* donde los tratamientos tratamiento 3 (moringa 40%) y tratamiento 4 (leucaena 20%), en cuanto a la producción de metano en función del tiempo de incubación, en la hora 24 y 48 fue mayor la producción de gas en ambos tratamientos pero no influye de manera considerable en el bovino, lo que se concluye que al haber una menor producción de gas, menor es el desgaste de energía por parte del rumiante existiendo una mayor absorción de nutrientes teniendo como resultado una alta producción de carne y leche .
- Se apreció el efecto de la influencia de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* en la producción de gases de efecto invernadero, dióxido de carbono CO₂ *in vitro* donde los tratamientos tratamiento 3 (moringa 40%) y tratamiento 4 (leucaena 20%) ,obtuvieron una fluctuación mínima en cuanto a la producción del mismo demostrando que la producción de este gas es muy baja en los dos

tratamientos lo que significa que hubo poco o nada producción de dióxido de carbono por parte del bovino.

Recomendaciones

- Se recomienda que se realicen trabajos de investigación a partir de mi trabajo investigativo con las dietas forrajeras en rumiantes, probando dosis diferentes ya que se ha demostrado su efecto sobre el organismo del bovino disminuyendo la producción de gases efecto invernadero evaluando los efectos en campo positivos y negativos en el ámbito productivo de carne o leche para el bovino.

- Probar en campo esta investigación con las dietas forrajeras mencionadas en este trabajo, pero utilizando el material vegetal para las mezclas forrajeras obteniéndolas de diferentes zonas tropicales del país, puesto que en este trabajo se utilizaron especies forrajeras de clima seco y clima frío del Ecuador.

Sugiero probar las mezclas forrajeras elaboradas en este trabajo investigativo bovinos de clima frío y de clima cálido del Ecuador.

- Se sugiere probar estas dietas forrajeras en otras especies de rumiantes como por ejemplo caprinos usando los datos parámetros y variables exactos de esta investigación científica, pero ejecutados en campo y en otra especie animal.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N., (2016). Evaluación de la biomasa hidropónica de maíz como alimento para caprinos criollos en crecimiento-ceba. Santa Clara: universidad central Marta Abreu de las villas.
- Aguayo, H., (2015). Situación actual de la ganadería ecuatoriana. Ambato: s.n.
- Ballasteros, N., (2018). La Moringa (*moringa oleífera*) en la alimentación de rumiantes, Bucaramanga: s.n.
- Barros M. y otros, (2014). Effect of intake of diets containing tannins and saponins on in vitro gas production and sheep performance. Ambato: 54, 1486–1489.
- Barros M., (2016). Evaluación *in vitro* de la producción de metano en variedades de pastos. Tungurahua: s.n.
- Barros M., Rovalino N., Núñez T., Mera A. Rojas A. Freire S., Curay Q., Ortiz., Solorio S., y Iraola J., (2017). Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro* de arvenses con potencial forrajero. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, sector el Tambola Universidad, 1801334, Cevallos, Tungurahua, Ecuador.*
- Barros M., Solorio S. y Sandoval C, (2018). Efecto del consumo voluntario de *Leucaena leucocephala* sobre la degradación ruminal de la materia orgánica en ovinos. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuaria*, 1(1), 25 - 28. doi:10.31164/reiagro. v1n1.5
- Barros M. et al. (2019). effect of the cutting age of brachiaria decumbens on rumen functions and *in vitro* gas production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Available at: <<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3080>>.
- Benítez, (2010). Producción de forraje de guaje (*leucaena spp.*) asociado con zacate (*brachiaria brizantha*) para ovejas en pastoreo. revista mexicana de ciencias agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), pp. 397-411.
- Cajas, (2016). “Efecto del valor nutrimental de *chenopodium quinoa* sobre la fermentación ruminal *in vitro* y población de protozoarios del rumen en bovinos”, Ambato: s.n.
- Calderón, (2017). Fermentación ruminal y síntesis de proteína microbial en ovinos consumiendo dietas a base de *Lupinus mutabilis*, Ambato: s.n.
- Calsamiglia, (2005) Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en el vacuno, Madrid: s.n.
- Cardona I., Mahecha L., Liliana, y Angulo A., (2017). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 273-288. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21466>
- Carmona, (2005) El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental. *Revista Colombiana de ciencias pecuarias*, Volumen 18:1, pp. 49.50.51.52
- Cerillo, (2004). Producción gas in vitro Rumiantes, México: s.n.

Cruz, (1999). Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de especies de leucaena, Mérida - Yucatán: s.n.

Chávez D., (2018) Técnicas quirúrgicas para ruminotomía con fistulación rumial en cabras. Santa Elena: *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(2), pp. 89-94. Available at: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/moringa-oleifera-alimento-ecologico-para-bovinos-en-cualquier-epoca>[Último acceso: 11 noviembre 2019].

Faverin, Claudia B., Franco F., Machado C., (2019). Modelación productiva, económica y de gases de efecto invernadero de sistemas típicos de cría bovina de la pampa deprimida. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 14-25. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000102>

Guamaní, (2018). Efecto de la inclusión de *sacha inchi (plukenetia volubilis)* en la dieta de ovinos sobre la fermentación ruminal y producción de gas *in vitro*, Ambato: s.n.

Guardel, M., (2005). Ganaderia Sostenible. [En línea]

Guerrero J., (2020). Ruminant degradability of supplements based on three native forages and adapted to the Colombian Amazonian piedmont. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2), 193-207. Epub 01 de junio de 2020. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802020000200193&lng=es&tlng=en.

Juaréz, F., (2018). Manual de laboratorio de nutrición animal. México: *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*.

Lier, V., (2008). Gestión en retículo-rumen digestión en retículo-rumen, Montevideo - Uruguay: Facultad de Agronomía Universidad de la República.

McAllister, T., (1993). Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants, s.l. *Canadian Journal of Animal Science*

Macias, A., (2019). Digestibilidad fecal en caprinos criollos alimentados con Moringa (*Moringa oleifera Lam*), como base forrajera de dietas integrales, La Libertad: Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena.

Mata (2006). Comportamiento productivo y fermentación ruminal de corderos suplementados con harina de cocoíte (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*). FCV-LUZ.

Mayorga S. (2016) “Cinética de degradación ruminal in situ y producción de gas *in vitro* agropecuarias. Universidad técnica de Ambato

Minda M. (2016). Efecto del consumo de dietas a base de *artocarpus altilis* y *theobroma cacao* sobre la degradación ruminal de los nutrientes en bovinos. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Universidad técnica de Ambato.

Menke, K. y Steingass H., (1988). Estimación del valor de la alimentación energética obtenido a partir del análisis químico y la producción de gas *in vitro* utilizando fluido ruminal. *Investigación y desarrollo animal*. Vol. 28: 7

Núñez T., Oscar P; Barros M.; Sánchez D. y Guishca C., (2018). “Comportamiento productivo, degradación ruminal y producción de gas *in vitro* en ovinos alimentados con dietas

a base de residuos pos-cosecha de *Chenopodium quinoa*". *Rev. investig. vet. Perú* [online]. Vol.29, n.3 [citado 2021-01-21], pp.765-773. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000300007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1609-9117.

Núñez T., y Barros M., (2019). Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 24-37. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812019000100004&lng=es&tlng=es.

Ørskov, E.R. y McDonald I., (1979) "Estimación de la degradabilidad de las proteínas en el rumen a partir de medidas de incubación ponderadas según la tasa de paso". *Revista de Ciencias Agrícolas*, Cambridge 92: 499-503.

Ortiz D., (2014). "Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes.". s.l.:s.n.

Pachas N., (2010). Leucaena en pastoreo intensivo. [En línea] Available at: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-leucaena_en_pastoreo_intensivo.pdf [Último acceso: 12 noviembre 2019].

Quispe P., Magda H., Loza M., Manuel G., Achu N., Rojas P., Chura-Limachi F., y Quispe P., Cesar H., (2017). Evaluación del efecto de suplemento de heno fortificado y concentrado en la producción de leche de bovinos (*Bos taurus L.*) durante la época seca en la comunidad Achaca-Tiahuanacu. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(1), 13-37. Recuperado en 21 de enero de 2021, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000100003&lng=es&tlng=es.

Ramírez, C., (2019). "Degradabilidad ruminal en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es la moringa (*Moringa oleifera Lam.*)", Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Riascos Vallejos, A. R., Reyes González, J. J., Valenciaga Gutiérrez, D., & Apráez Mengfei Lin, Junjie Zhang, Xiaoyang Chen, (2018). Bioactive flavonoids in *Moringa oleifera* and their health-promoting properties, *Journal of Functional Foods*, Volume 47, Pages 469-479, ISSN 1756-4646, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.011>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464618303074>)

Romero L., (2018). Determinación de la degradabilidad ruminal *in situ* del pasto maralfalfa (*pennisetum sp.*) En dos edades de corte en vacas lecheras. Perú: s.n.

Sanders E., (2008). Digestión en retículo-rumen, Uruguay: Producción Animal Y Pasturas - *Curso De Anatomía Y Fisiología Animal*, Universidad de Montevideo.

Sandoval (2016). *Moringa oleifera* en alimentación animal, Guatemala, Guatemala: Escuela de Zootecnia, *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Soliva C., (2003). Suppression of ruminal methanogenesis by dietary means: Apparent inconsistency between methane release and counts of microbes Involved in methanogenesis.

Sun J., (2017). Caracterización de colonias microbiales fecales de vacas lecheras alimentadas, Guangdong, China.: s.n.

Theodorou M., (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal feed science and technology. s.l.:s.n.

Torres G., (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (Celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes. s.l.:s.n.

ANEXOS

ANEXO 1. Datos degradación in situ

| tratamami entos | | repetic/ toro | hor as | # BOLS A | TO RO | PESO BOLSA | PESO MUES TRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|------------------|-----------|----------------|----------|---------------|---------------------|-----|-----|--------|----|------|----|-------|-------|-----|-----|--------|----|------|----|-------|-------|-----|-----|--------|----|------|---|-------|-------|-----|-----|--------|----|------|----|-------|-------|-----|-----|--------|
| MAF | 1 | 1 | 96 | MAF1 | 8 | 0,787 | 3,904 | 1,7 | 0,9 | 75,025 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 62 | 75 | 6148 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | MAF | 1 | 1 | 72 | MAF6 | 8 | 0,764 | 2,909 | 1,5 | 0,8 | 72,499 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 64 | 00 | 1406 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 1 | 48 | MAF5 | 1 | 0,644 | 2,902 | 1,5 | 0,8 | 70,503 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 00 | 56 | 1013 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 1 | 24 | MAF5 | 6 | 0,652 | 1,908 | 1,3 | 0,7 | 62,631 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 65 | 13 | 0273 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 1 | 12 | MAF1 | 01 | 0,64 | 1,907 | 1,6 | 0,9 | 49,554 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 02 | 62 | 2737 |
| MAF | 1 | 1 | 6 | MAF1 | 06 | 0,662 | 1,902 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 1,1 | 40,378 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 96 | 34 | 5489 |
| | | | | | | | | MAF | 1 | 2 | 96 | MAF2 | 11 | 0,791 | 3,909 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 1,0 | 74,290 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 96 | 05 | 0998 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 2 | 72 | MAF7 | 11 | 0,784 | 2,916 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 0,9 | 66,803 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 52 | 68 | 8409 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 2 | 48 | MAF5 | 2 | 0,676 | 2,901 | | | | | | | | | 1,7 | 1,0 | 63,495 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 | 59 | 3464 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 2 | 24 | MAF5 | 7 | 0,636 | 1,904 | 1,3 | 0,7 | 61,186 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 75 | 39 | 9748 |
| MAF | 1 | 2 | 12 | MAF1 | 02 | 0,661 | 1,904 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,5 | 0,8 | 53,308 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | 89 | 8235 |
| | | | | | | | | MAF | 1 | 2 | 6 | MAF1 | 07 | 0,68 | 1,912 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 1,0 | 43,305 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 64 | 84 | 4393 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 3 | 96 | MAF3 | 7 | 0,802 | 3,911 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,7 | 0,9 | 74,993 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 80 | 78 | 6078 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAF | 1 | 3 | 72 | MAF8 | 7 | 0,791 | 2,903 | | | | | | | | | 1,7 | 0,9 | 66,965 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | 59 | 2084 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------------|---|-------|-------|-----------|-----------|----------------|
| MAF | 1 | 3 | 48 | MAF5 3 | 7 | 0,689 | 2,908 | 1,7 29 | 1,0 40 | 64,236 5887 |
| MAF | 1 | 3 | 24 | MAF5 8 | 7 | 0,656 | 1,909 | 1,4 46 | 0,7 90 | 58,617 077 |
| MAF | 1 | 3 | 12 | MAF1 03 | 7 | 0,662 | 1,902 | 1,5 82 | 0,9 20 | 51,629 8633 |
| MAF | 1 | 3 | 6 | MAF1 08 | 7 | 0,667 | 1,9 | 1,7 82 | 1,1 15 | 41,315 7895 |
| MAF | 1 | 4 | 96 | MAF4 | 6 | 0,773 | 3,904 | 1,7 67 | 0,9 94 | 74,538 9344 |
| MAF | 1 | 4 | 72 | MAF9 | 6 | 0,796 | 2,913 | 1,6 25 | 0,8 29 | 71,541 3663 |
| MAF | 1 | 4 | 48 | MAF5 4 | 6 | 0,654 | 2,906 | 1,6 01 | 0,9 47 | 67,412 2505 |
| MAF | 1 | 4 | 24 | MAF5 9 | 6 | 0,67 | 1,91 | 1,3 70 | 0,7 00 | 63,350 7853 |
| MAF | 1 | 4 | 12 | MAF1 04 | 6 | 0,656 | 1,903 | 1,5 10 | 0,8 54 | 55,123 4892 |
| MAF | 1 | 4 | 6 | MAF1 09 | 6 | 0,62 | 1,901 | 1,7 58 | 1,1 38 | 40,136 7701 |
| MAF | 1 | 5 | 96 | MAF5 | 3 | 0,779 | 3,91 | 1,7 27 | 0,9 48 | 75,754 4757 |
| MAF | 1 | 5 | 72 | MAF1 0 | 3 | 0,779 | 2,903 | 1,5 46 | 0,7 67 | 73,579 0561 |
| MAF | 1 | 5 | 48 | MAF5 5 | 3 | 0,679 | 2,902 | 1,5 41 | 0,8 62 | 70,296 3473 |
| MAF | 1 | 5 | 24 | MAF6 0 | 3 | 0,661 | 1,9 | 1,3 66 | 0,7 05 | 62,894 7368 |
| MAF | 1 | 5 | 12 | MAF1 05 | 3 | 0,663 | 1,905 | 1,6 44 | 0,9 81 | 55,118 1102 |
| MAF | 1 | 5 | 6 | MAF1 10 | 3 | 0,652 | 1,902 | 1,5 07 | 0,8 55 | 54,206 0988 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------|----|-------|-------|-----|-----|--------|
| | | | | M201 | | | | 1,6 | 0,8 | 77,729 |
| M20 | 2 | 1 | 96 | 1 | 8 | 0,761 | 3,911 | 32 | 71 | 481 |
| | | | | M201 | | | | 1,4 | 0,6 | 77,002 |
| M20 | 2 | 1 | 72 | 6 | 8 | 0,777 | 2,909 | 46 | 69 | 4063 |
| | | | | M206 | | | | 1,4 | 0,7 | 74,337 |
| M20 | 2 | 1 | 48 | 1 | 8 | 0,656 | 2,907 | 02 | 46 | 8053 |
| | | | | M206 | | | | 1,2 | 0,5 | 70,136 |
| M20 | 2 | 1 | 24 | 6 | 8 | 0,645 | 1,902 | 13 | 68 | 6982 |
| | | | | M201 | | | | 1,5 | 0,8 | 55,934 |
| M20 | 2 | 1 | 12 | 11 | 8 | 0,662 | 1,904 | 01 | 39 | 8739 |
| | | | | M201 | | | | 1,7 | 1,0 | 44,871 |
| M20 | 2 | 1 | 6 | 16 | 8 | 0,659 | 1,901 | 07 | 48 | 1205 |
| | | | | M201 | | | | 1,6 | 0,8 | 77,561 |
| M20 | 2 | 2 | 96 | 2 | 11 | 0,757 | 3,913 | 35 | 78 | 9729 |
| | | | | M201 | | | | 1,5 | 0,7 | 72,886 |
| M20 | 2 | 2 | 72 | 7 | 11 | 0,771 | 2,91 | 60 | 89 | 5979 |
| | | | | M206 | | | | 1,5 | 0,9 | 68,020 |
| M20 | 2 | 2 | 48 | 2 | 11 | 0,668 | 2,905 | 97 | 29 | 654 |
| | | | | M206 | | | | 1,2 | 0,6 | 67,665 |
| M20 | 2 | 2 | 24 | 7 | 11 | 0,646 | 1,902 | 61 | 15 | 6151 |
| | | | | M201 | | | | 1,4 | 0,8 | 57,210 |
| M20 | 2 | 2 | 12 | 12 | 11 | 0,653 | 1,907 | 69 | 16 | 2779 |
| | | | | M201 | | | | 1,6 | 0,9 | 49,869 |
| M20 | 2 | 2 | 6 | 17 | 11 | 0,659 | 1,913 | 18 | 59 | 3152 |
| | | | | M201 | | | | 1,6 | 0,8 | 78,403 |
| M20 | 2 | 3 | 96 | 3 | 7 | 0,771 | 3,908 | 15 | 44 | 2753 |
| | | | | M201 | | | | 1,6 | 0,8 | 71,128 |
| M20 | 2 | 3 | 72 | 8 | 7 | 0,795 | 2,906 | 34 | 39 | 6992 |
| | | | | M206 | | | | 1,5 | 0,9 | 68,535 |
| M20 | 2 | 3 | 48 | 3 | 7 | 0,657 | 2,908 | 72 | 15 | 0757 |
| | | | | M206 | | | | 1,3 | 0,6 | 63,583 |
| M20 | 2 | 3 | 24 | 8 | 7 | 0,642 | 1,903 | 35 | 93 | 815 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------------|---|-------|-------|-----------|-----------|----------------|
| M20 | 2 | 3 | 12 | M201 13 | 7 | 0,655 | 1,907 | 1,5 04 | 0,8 49 | 55,479 8112 |
| M20 | 2 | 3 | 6 | M201 18 | 7 | 0,649 | 1,905 | 1,5 69 | 0,9 20 | 51,706 0367 |
| M20 | 2 | 4 | 96 | M201 4 | 6 | 0,779 | 3,906 | 1,5 97 | 0,8 18 | 79,057 8597 |
| M20 | 2 | 4 | 72 | M201 9 | 6 | 0,791 | 2,901 | 1,5 33 | 0,7 42 | 74,422 6129 |
| M20 | 2 | 4 | 48 | M206 4 | 6 | 0,639 | 2,909 | 1,4 19 | 0,7 80 | 73,186 6621 |
| M20 | 2 | 4 | 24 | M206 9 | 6 | 0,644 | 1,908 | 1,2 37 | 0,5 93 | 68,920 3354 |
| M20 | 2 | 4 | 12 | M201 14 | 6 | 0,644 | 1,905 | 1,4 05 | 0,7 61 | 60,052 4934 |
| M20 | 2 | 4 | 6 | M201 19 | 6 | 0,66 | 1,907 | 1,6 15 | 0,9 55 | 49,921 3424 |
| M20 | 2 | 5 | 96 | M201 5 | 3 | 0,771 | 3,905 | 1,6 11 | 0,8 40 | 78,489 1165 |
| M20 | 2 | 5 | 72 | M202 0 | 3 | 0,784 | 2,914 | 1,4 22 | 0,6 38 | 78,105 6966 |
| M20 | 2 | 5 | 48 | M206 5 | 3 | 0,661 | 2,907 | 1,4 11 | 0,7 50 | 74,200 2064 |
| M20 | 2 | 5 | 24 | M207 0 | 3 | 0,654 | 1,905 | 1,2 46 | 0,5 92 | 68,923 8845 |
| M20 | 2 | 5 | 12 | M201 15 | 3 | 0,64 | 1,909 | 1,4 99 | 0,8 59 | 55,002 6192 |
| M20 | 2 | 5 | 6 | M201 20 | 3 | 0,635 | 1,902 | 1,7 52 | 1,1 17 | 41,272 3449 |
| M40 | 3 | 1 | 96 | M402 1 | 8 | 0,753 | 3,904 | 1,4 94 | 0,7 41 | 81,019 4672 |
| M40 | 3 | 1 | 72 | M402 6 | 8 | 0,799 | 2,904 | 1,3 61 | 0,5 62 | 80,647 3829 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------|----|-------|-------|-----|-----|--------|
| | | | | M407 | | | | 1,2 | 0,5 | 79,965 |
| M40 | 3 | 1 | 48 | 1 | 8 | 0,658 | 2,905 | 40 | 82 | 5766 |
| | | | | M407 | | | | 1,1 | 0,4 | 76,337 |
| M40 | 3 | 1 | 24 | 6 | 8 | 0,665 | 1,906 | 16 | 51 | 8804 |
| | | | | M401 | | | | 1,3 | 0,7 | 62,743 |
| M40 | 3 | 1 | 12 | 21 | 8 | 0,644 | 1,903 | 53 | 09 | 0373 |
| | | | | M401 | | | | 1,5 | 0,9 | 51,970 |
| M40 | 3 | 1 | 6 | 26 | 8 | 0,673 | 1,903 | 87 | 14 | 5728 |
| | | | | M402 | | | | 1,5 | 0,7 | 81,555 |
| M40 | 3 | 2 | 96 | 2 | 11 | 0,783 | 3,909 | 04 | 21 | 385 |
| | | | | M402 | | | | 1,4 | 0,6 | 78,198 |
| M40 | 3 | 2 | 72 | 7 | 11 | 0,773 | 2,908 | 07 | 34 | 0743 |
| | | | | M407 | | | | 1,4 | 0,7 | 74,673 |
| M40 | 3 | 2 | 48 | 2 | 11 | 0,665 | 2,906 | 01 | 36 | 0902 |
| | | | | M407 | | | | 1,1 | 0,5 | 71,030 |
| M40 | 3 | 2 | 24 | 7 | 11 | 0,646 | 1,902 | 97 | 51 | 4942 |
| | | | | M401 | | | | 1,2 | 0,6 | 66,176 |
| M40 | 3 | 2 | 12 | 22 | 11 | 0,644 | 1,904 | 88 | 44 | 4706 |
| | | | | M401 | | | | 1,5 | 0,8 | 55,497 |
| M40 | 3 | 2 | 6 | 27 | 11 | 0,679 | 1,91 | 29 | 50 | 3822 |
| | | | | M402 | | | | 1,5 | 0,7 | 81,706 |
| M40 | 3 | 3 | 96 | 3 | 7 | 0,793 | 3,903 | 07 | 14 | 3797 |
| | | | | M402 | | | | 1,4 | 0,6 | 79,277 |
| M40 | 3 | 3 | 72 | 8 | 7 | 0,802 | 2,905 | 04 | 02 | 1084 |
| | | | | M407 | | | | 1,3 | 0,7 | 75,517 |
| M40 | 3 | 3 | 48 | 3 | 7 | 0,662 | 2,9 | 72 | 10 | 2414 |
| | | | | M407 | | | | 1,2 | 0,5 | 69,594 |
| M40 | 3 | 3 | 24 | 8 | 7 | 0,638 | 1,901 | 16 | 78 | 95 |
| | | | | M401 | | | | 1,3 | 0,6 | 64,950 |
| M40 | 3 | 3 | 12 | 23 | 7 | 0,646 | 1,903 | 13 | 67 | 0788 |
| | | | | M401 | | | | 1,4 | 0,7 | 58,425 |
| M40 | 3 | 3 | 6 | 28 | 7 | 0,659 | 1,905 | 51 | 92 | 1969 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|------------|----|-------|-------|-----------|-----------|----------------|
| L20 | 4 | 1 | 24 | L2086 | 8 | 0,654 | 1,907 | 1,3 48 | 0,6 94 | 63,607 7609 |
| L20 | 4 | 1 | 12 | L2013 1 | 8 | 0,664 | 1,906 | 1,5 51 | 0,8 87 | 53,462 7492 |
| L20 | 4 | 1 | 6 | L2013 6 | 8 | 0,67 | 1,905 | 1,7 89 | 1,1 19 | 41,259 8425 |
| L20 | 4 | 2 | 96 | L2032 | 11 | 0,794 | 3,908 | 1,7 36 | 0,9 42 | 75,895 5988 |
| L20 | 4 | 2 | 72 | L2037 | 11 | 0,654 | 2,914 | 1,4 39 | 0,7 85 | 73,061 0844 |
| L20 | 4 | 2 | 48 | L2082 | 11 | 0,658 | 2,904 | 1,6 35 | 0,9 77 | 66,356 7493 |
| L20 | 4 | 2 | 24 | L2087 | 11 | 0,635 | 1,908 | 1,3 42 | 0,7 07 | 62,945 4927 |
| L20 | 4 | 2 | 12 | L2013 2 | 11 | 0,655 | 1,906 | 1,5 25 | 0,8 70 | 54,354 6695 |
| L20 | 4 | 2 | 6 | L2013 7 | 11 | 0,657 | 1,906 | 1,7 29 | 1,0 72 | 43,756 5582 |
| L20 | 4 | 3 | 96 | L2033 | 7 | 0,793 | 3,905 | 1,7 26 | 0,9 33 | 76,107 5544 |
| L20 | 4 | 3 | 72 | L2038 | 7 | 0,634 | 2,918 | 1,4 93 | 0,8 59 | 70,562 0288 |
| L20 | 4 | 3 | 48 | L2083 | 7 | 0,664 | 2,902 | 1,6 63 | 0,9 99 | 65,575 4652 |
| L20 | 4 | 3 | 24 | L2088 | 7 | 0,624 | 1,901 | 1,3 90 | 0,7 66 | 59,705 4182 |
| L20 | 4 | 3 | 12 | L2013 3 | 7 | 0,664 | 1,903 | 1,5 85 | 0,9 21 | 51,602 7325 |
| L20 | 4 | 3 | 6 | L2013 8 | 7 | 0,62 | 1,91 | 1,7 90 | 1,1 70 | 38,743 4555 |
| L20 | 4 | 4 | 96 | L2034 | 6 | 0,8 | 3,905 | 1,7 50 | 0,9 50 | 75,672 2151 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------------|---|-------|-------|-----------|-----------|----------------|
| L20 | 4 | 4 | 72 | L2039 | 6 | 0,662 | 2,919 | 1,4 01 | 0,7 39 | 74,683 1107 |
| L20 | 4 | 4 | 48 | L2084 | 6 | 0,667 | 2,902 | 1,4 79 | 0,8 12 | 72,019 297 |
| L20 | 4 | 4 | 24 | L2089 | 6 | 0,638 | 1,903 | 1,3 43 | 0,7 05 | 62,953 2317 |
| L20 | 4 | 4 | 12 | L2013 4 | 6 | 0,631 | 1,16 | 1,4 33 | 0,8 02 | 30,862 069 |
| L20 | 4 | 4 | 6 | L2013 9 | 6 | 0,68 | 1,906 | 1,7 49 | 1,0 69 | 43,913 9559 |
| L20 | 4 | 5 | 96 | L2035 | 3 | 0,778 | 3,903 | 1,7 57 | 0,9 79 | 74,916 7307 |
| L20 | 4 | 5 | 72 | L2040 | 3 | 0,647 | 2,904 | 1,3 13 | 0,6 66 | 77,066 1157 |
| L20 | 4 | 5 | 48 | L2085 | 3 | 0,672 | 2,903 | 1,4 85 | 0,8 13 | 71,994 4885 |
| L20 | 4 | 5 | 24 | L2090 | 3 | 0,642 | 1,902 | 1,3 14 | 0,6 72 | 64,668 7697 |
| L20 | 4 | 5 | 12 | L2013 5 | 3 | 0,685 | 1,902 | 1,6 43 | 0,9 58 | 49,631 9664 |
| L20 | 4 | 5 | 6 | L2014 0 | 3 | 0,674 | 1,912 | 1,5 36 | 0,8 62 | 54,916 318 |
| L40 | 5 | 1 | 96 | L4041 | 8 | 0,78 | 3,9 | 1,6 79 | 0,8 99 | 76,948 7179 |
| L40 | 5 | 1 | 72 | L4046 | 8 | 0,651 | 2,91 | 1,3 14 | 0,6 63 | 77,216 4948 |
| L40 | 5 | 1 | 48 | L4091 | 8 | 0,651 | 2,905 | 1,4 00 | 0,7 49 | 74,216 8675 |
| L40 | 5 | 1 | 24 | L4096 | 8 | 0,651 | 1,907 | 1,2 85 | 0,6 34 | 66,754 064 |
| L40 | 5 | 1 | 12 | L4014 1 | 8 | 0,652 | 1,907 | 1,5 19 | 0,8 67 | 54,535 9203 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|-----------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|------------|---------------|
| | | | | L4014 | | | | 1,7 | 1,1 | 40,347 |
| L40 | 5 | 1 | 6 | 6 | 8 | 0,664 | 1,901 | 98 | 34 | 1857 |
| L40 | 5 | 2 | 96 | L4042 | 11 | 0,756 | 3,906 | 23 | 0,9 | 75,243 |
| L40 | 5 | 2 | 72 | L4047 | 11 | 0,651 | 2,91 | 91 | 0,7 | 74,570 |
| L40 | 5 | 2 | 48 | L4092 | 11 | 0,658 | 2,908 | 20 | 0,9 | 66,918 |
| L40 | 5 | 2 | 24 | L4097 | 11 | 0,654 | 1,908 | 03 | 0,6 | 65,985 |
| L40 | 5 | 2 | 12 | L4014 | 11 | 0,66 | 1,9 | 21 | 0,7 | 59,947 |
| L40 | 5 | 2 | 6 | L4014 | 11 | 0,665 | 1,903 | | - | |
| | | | | | | | | | 0,6 | 134,94 |
| L40 | 5 | 2 | 6 | 7 | 11 | 0,665 | 1,903 | | 65 | 4824 |
| L40 | 5 | 3 | 96 | L4043 | 7 | 0,775 | 3,902 | 09 | 1,7 | 76,063 |
| L40 | 5 | 3 | 72 | L4048 | 7 | 0,657 | 2,903 | 90 | 0,9 | 76,063 |
| L40 | 5 | 3 | 72 | L4048 | 7 | 0,657 | 2,903 | 90 | 0,7 | 74,750 |
| L40 | 5 | 3 | 48 | L4093 | 7 | 0,666 | 2,903 | 16 | 0,9 | 67,275 |
| L40 | 5 | 3 | 24 | L4098 | 7 | 0,655 | 1,904 | 16 | 0,6 | 65,283 |
| L40 | 5 | 3 | 12 | L4014 | 7 | 0,654 | 1,909 | 42 | 0,7 | 58,721 |
| L40 | 5 | 3 | 12 | 3 | 7 | 0,654 | 1,909 | 42 | 0,7 | 58,721 |
| L40 | 5 | 3 | 6 | L4014 | 7 | 0,667 | 1,902 | 57 | 1,0 | 42,691 |
| L40 | 5 | 3 | 6 | 8 | 7 | 0,667 | 1,902 | 57 | 1,0 | 42,691 |
| L40 | 5 | 4 | 96 | L4044 | 6 | 0,768 | 3,918 | 56 | 0,8 | 77,335 |
| L40 | 5 | 4 | 96 | L4044 | 6 | 0,768 | 3,918 | 56 | 0,8 | 77,335 |
| L40 | 5 | 4 | 72 | L4049 | 6 | 0,66 | 2,913 | 46 | 0,6 | 76,450 |
| L40 | 5 | 4 | 72 | L4049 | 6 | 0,66 | 2,913 | 46 | 0,6 | 76,450 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----------|---|----|------------|---|-------|-------|-----------|-----------|----------------|
| L40 | 5 | 4 | 48 | L4094 | 6 | 0,658 | 2,907 | 1,4 92 | 0,8 34 | 71,310 6295 |
| L40 | 5 | 4 | 24 | L4099 | 6 | 0,643 | 1,905 | 1,3 29 | 0,6 86 | 63,989 5013 |
| L40 | 5 | 4 | 12 | L4014 4 | 6 | 0,665 | 1,906 | 1,3 72 | 0,7 07 | 62,906 6107 |
| L40 | 5 | 4 | 6 | L4014 9 | 6 | 0,663 | 1,91 | 1,7 25 | 1,0 62 | 44,397 9058 |
| L40 | 5 | 5 | 96 | L4045 | 3 | 0,817 | 3,912 | 1,7 04 | 0,8 87 | 77,326 1759 |
| L40 | 5 | 5 | 72 | L4050 | 3 | 0,662 | 2,904 | 1,2 92 | 0,6 30 | 78,305 7851 |
| L40 | 5 | 5 | 48 | L4095 | 3 | 0,668 | 2,902 | 1,4 02 | 0,7 34 | 74,707 0986 |
| L40 | 5 | 5 | 24 | L4100 | 3 | 0,643 | 1,904 | 1,2 73 | 0,6 30 | 66,911 7647 |
| L40 | 5 | 5 | 12 | L4014 5 | 3 | 0,654 | 1,902 | 1,4 82 | 0,8 28 | 56,466 877 |
| L40 | 5 | 5 | 6 | L4015 0 | 3 | 0,672 | 1,901 | 1,7 97 | 1,1 25 | 40,820 6207 |

ANEXO 2. Potencial de degradación

| POTENCIAL DE DEGRADACIÓN | | | | DEGRADACION EFECTIVA | | | DE = a + [(b*c)/(c + k)] | |
|--------------------------|-----------|-----------|-------------|----------------------|----------------|----------------|--------------------------|------|
| a | b | c | A+ B | 0,02 | 0,05 | 0,08 | | |
| 1 | 26, 63 | 47, 59 | 0,056 26 | 74, 2 | 61,7390 139 | 51,8268 135 | 46,2792 984 | |
| 1 | 37, 28 | 33, 53 | 0,044 66 | 70, 8 | 60,4388 277 | 53,0992 457 | 49,2922 718 | |
| 1 | 36, 89 | 36, 31 | 0,034 | 73, 2 | 59,7518 519 | 51,5869 048 | 47,7192 982 | |
| 1 | 22, 85 | 48, 84 | 0,078 92 | 71, 7 | 61,8153 538 | 52,7480 205 | 47,1040 448 | |
| 1 | 48, 96 | 29, 39 | 0,025 73 | 78, 4 | 65,4962 935 | 58,9455 368 | 56,1122 245 | 73,7 |
| 2 | 25, 48 | 51, 58 | 0,077 36 | 77, 1 | 66,4642 728 | 56,8103 141 | 50,8373 259 | |
| 2 | 41, 92 | 32, 9 | 0,050 95 | 74, 8 | 65,5458 633 | 58,5248 044 | 54,7207 255 | |
| 2 | 48, 68 | 32, 42 | 0,020 55 | 81, 1 | 65,1098 644 | 58,1233 877 | 55,3058 677 | |
| 2 | 37, 51 | 38, 85 | 0,067 75 | 76, 4 | 67,5052 991 | 59,8631 847 | 55,3244 67 | |
| 2 | 20, 56 | 57, 13 | 0,075 99 | 77, 7 | 65,7866 767 | 55,0175 657 | 48,3906 859 | 77,4 |
| 3 | 30, 45 | 50, 51 | 0,090 17 | 81, 0 | 71,7905 346 | 62,9425 926 | 57,2143 339 | |
| 3 | 48, 09 | 31, 25 | 0,056 55 | 79, 3 | 71,1754 017 | 64,6755 232 | 61,0316 88 | |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-------------|----------|----------------|----------------|----------------|------|--|
| 3 | 54, 7 | 27, 72 | 0,031 69 | 82, 4 | 71,6945 212 | 65,4534 19 | 62,5650 443 | | |
| 3 | 44, 35 | 35, 71 | 0,076 38 | 80, 1 | 72,6497 489 | 65,9319 734 | 61,7916 792 | | |
| 3 | 1,7 05 | 78, 44 | 0,138 2 | 80, 1 | 70,2284 387 | 59,3054 676 | 51,3860 632 | 80,6 | |
| 4 | 27, 59 | 48, 71 | 0,058 24 | 76, 3 | 63,8485 685 | 53,7990 761 | 48,1113 426 | | |
| 4 | 36, 43 | 38, 08 | 0,044 9 | 74, 5 | 62,7750 231 | 54,4467 756 | 50,1192 874 | | |
| 4 | 31, 1 | 42, 79 | 0,043 64 | 73, 9 | 60,4424 827 | 51,0418 582 | 46,2031 673 | | |
| 4 | 25, 54 | 53, 14 | 0,037 39 | 78, 7 | 60,1610 943 | 48,2760 636 | 42,4656 717 | | |
| 4 | 45, 34 | 33, 2 | 0,031 61 | 78, 5 | 65,6742 763 | 58,1993 555 | 54,7428 492 | 76,4 | |
| 5 | 20, 84 | 55, 96 | 0,073 45 | 76, 8 | 64,8235 42 | 54,1349 534 | 47,6256 761 | | |
| 5 | 12, 72 | 59, 25 | 0,118 4 | 72, 0 | 63,4078 613 | 54,3779 572 | 48,0788 71 | | |
| 5 | 25, 02 | 48, 08 | 0,084 33 | 73, 1 | 63,8830 921 | 55,2037 743 | 49,6934 4 | | |
| 5 | 31, 55 | 43, 84 | 0,072 7 | 75, 4 | 65,9315 318 | 57,5252 893 | 52,4220 891 | | |
| 5 | 21, 23 | 56, 08 | 0,075 43 | 77, 3 | 65,5568 825 | 54,9549 015 | 48,4455 594 | 74,9 | |

ANEXO 3. Producción de gases efecto invernadero metano CH4 y dióxido de carbono CO2 *in vitro*

| TRATAMIENTOS | | CONTENIDO-frasco g | HORAS | CODIGO | PRESIÓN | VOLUMEN | VOLUMEN AJUSTADO | pro/gas/ ml/h | acum/ml /h | ml/gas/g MS | mlgas/M S incu | prod gas ml 0.500mg |
|--------------|---|-----------------------|-------|--------|---------|---------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| MA | 1 | 0,501 | 3 | MAG1 | 3,02 | 20 | 19,323766 | 6,4412553 33 | 19,32376 6 | 38,57039 122 | 19,28519 561 | 26,16715 82 |
| MA | 1 | 0,501 | 6 | MAG1 | 1,54 | 9,03 | 9,928282 | 3,3094273 33 | 29,25204 8 | 58,38732 136 | 29,19366 068 | 39,61147 99 |
| MA | 1 | 0,501 | 9 | MAG1 | 1,69 | 12 | 10,880527 | 3,6268423 33 | 40,13257 5 | 80,10494 012 | 40,05247 006 | 54,34527 82 |
| MA | 1 | 0,501 | 12 | MAG1 | 1,83 | 11,5 | 11,769289 | 3,9230963 33 | 51,90186 4 | 103,5965 349 | 51,79826 747 | 70,28258 81 |
| MA | 1 | 0,501 | 24 | MAG1 | 4,02 | 25,5 | 25,672066 | 2,1393388 33 | 77,57393 | 154,8381 836 | 77,41909 182 | 105,0462 58 |
| MA | 1 | 0,501 | 48 | MAG1 | 4,43 | 28,5 | 28,274869 | 1,1781195 42 | 105,8487 99 | 211,2750 479 | 105,6375 24 | 143,3344 97 |
| MA | 1 | 0,501 | 72 | MAG1 | 3,47 | 21,5 | 22,180501 | 0,9241875 42 | 128,0293 | 255,5475 05 | 127,7737 525 | 173,3700 85 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|----|------|------|------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MA | 1 | 0,501 | 96 | MAG1 | 2,63 | 13,5 | 16,847929 | 0,7019970 42 | 144,8772 29 | 289,1761 058 | 144,5880 529 | 196,1846 04 |
| MA | 1 | 0,510 | 3 | MAG2 | 3,3 | 20,5 | 20,31128 | 6,7704266 67 | 20,31128 | 39,82603 922 | 19,91301 961 | 27,01902 25 |
| MA | 1 | 0,510 | 6 | MAG2 | 1,46 | 9 | 9,060416 | 3,0201386 67 | 29,37169 6 | 57,59156 078 | 28,79578 039 | 39,07161 52 |
| MA | 1 | 0,510 | 9 | MAG2 | 1,64 | 10 | 10,161044 | 3,3870146 67 | 39,53274 | 77,51517 647 | 38,75758 824 | 52,58831 51 |
| MA | 1 | 0,510 | 12 | MAG2 | 1,73 | 11 | 10,711358 | 3,5704526 67 | 50,24409 8 | 98,51783 922 | 49,25891 961 | 66,83706 87 |
| MA | 1 | 0,510 | 24 | MAG2 | 4,41 | 27 | 27,098486 | 2,2582071 67 | 77,34258 4 | 151,6521 255 | 75,82606 275 | 102,8847 53 |
| MA | 1 | 0,510 | 48 | MAG2 | 4,29 | 29 | 26,364734 | 1,0985305 83 | 103,7073 18 | 203,3476 824 | 101,6738 412 | 137,9563 65 |
| MA | 1 | 0,510 | 72 | MAG2 | 2,13 | 13 | 13,157198 | 0,5482165 83 | 116,8645 16 | 229,1461 098 | 114,5730 549 | 155,4586 91 |
| MA | 1 | 0,510 | 96 | MAG2 | 2,12 | 8 | 13,096052 | 0,5456688 33 | 129,9605 68 | 254,8246 431 | 127,4123 216 | 172,8796 76 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|----|------|------|------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MA | 1 | 0,502 | 3 | MAG3 | 3,88 | 23 | 24,22646 | 8,0754866 67 | 24,22646 | 48,25988 048 | 24,12994 024 | 32,74076 02 |
| MA | 1 | 0,502 | 6 | MAG3 | 1,52 | 9,02 | 9,39504 | 3,13168 | 33,6215 | 66,97509 96 | 33,48754 98 | 45,43765 24 |
| MA | 1 | 0,502 | 9 | MAG3 | 1,53 | 9,9 | 9,457885 | 3,1526283 33 | 43,07938 5 | 85,81550 797 | 42,90775 398 | 58,21947 62 |
| MA | 1 | 0,502 | 12 | MAG3 | 1,87 | 12 | 11,594615 | 3,8648716 67 | 54,674 | 108,9123 506 | 54,45617 53 | 73,88897 6 |
| MA | 1 | 0,502 | 24 | MAG3 | 2,37 | 15 | 14,736865 | 1,2280720 83 | 69,41086 5 | 138,2686 554 | 69,13432 769 | 93,80505 79 |
| MA | 1 | 0,502 | 48 | MAG3 | 4,66 | 30 | 29,12837 | 1,2136820 83 | 98,53923 5 | 196,2932 968 | 98,14664 841 | 133,1704 86 |
| MA | 1 | 0,502 | 72 | MAG3 | 3,4 | 21 | 21,2099 | 0,8837458 33 | 119,7491 35 | 238,5440 936 | 119,2720 468 | 161,8345 28 |
| MA | 1 | 0,502 | 96 | MAG3 | 0,45 | 2,5 | 2,670625 | 0,1112760 42 | 122,4197 6 | 243,8640 637 | 121,9320 319 | 165,4437 34 |
| MA | 1 | 0,510 | 3 | MAG4 | 3,39 | 21,8 | 22,089815 | 7,3632716 67 | 22,08981 5 | 43,31336 275 | 21,65668 137 | 29,38491 37 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|----|------|------|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| MA | 1 | 0,510 | 6 | MAG4 | 1,54 | 9,8 | 10,25259 | 3,41753 | 32,34240 | 63,41648 | 31,70824 | 43,02339 |
| | | | | | | | | 5 | | 039 | 02 | 24 |
| MA | 1 | 0,510 | 9 | MAG4 | 1,71 | 11 | 11,340335 | 3,7801116 | | 85,65243 | 42,82621 | 58,10884 |
| | | | | | | | | 67 | 43,68274 | 137 | 569 | 08 |
| MA | 1 | 0,510 | 12 | MAG4 | 1,78 | 12 | 11,78823 | 3,92941 | 55,47097 | 108,7666 | 54,38330 | 73,79010 |
| | | | | | | | | | | 078 | 392 | 03 |
| MA | 1 | 0,510 | 24 | MAG4 | 4,08 | 25 | 26,50478 | 2,2087316 | | 160,7367 | 80,36838 | 109,0480 |
| | | | | | | | | 67 | 81,97575 | 647 | 235 | 09 |
| MA | 1 | 0,510 | 48 | MAG4 | 4,61 | 31,5 | 29,895985 | 1,2456660 | 111,8717 | 219,3563 | 109,6781 | 148,8170 |
| | | | | | | | | 42 | 35 | 431 | 716 | 58 |
| MA | 1 | 0,510 | 72 | MAG4 | 0,66 | 5 | 4,62191 | 0,1925795 | 116,4936 | 228,4189 | 114,2094 | 154,9653 |
| | | | | | | | | 83 | 45 | 118 | 559 | 4 |
| MA | 1 | 0,510 | 96 | MAG4 | 0,97 | 7 | 6,605445 | 0,2752268 | 123,0990 | 241,3707 | 120,6853 | 163,7522 |
| | | | | | | | | 75 | 9 | 647 | 824 | 15 |
| MA | 1 | 0,507 | 3 | MAG5 | 4,29 | 27 | 27,03315 | 9,01105 | 27,03315 | 53,31982 | 26,65991 | 36,17355 |
| | | | | | | | | | | 249 | 124 | 66 |
| MA | 1 | 0,507 | 6 | MAG5 | 2,1 | 13,05 | 13,6632 | 4,5544 | 40,69635 | 80,26893 | 40,13446 | 54,45653 |
| | | | | | | | | | | 491 | 746 | 66 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|-------|----|------|------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| MA | 1 | 0,507 | 9 | MAG5 | 2,34 | 15 | 15,1284 | 5,0428 | 55,82475 | 110,1079 | 55,05399 | 74,70012 |
| | | | | | | | | | | 882 | 408 | 77 |
| MA | 1 | 0,507 | 12 | MAG5 | 2,28 | 15 | 14,7621 | 4,9207 | 70,58685 | 139,2245 | 69,61227 | 94,45356 |
| | | | | | | | | | | 562 | 811 | 6 |
| MA | 1 | 0,507 | 24 | MAG5 | 4,39 | 27,5 | 27,64365 | 2,3036375 | 98,2305 | 193,7485 | 96,87426 | 131,4440 |
| | | | | | | | | | | 207 | 036 | 44 |
| MA | 1 | 0,507 | 48 | MAG5 | 5,11 | 32,5 | 32,03925 | 1,3349687 | 130,2697 | 256,9423 | 128,4711 | 174,3163 |
| | | | | | | | | 5 | 5 | 077 | 538 | 55 |
| MA | 1 | 0,507 | 72 | MAG5 | 3,64 | 22 | 23,0649 | | 153,3346 | 302,4352 | 151,2176 | 205,1799 |
| | | | | | | | | 0,9610375 | 5 | 071 | 036 | 23 |
| MA | 1 | 0,507 | 96 | MAG5 | 2,6 | 18 | 16,7157 | | 170,0503 | 335,4050 | 167,7025 | 227,5475 |
| | | | | | | | | 0,6964875 | 5 | 296 | 148 | 1 |
| MA | 1 | 0,502 | 3 | MAG6 | 3,55 | 23,6 | 24,0991 | 8,0330333 | | 48,00617 | 24,00308 | |
| | | | | | | | | 33 | 24,0991 | 53 | 765 | 32,56864 |
| MA | 1 | 0,502 | 6 | MAG6 | 1,63 | 11 | 10,68214 | 3,5607133 | | 69,28533 | 34,64266 | 47,00497 |
| | | | | | | | | 33 | 34,78124 | 865 | 932 | 87 |
| MA | 1 | 0,502 | 9 | MAG6 | 1,82 | 12 | 12,00986 | 4,0032866 | | 93,20936 | 46,60468 | 63,23565 |
| | | | | | | | | 67 | 46,7911 | 255 | 127 | 98 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|----|-------|------|------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| MA | 1 | 0,502 | 12 | MAG6 | 2,12 | 14,5 | 14,10626 | 4,7020866 67 | 60,89736 | 121,3094 821 | 60,65474 104 | 82,29951 29 |
| MA | 1 | 0,502 | 24 | MAG6 | 2,52 | 16,9 | 16,90146 | 1,408455 | 77,79882 | 154,9777 291 | 77,48886 454 | 105,1409 29 |
| MA | 1 | 0,502 | 48 | MAG6 | 4,32 | 30 | 29,47986 | 1,2283275 | 107,2786 8 | 213,7025 498 | 106,8512 749 | 144,9813 77 |
| MA | 1 | 0,502 | 72 | MAG6 | 3,01 | 20 | 20,32558 | 0,8468991 67 | 127,6042 6 | 254,1917 53 | 127,0958 765 | 172,4503 07 |
| MA | 1 | 0,502 | 96 | MAG6 | 2,09 | 13,5 | 13,89662 | 0,5790258 33 | 141,5008 8 | 281,8742 629 | 140,9371 315 | 191,2308 43 |
| | | | | | | | | | | | | |
| M20 | 2 | 0,510 | 3 | M20 1 | 3 | 19,2 | 19,0653 | 6,3551 | 19,0653 | 37,38294 118 | 18,69147 059 | 24,14918 68 |
| M20 | 2 | 0,510 | 6 | M20 1 | 1,3 | 8,05 | 8,27608 | 2,7586933 33 | 27,34138 | 53,61054 902 | 26,80527 451 | 34,63213 76 |
| M20 | 2 | 0,510 | 9 | M20 1 | 1,74 | 11 | 11,068584 | 3,689528 | 38,40996 4 | 75,31365 49 | 37,65682 745 | 48,65223 18 |
| M20 | 2 | 0,510 | 12 | M20 1 | 1,8 | 11,5 | 11,44938 | 3,81646 | 49,85934 4 | 97,76341 961 | 48,88170 98 | 63,15466 38 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M20 | 2 | 0,510 | 24 | M20 1 | 3,8 | 24 | 24,14258 | 2,0118816 67 | 74,00192 4 | 145,1018 118 | 72,55090 588 | 93,73502 05 |
| M20 | 2 | 0,510 | 48 | M20 1 | 3,68 | 23,5 | 23,380988 | 0,9742078 33 | 97,38291 2 | 190,9468 863 | 95,47344 314 | 123,3507 02 |
| M20 | 2 | 0,510 | 72 | M20 1 | 1,81 | 11 | 11,512846 | 0,4797019 17 | 108,8957 58 | 213,5210 941 | 106,7605 471 | 137,9335 23 |
| M20 | 2 | 0,510 | 96 | M20 1 | 1,47 | 10 | 9,355002 | 0,3897917 5 | 118,2507 6 | 231,8642 353 | 115,9321 176 | 149,7830 98 |
| M20 | 2 | 0,507 | 3 | M20 2 | 3,95 | 24 | 24,211445 | 8,0704816 67 | 24,21144 5 | 47,75432 939 | 23,87716 469 | 30,84905 |
| M20 | 2 | 0,507 | 6 | M20 2 | 1,53 | 9 | 9,538743 | 3,179581 | 33,75018 8 | 66,56841 815 | 33,28420 907 | 43,00285 41 |
| M20 | 2 | 0,507 | 9 | M20 2 | 1,73 | 11 | 10,751363 | 3,5837876 67 | 44,50155 1 | 87,77426 233 | 43,88713 116 | 56,70171 98 |
| M20 | 2 | 0,507 | 12 | M20 2 | 1,86 | 11,7 | 11,539566 | 3,846522 | 56,04111 7 | 110,5347 475 | 55,26737 377 | 71,40487 57 |
| M20 | 2 | 0,507 | 24 | M20 2 | 3,89 | 24 | 23,847659 | 1,9873049 17 | 79,88877 6 | 157,5715 503 | 78,78577 515 | 101,7904 07 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| M20 | 2 | 0,507 | 48 | M20 2 | 0,96 | 6 | 6,082776 | 0,253449 | 85,97155 | 169,5691 | 84,78456 | 109,5407 |
| | | | | | | | | 2 | 2 | 361 | 805 | 86 |
| M20 | 2 | 0,507 | 72 | M20 2 | 2,3 | 14,2 | 14,20733 | 0,5919720 | 100,1788 | 197,5914 | 98,79574 | 127,6430 |
| | | | | | | | | 83 | 82 | 832 | 162 | 77 |
| M20 | 2 | 0,507 | 96 | M20 2 | 1,56 | 10 | 9,720636 | 0,4050265 | 109,8995 | 216,7643 | 108,3821 | 140,0286 |
| | | | | | | | | 18 | 18 | 353 | 677 | 4 |
| M20 | 2 | 0,509 | 3 | M20 3 | 4,16 | 26,7 | 26,397656 | 8,7992186 | 26,39765 | 51,86179 | 25,93089 | 33,50245 |
| | | | | | | | | 67 | 6 | 961 | 98 | 45 |
| M20 | 2 | 0,509 | 6 | M20 3 | 1,57 | 10 | 9,720387 | 3,240129 | 36,11804 | 70,95882 | 35,47941 | 45,83903 |
| | | | | | | | | 3 | 3 | 711 | 356 | 56 |
| M20 | 2 | 0,509 | 9 | M20 3 | 1,76 | 10,8 | 10,943816 | 3,6479386 | 47,06185 | 92,45944 | 46,22972 | 59,72832 |
| | | | | | | | | 67 | 9 | 794 | 397 | 55 |
| M20 | 2 | 0,509 | 12 | M20 3 | 1,91 | 12,5 | 11,909681 | 3,9698936 | 58,97154 | 115,8576 | 57,92882 | 74,84343 |
| | | | | | | | | 67 | 424 | 122 | 83 | |
| M20 | 2 | 0,509 | 24 | M20 3 | 4,43 | 29,3 | 28,136213 | 2,3446844 | 87,10775 | 171,1350 | 85,56753 | 110,5523 |
| | | | | | | | | 17 | 3 | 747 | 733 | 74 |
| M20 | 2 | 0,509 | 48 | M20 3 | 5,01 | 31 | 31,870891 | 1,3279537 | 118,9786 | 233,7497 | 116,8748 | 151,0011 |
| | | | | | | | | 92 | 44 | 917 | 959 | 57 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| M20 | 2 | 0,509 | 72 | M20 3 | 3,4 | 21 | 21,50394 | 0,8959975 | 140,4825 | 275,9972 | 137,9986 | 178,2927 |
| | | | | | | | | | 84 | 181 | 09 | 77 |
| M20 | 2 | 0,509 | 96 | M20 3 | 2,02 | 11,8 | 12,617982 | 0,5257492 | 153,1005 | 300,7869 | 150,3934 | 194,3068 |
| | | | | | | | | 5 | 66 | 666 | 833 | 26 |
| M20 | 2 | 0,503 | 3 | M20 4 | 3,95 | 24,8 | 25,096485 | | 25,09648 | 49,89360 | 24,94680 | 32,23101 |
| | | | | | | | | 8,365495 | 5 | 835 | 417 | 31 |
| M20 | 2 | 0,503 | 6 | M20 4 | 1,6 | 10 | 9,73148 | 3,2438266 | 34,82796 | 69,24048 | 34,62024 | 44,72899 |
| | | | | | | | | 67 | 5 | 708 | 354 | 68 |
| M20 | 2 | 0,503 | 9 | M20 4 | 1,86 | 11,2 | 11,431438 | 3,8104793 | 46,25940 | 91,96700 | 45,98350 | 59,41020 |
| | | | | | | | | 33 | 3 | 398 | 199 | 93 |
| M20 | 2 | 0,503 | 12 | M20 4 | 1,91 | 12 | 11,758353 | | 58,01775 | 115,3434 | 57,67172 | 74,51127 |
| | | | | | | | | 3,919451 | 6 | 513 | 565 | 34 |
| M20 | 2 | 0,503 | 24 | M20 4 | 4,01 | 25,5 | 25,488783 | 2,1240652 | 83,50653 | 166,0169 | 83,00848 | 107,2461 |
| | | | | | | | | 5 | 9 | 761 | 807 | 09 |
| M20 | 2 | 0,503 | 48 | M20 4 | 4,53 | 29,1 | 28,888699 | 1,2036957 | 112,3952 | 223,4497 | 111,7248 | 144,3474 |
| | | | | | | | | 92 | 38 | 773 | 887 | 01 |
| M20 | 2 | 0,503 | 72 | M20 4 | 2,98 | 18,8 | 18,754334 | 0,7814305 | 131,1495 | 260,7347 | 130,3673 | 168,4332 |
| | | | | | | | | 83 | 72 | 356 | 678 | 92 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M20 | 2 | 0,503 | 96 | M20 4 | 1,71 | 10,2 | 10,450693 | 0,4354455 42 | 141,6002 65 | 281,5114 612 | 140,7557 306 | 181,8549 49 |
| M20 | 2 | 0,512 | 3 | M20 5 | 4,63 | 30 | 29,824092 | 9,941364 | 29,82409 2 | 58,25017 969 | 29,12508 984 | 37,62931 5 |
| M20 | 2 | 0,512 | 6 | M20 5 | 1,82 | 11,8 | 11,479288 | 3,8264293 33 | 41,30338 | 80,67066 406 | 40,33533 203 | 52,11283 21 |
| M20 | 2 | 0,512 | 9 | M20 5 | 2,28 | 14,8 | 14,482352 | 4,8274506 67 | 55,78573 2 | 108,9565 078 | 54,47825 391 | 70,38534 1 |
| M20 | 2 | 0,512 | 12 | M20 5 | 2,12 | 13,5 | 13,437808 | 4,4792693 33 | 69,22354 | 135,2022 266 | 67,60111 328 | 87,33993 96 |
| M20 | 2 | 0,512 | 24 | M20 5 | 4,31 | 24 | 27,735004 | 2,3112503 33 | 96,95854 4 | 189,3721 563 | 94,68607 813 | 122,3334 34 |
| M20 | 2 | 0,512 | 48 | M20 5 | 4,72 | 30 | 30,411648 | 1,267152 | 127,3701 92 | 248,7699 063 | 124,3849 531 | 160,7040 74 |
| M20 | 2 | 0,512 | 72 | M20 5 | 3,07 | 20,2 | 19,639788 | 0,8183245 | 147,0099 8 | 287,1288 672 | 143,5644 336 | 185,4837 64 |
| M20 | 2 | 0,512 | 96 | M20 5 | 1,98 | 11,5 | 12,523832 | 0,5218263 33 | 159,5338 12 | 311,5894 766 | 155,7947 383 | 201,2851 92 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M20 | 2 | 0,520 | 3 | M20 6 | 4,34 | 26 | 25,450594 | 8,4835313 33 | 25,45059 4 | 48,94345 | 24,47172 5 | 31,61721 58 |
| M20 | 2 | 0,520 | 6 | M20 6 | 1,93 | 11,5 | 11,414513 | 3,8048376 67 | 36,86510 7 | 70,89443 654 | 35,44721 827 | 45,79743 96 |
| M20 | 2 | 0,520 | 9 | M20 6 | 2,34 | 13,9 | 13,802394 | 4,600798 | 50,66750 1 | 97,43750 192 | 48,71875 096 | 62,94412 27 |
| M20 | 2 | 0,520 | 12 | M20 6 | 2,28 | 13,5 | 13,452948 | 4,484316 | 64,12044 9 | 123,3085 558 | 61,65427 788 | 79,65668 98 |
| M20 | 2 | 0,520 | 24 | M20 6 | 4,79 | 28 | 28,071439 | 2,3392865 83 | 92,19188 8 | 177,2920 923 | 88,64604 615 | 114,5297 75 |
| M20 | 2 | 0,520 | 48 | M20 6 | 5,34 | 31 | 31,274694 | 1,3031122 5 | 123,4665 82 | 237,4357 346 | 118,7178 673 | 153,3822 58 |
| M20 | 2 | 0,520 | 72 | M20 6 | 3,76 | 22 | 22,072616 | 0,9196923 33 | 145,5391 98 | 279,8830 731 | 139,9415 365 | 180,8030 19 |
| M20 | 2 | 0,520 | 96 | M20 6 | 2,23 | 12,8 | 13,161743 | 0,5484059 58 | 158,7009 41 | 305,1941 173 | 152,5970 587 | 197,1538 23 |
| | | | | | | | | | | | | |
| M40 | 3 | 0,513 | 3 | M40 1 | 3,33 | 22,5 | 22,475275 | 7,4917583 33 | 22,47527 5 | 43,81145 224 | 21,90572 612 | 27,17832 02 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,513 | 6 | M40 1 | 1,49 | 10,1 | 9,875875 | 3,2919583 33 | 32,35115 | 63,06267 057 | 31,53133 528 | 39,12076 34 |
| M40 | 3 | 0,513 | 9 | M40 1 | 1,84 | 12,3 | 12,2725 | 4,0908333 33 | 44,62365 | 86,98567 251 | 43,49283 626 | 53,96133 53 |
| M40 | 3 | 0,513 | 12 | M40 1 | 1,68 | 11 | 11,1769 | 3,7256333 33 | 55,80055 | 108,7730 019 | 54,38650 097 | 67,47704 84 |
| M40 | 3 | 0,513 | 24 | M40 1 | 3,6 | 27,9 | 24,3241 | 2,0270083 33 | 80,12465 | 156,1884 016 | 78,09420 078 | 96,89106 8 |
| M40 | 3 | 0,513 | 48 | M40 1 | 4,31 | 29 | 29,185825 | 1,2160760 42 | 109,3104 75 | 213,0808 48 | 106,5404 24 | 132,1841 49 |
| M40 | 3 | 0,513 | 72 | M40 1 | 2,91 | 20 | 19,599325 | 0,8166385 42 | 128,9098 | 251,2861 598 | 125,6430 799 | 155,8847 15 |
| M40 | 3 | 0,513 | 96 | M40 1 | 1,7 | 11 | 11,31385 | 0,4714104 17 | 140,2236 5 | 273,3404 483 | 136,6702 242 | 169,5660 35 |
| M40 | 3 | 0,509 | 3 | M40 2 | 4,24 | 28,2 | 28,240668 | 9,413556 | 28,24066 8 | 55,48264 833 | 27,74132 417 | 34,41851 63 |
| M40 | 3 | 0,509 | 6 | M40 2 | 1,54 | 10,5 | 10,074528 | 3,358176 | 38,31519 6 | 75,27543 418 | 37,63771 709 | 46,69691 95 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,509 | 9 | M40 2 | 1,71 | 11 | 11,218322 | 3,7394406 67 | 49,53351 8 | 97,31535 953 | 48,65767 976 | 60,36932 97 |
| M40 | 3 | 0,509 | 12 | M40 2 | 1,73 | 11,5 | 11,352886 | 3,7842953 33 | 60,88640 4 | 119,6196 542 | 59,80982 711 | 74,20574 08 |
| M40 | 3 | 0,509 | 24 | M40 2 | 3,76 | 25,2 | 25,011132 | 2,084261 | 85,89753 6 | 168,7574 381 | 84,37871 906 | 104,6882 37 |
| M40 | 3 | 0,509 | 48 | M40 2 | 3,32 | 21,8 | 22,050724 | 0,9187801 67 | 107,9482 6 | 212,0790 963 | 106,0395 481 | 131,5627 15 |
| M40 | 3 | 0,509 | 72 | M40 2 | 2,38 | 15,8 | 15,726216 | 0,655259 | 123,6744 76 | 242,9753 949 | 121,4876 974 | 150,7291 53 |
| M40 | 3 | 0,509 | 96 | M40 2 | 1,28 | 8 | 8,325196 | 0,3468831 67 | 131,9996 72 | 259,3313 792 | 129,6656 896 | 160,8755 45 |
| M40 | 3 | 0,513 | 3 | M40 3 | 4,82 | 31 | 29,747764 | 9,9159213 33 | 29,74776 4 | 57,98784 405 | 28,99392 203 | 35,97260 8 |
| M40 | 3 | 0,513 | 6 | M40 3 | 1,71 | 11 | 11,056042 | 3,6853473 33 | 40,80380 6 | 79,53958 285 | 39,76979 142 | 49,34217 3 |
| M40 | 3 | 0,513 | 9 | M40 3 | 1,83 | 12 | 11,777266 | 3,9257553 33 | 52,58107 2 | 102,4972 164 | 51,24860 819 | 63,58388 11 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,513 | 12 | M40 3 | 1,94 | 12,3 | 12,438388 | 4,1461293 33 | 65,01946 | 126,7435 867 | 63,37179 337 | 78,62505 38 |
| M40 | 3 | 0,513 | 24 | M40 3 | 4,29 | 25 | 26,562358 | 2,2135298 33 | 91,58181 8 | 178,5220 624 | 89,26103 119 | 110,7456 96 |
| M40 | 3 | 0,513 | 48 | M40 3 | 4,67 | 29 | 28,846234 | 1,2019264 17 | 120,4280 52 | 234,7525 38 | 117,3762 69 | 145,6281 25 |
| M40 | 3 | 0,513 | 72 | M40 3 | 2,07 | 12,8 | 13,219714 | 0,5508214 17 | 133,6477 66 | 260,5219 61 | 130,2609 805 | 161,6141 2 |
| M40 | 3 | 0,513 | 96 | M40 3 | 1,41 | 9,8 | 9,252982 | 0,3855409 17 | 142,9007 48 | 278,5589 63 | 139,2794 815 | 172,8033 27 |
| M40 | 3 | 0,506 | 3 | M40 4 | 4,38 | 29 | 28,674204 | 9,558068 | 28,67420 4 | 56,66838 735 | 28,33419 368 | 35,15408 64 |
| M40 | 3 | 0,506 | 6 | M40 4 | 1,73 | 11,06 | 11,367584 | 3,7891946 67 | 40,04178 8 | 79,13396 838 | 39,56698 419 | 49,09055 11 |
| M40 | 3 | 0,506 | 9 | M40 4 | 1,82 | 11,9 | 11,955356 | 3,9851186 67 | 51,99714 4 | 102,7611 542 | 51,38057 708 | 63,74761 42 |
| M40 | 3 | 0,506 | 12 | M40 4 | 1,86 | 12,5 | 12,216588 | 4,072196 | 64,21373 2 | 126,9046 087 | 63,45230 435 | 78,72494 34 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,506 | 24 | M40 4 | 3,86 | 25 | 25,278188 | 2,1065156 67 | 89,49192 | 176,8615 02 | 88,43075 099 | 109,7155 72 |
| M40 | 3 | 0,506 | 48 | M40 4 | 1,52 | 10,5 | 9,996116 | 0,4165048 33 | 99,48803 6 | 196,6166 719 | 98,30833 597 | 121,9706 4 |
| M40 | 3 | 0,506 | 72 | M40 4 | 1,99 | 12,5 | 13,065592 | 0,5443996 67 | 112,5536 28 | 222,438 | 111,219 | 137,9888 34 |
| M40 | 3 | 0,506 | 96 | M40 4 | 1,2 | 8 | 7,90626 | 0,3294275 | 120,4598 88 | 238,0630 198 | 119,0315 099 | 147,6817 74 |
| M40 | 3 | 0,502 | 3 | M40 5 | 5,16 | 35,2 | 35,991676 | 11,997225 33 | 35,99167 6 | 71,69656 574 | 35,84828 287 | 44,47677 78 |
| M40 | 3 | 0,502 | 6 | M40 5 | 1,98 | 13,05 | 13,664578 | 4,5548593 33 | 49,65625 4 | 98,91684 064 | 49,45842 032 | 61,36280 44 |
| M40 | 3 | 0,502 | 9 | M40 5 | 2,1 | 14,5 | 14,50711 | 4,8357033 33 | 64,16336 4 | 127,8154 661 | 63,90773 307 | 79,28999 14 |
| M40 | 3 | 0,502 | 12 | M40 5 | 2,02 | 13,5 | 13,945422 | 4,648474 | 78,10878 6 | 155,5951 912 | 77,79759 562 | 96,52307 15 |
| M40 | 3 | 0,502 | 24 | M40 5 | 4 | 28,8 | 27,8472 | 2,3206 | 105,9559 86 | 211,0677 012 | 105,5338 506 | 130,9352 99 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,502 | 48 | M40 5 | 1,74 | 12 | 11,979514 | 0,4991464 17 | 117,9355 | 234,9312 749 | 117,4656 375 | 145,7390 04 |
| M40 | 3 | 0,502 | 72 | M40 5 | 2,67 | 19,4 | 18,509137 | 0,7712140 42 | 136,4446 37 | 271,8020 657 | 135,9010 329 | 168,6117 03 |
| M40 | 3 | 0,502 | 96 | M40 5 | 1,53 | 10,5 | 10,505083 | 0,4377117 92 | 146,9497 2 | 292,7285 259 | 146,3642 629 | 181,5933 78 |
| M40 | 3 | 0,504 | 3 | M40 6 | 5 | 32 | 32,6664 | 10,8888 | 32,6664 | 64,81428 571 | 32,40714 286 | 40,20737 33 |
| M40 | 3 | 0,504 | 6 | M40 6 | 1,91 | 12 | 12,066606 | 4,022202 | 44,73300 6 | 88,75596 429 | 44,37798 214 | 55,05953 12 |
| M40 | 3 | 0,504 | 9 | M40 6 | 2,15 | 13,3 | 13,66659 | 4,55553 | 58,39959 6 | 115,8722 143 | 57,93610 714 | 71,88102 62 |
| M40 | 3 | 0,504 | 12 | M40 6 | 2,07 | 13 | 13,133262 | 4,377754 | 71,53285 8 | 141,9302 738 | 70,96513 69 | 88,04607 56 |
| M40 | 3 | 0,504 | 24 | M40 6 | 4,24 | 28 | 27,599784 | 2,299982 | 99,13264 2 | 196,6917 5 | 98,34587 5 | 122,0172 15 |
| M40 | 3 | 0,504 | 48 | M40 6 | 4,42 | 29,5 | 28,799772 | 1,1999905 | 127,9324 14 | 253,8341 548 | 126,9170 774 | 157,4653 57 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| M40 | 3 | 0,504 | 72 | M40 6 | 2,89 | 18,2 | 18,599874 | 0,7749947 5 | 146,5322 88 | 290,7386 667 | 145,3693 333 | 180,3589 74 |
| M40 | 3 | 0,504 | 96 | M40 6 | 1,67 | 11 | 10,466622 | 0,4361092 5 | 156,9989 1 | 311,5057 738 | 155,7528 869 | 193,2417 95 |
| | | | | | | | | | | | | |
| L20 | 4 | 0,510 | 3 | L20 1 | 3,41 | 21,1 | 21,131088 | 7,043696 | 21,13108 8 | 41,43350 588 | 20,71675 294 | 27,11616 88 |
| L20 | 4 | 0,510 | 6 | L20 1 | 1,38 | 9 | 9,160584 | 3,053528 | 30,29167 2 | 59,39543 529 | 29,69771 765 | 38,87135 82 |
| L20 | 4 | 0,510 | 9 | L20 1 | 1,04 | 6,8 | 7,155672 | 2,385224 | 37,44734 4 | 73,42616 471 | 36,71308 235 | 48,05377 27 |
| L20 | 4 | 0,510 | 12 | L20 1 | 1,36 | 8,8 | 9,042648 | 3,014216 | 46,48999 2 | 91,15684 706 | 45,57842 353 | 59,65762 24 |
| L20 | 4 | 0,510 | 24 | L20 1 | 1,52 | 10 | 9,986136 | 0,832178 | 56,47612 8 | 110,7375 059 | 55,36875 294 | 72,47218 97 |
| L20 | 4 | 0,510 | 48 | L20 1 | 1,13 | 8 | 7,686384 | 0,320266 | 64,16251 2 | 125,8088 471 | 62,90442 353 | 82,33563 29 |
| L20 | 4 | 0,510 | 72 | L20 1 | 1,41 | 9,8 | 9,337488 | 0,389062 | 73,5 | 144,1176 471 | 72,05882 353 | 94,31783 18 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L20 | 4 | 0,510 | 96 | L20 1 | 1,97 | 11,2 | 12,639696 | 0,526654 | 86,13969 6 | 168,9013 647 | 84,45068 235 | 110,5375 42 |
| L20 | 4 | 0,510 | 3 | L20 2 | 4,08 | 25,8 | 26,196836 | 8,7322786 67 | 26,19683 6 | 51,36634 51 | 25,68317 255 | 33,61671 8 |
| L20 | 4 | 0,510 | 6 | L20 2 | 1,88 | 11,7 | 11,409096 | 3,803032 | 37,60593 2 | 73,73712 157 | 36,86856 078 | 48,25727 85 |
| L20 | 4 | 0,510 | 9 | L20 2 | 1,89 | 11,5 | 11,476313 | 3,8254376 67 | 49,08224 5 | 96,23969 608 | 48,11984 804 | 62,98409 43 |
| L20 | 4 | 0,510 | 12 | L20 2 | 2,02 | 12,4 | 12,350134 | 4,1167113 33 | 61,43237 9 | 120,4556 451 | 60,22782 255 | 78,83222 85 |
| L20 | 4 | 0,510 | 24 | L20 2 | 2,07 | 15 | 12,686219 | 1,0571849 17 | 74,11859 8 | 145,3305 843 | 72,66529 216 | 95,11163 89 |
| L20 | 4 | 0,510 | 48 | L20 2 | 4,45 | 29,2 | 28,683865 | 1,1951610 42 | 102,8024 63 | 201,5734 569 | 100,7867 284 | 131,9198 02 |
| L20 | 4 | 0,510 | 72 | L20 2 | 3,42 | 21,5 | 21,760514 | 0,9066880 83 | 124,5629 77 | 244,2411 314 | 122,1205 657 | 159,8436 72 |
| L20 | 4 | 0,510 | 96 | L20 2 | 2,15 | 13 | 13,223955 | 0,5509981 25 | 137,7869 32 | 270,1704 549 | 135,0852 275 | 176,8131 25 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L20 | 4 | 0,502 | 3 | L20 3 | 3,89 | 23 | 23,506643 | 7,8355476 67 | 23,50664 3 | 46,82598 207 | 23,41299 104 | 30,64527 62 |
| L20 | 4 | 0,502 | 6 | L20 3 | 1,65 | 9 | 9,218355 | 3,072785 | 32,72499 8 | 65,18923 904 | 32,59461 952 | 42,66311 46 |
| L20 | 4 | 0,502 | 9 | L20 3 | 1,57 | 9,9 | 8,708059 | 2,9026863 33 | 41,43305 7 | 82,53597 012 | 41,26798 506 | 54,01568 73 |
| L20 | 4 | 0,502 | 12 | L20 3 | 1,94 | 11,5 | 11,068178 | 3,6893926 67 | 52,50123 5 | 104,5841 335 | 52,29206 673 | 68,44511 35 |
| L20 | 4 | 0,502 | 24 | L20 3 | 4,46 | 27 | 27,142502 | 2,2618751 67 | 79,64373 7 | 158,6528 625 | 79,32643 127 | 103,8304 07 |
| L20 | 4 | 0,502 | 48 | L20 3 | 5,02 | 31,5 | 30,714574 | 1,2797739 17 | 110,3583 11 | 219,8372 729 | 109,9186 365 | 143,8725 61 |
| L20 | 4 | 0,502 | 72 | L20 3 | 3,65 | 22 | 21,975755 | 0,9156564 58 | 132,3340 66 | 263,6136 773 | 131,8068 386 | 172,5220 4 |
| L20 | 4 | 0,502 | 96 | L20 3 | 2,41 | 12,5 | 14,066167 | 0,5860902 92 | 146,4002 33 | 291,6339 303 | 145,8169 651 | 190,8599 02 |
| L20 | 4 | 0,512 | 3 | L20 4 | 3,79 | 24 | 24,419254 | 8,1397513 33 | 24,41925 4 | 47,69385 547 | 23,84692 773 | 31,21325 62 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L20 | 4 | 0,512 | 6 | L20 4 | 1,71 | 11 | 10,769046 | 3,589682 | 35,1883 | 68,72714 844 | 34,36357 422 | 44,97850 03 |
| L20 | 4 | 0,512 | 9 | L20 4 | 1,65 | 10 | 10,37529 | 3,45843 | 45,56359 | 88,99138 672 | 44,49569 336 | 58,24043 63 |
| L20 | 4 | 0,512 | 12 | L20 4 | 1,81 | 12 | 11,425306 | 3,8084353 33 | 56,98889 6 | 111,3064 375 | 55,65321 875 | 72,84452 72 |
| L20 | 4 | 0,512 | 24 | L20 4 | 3,6 | 22,8 | 23,17236 | 1,93103 | 80,16125 6 | 156,5649 531 | 78,28247 656 | 102,4639 75 |
| L20 | 4 | 0,512 | 48 | L20 4 | 4,52 | 30 | 29,209952 | 1,2170813 33 | 109,3712 08 | 213,6156 406 | 106,8078 203 | 139,8008 12 |
| L20 | 4 | 0,512 | 72 | L20 4 | 3,41 | 21,5 | 21,925466 | 0,9135610 83 | 131,2966 74 | 256,4388 164 | 128,2194 082 | 167,8264 51 |
| L20 | 4 | 0,512 | 96 | L20 4 | 2,02 | 12,8 | 12,803452 | 0,5334771 67 | 144,1001 26 | 281,4455 586 | 140,7227 793 | 184,1921 19 |
| L20 | 4 | 0,515 | 3 | L20 5 | 4,73 | 20,2 | 20,089556 | 6,6965186 67 | 20,08955 6 | 39,00884 66 | 19,50442 33 | 25,52934 99 |
| L20 | 4 | 0,515 | 6 | L20 5 | 2,26 | 12 | 11,649072 | 3,883024 | 31,73862 8 | 61,62840 388 | 30,81420 194 | 40,33272 51 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L20 | 4 | 0,515 | 9 | L20 5 | 2,28 | 12 | 11,717416 | 3,9058053 33 | 43,45604 4 | 84,38066 796 | 42,19033 398 | 55,22295 02 |
| L20 | 4 | 0,515 | 12 | L20 5 | 2,28 | 11 | 11,717416 | 3,9058053 33 | 55,17346 | 107,1329 32 | 53,56646 602 | 70,11317 54 |
| L20 | 4 | 0,515 | 24 | L20 5 | 3,02 | 14 | 14,246144 | 1,1871786 67 | 69,41960 4 | 134,7953 476 | 67,39767 379 | 88,21685 05 |
| L20 | 4 | 0,515 | 48 | L20 5 | 1,69 | 10 | 9,701268 | 0,4042195 | 79,12087 2 | 153,6327 612 | 76,81638 058 | 100,5450 01 |
| L20 | 4 | 0,515 | 72 | L20 5 | 1,23 | 8 | 8,129356 | 0,3387231 67 | 87,25022 8 | 169,4179 184 | 84,70895 922 | 110,8756 01 |
| L20 | 4 | 0,515 | 96 | L20 5 | 1,47 | 9 | 8,949484 | 0,3728951 67 | 96,19971 2 | 186,7955 573 | 93,39777 864 | 122,2484 01 |
| L20 | 4 | 0,507 | 3 | L20 6 | 4,1 | 25,8 | 25,84492 | 8,6149733 33 | 25,84492 | 50,97617 357 | 25,48808 679 | 33,36137 01 |
| L20 | 4 | 0,507 | 6 | L20 6 | 1,91 | 12 | 11,800012 | 3,9333373 33 | 37,64493 2 | 74,25035 897 | 37,12517 949 | 48,59316 69 |
| L20 | 4 | 0,507 | 9 | L20 6 | 2,05 | 12,3 | 12,69786 | 4,23262 | 50,34279 2 | 99,29544 773 | 49,64772 387 | 64,98393 18 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L20 | 4 | 0,507 | 12 | L20 6 | 2,33 | 15 | 14,493556 | 4,8311853 33 | 64,83634 8 | 127,8823 432 | 63,94117 16 | 83,69263 3 |
| L20 | 4 | 0,507 | 24 | L20 6 | 4,3 | 28 | 27,12756 | 2,26063 | 91,96390 8 | 181,3883 787 | 90,69418 935 | 118,7096 72 |
| L20 | 4 | 0,507 | 48 | L20 6 | 4,95 | 31,2 | 31,29614 | 1,3040058 33 | 123,2600 48 | 243,1164 655 | 121,5582 327 | 159,1076 34 |
| L20 | 4 | 0,507 | 72 | L20 6 | 3,52 | 21 | 22,125264 | 0,921886 | 145,3853 12 | 286,7560 394 | 143,3780 197 | 187,6675 65 |
| L20 | 4 | 0,507 | 96 | L20 6 | 1,46 | 9 | 8,914072 | 0,3714196 67 | 154,2993 84 | 304,3380 355 | 152,1690 178 | 199,1741 07 |
| | | | | | | | | | | | | |
| L40 | 5 | 0,514 | 3 | L40 1 | 3,53 | 22 | 22,189955 | 7,3966516 67 | 22,18995 5 | 43,17111 868 | 21,58555 934 | 28,81917 13 |
| L40 | 5 | 0,514 | 6 | L40 1 | 1,62 | 10,01 | 9,92107 | 3,3070233 33 | 32,11102 5 | 62,47281 128 | 31,23640 564 | 41,70414 64 |
| L40 | 5 | 0,514 | 9 | L40 1 | 1,59 | 10,2 | 9,728365 | 3,2427883 33 | 41,83939 | 81,39959 144 | 40,69979 572 | 54,33884 61 |
| L40 | 5 | 0,514 | 12 | L40 1 | 1,56 | 9 | 9,53566 | 3,1785533 33 | 51,37505 | 99,95145 914 | 49,97572 957 | 66,72327 05 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L40 | 5 | 0,514 | 24 | L40 1 | 3,07 | 19,8 | 19,235145 | 1,6029287 5 | 70,61019 5 | 137,3739 202 | 68,68696 012 | 91,70488 67 |
| L40 | 5 | 0,514 | 48 | L40 1 | 2,1 | 13 | 13,00435 | 0,5418479 17 | 83,61454 5 | 162,6742 121 | 81,33710 603 | 108,5942 67 |
| L40 | 5 | 0,514 | 72 | L40 1 | 2,79 | 17 | 17,436565 | 0,7265235 42 | 101,0511 1 | 196,5974 903 | 98,29874 514 | 131,2399 8 |
| L40 | 5 | 0,514 | 96 | L40 1 | 2,56 | 16 | 15,95916 | 0,664965 | 117,0102 7 | 227,6464 397 | 113,8232 198 | 151,9669 16 |
| L40 | 5 | 0,501 | 3 | L40 2 | 4 | 25,8 | 25,5692 | 8,5230666 67 | 25,5692 | 51,03632 735 | 25,51816 367 | 34,06964 44 |
| L40 | 5 | 0,501 | 6 | L40 2 | 1,73 | 11 | 10,798991 | 3,5996636 67 | 36,36819 1 | 72,59119 96 | 36,29559 98 | 48,45874 47 |
| L40 | 5 | 0,501 | 9 | L40 2 | 1,62 | 10,1 | 10,083254 | 3,3610846 67 | 46,45144 5 | 92,71745 509 | 46,35872 754 | 61,89416 23 |
| L40 | 5 | 0,501 | 12 | L40 2 | 1,76 | 11 | 10,994192 | 3,6647306 67 | 57,44563 7 | 114,6619 501 | 57,33097 505 | 76,54335 79 |
| L40 | 5 | 0,501 | 24 | L40 2 | 3,34 | 21 | 21,274778 | 1,7728981 67 | 78,72041 5 | 157,1265 768 | 78,56328 842 | 104,8909 06 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L40 | 5 | 0,501 | 48 | L40 2 | 2,82 | 18 | 17,891294 | 0,7454705 83 | 96,61170 9 | 192,8377 425 | 96,41887 126 | 128,7301 35 |
| L40 | 5 | 0,501 | 72 | L40 2 | 2,17 | 13 | 13,661939 | 0,5692474 58 | 110,2736 48 | 220,1070 818 | 110,0535 409 | 146,9339 67 |
| L40 | 5 | 0,501 | 96 | L40 2 | 1,98 | 12,8 | 12,425666 | 0,5177360 83 | 122,6993 14 | 244,9088 104 | 122,4544 052 | 163,4905 28 |
| L40 | 5 | 0,515 | 3 | L40 3 | 4,26 | 28,8 | 29,52104 | 9,8403466 67 | 29,52104 | 57,32240 777 | 28,66120 388 | 38,26595 98 |
| L40 | 5 | 0,515 | 6 | L40 3 | 1,74 | 11,7 | 11,45516 | 3,8183866 67 | 40,9762 | 79,56543 689 | 39,78271 845 | 53,11444 39 |
| L40 | 5 | 0,515 | 9 | L40 3 | 1,66 | 10,8 | 10,88164 | 3,6272133 33 | 51,85784 | 100,6948 35 | 50,34741 748 | 67,21951 6 |
| L40 | 5 | 0,515 | 12 | L40 3 | 1,85 | 12,3 | 12,24375 | 4,08125 | 64,10159 | 124,4691 068 | 62,23455 34 | 83,09019 15 |
| L40 | 5 | 0,515 | 24 | L40 3 | 3,94 | 28,9 | 27,22696 | 2,2689133 33 | 91,32855 | 177,3369 903 | 88,66849 515 | 118,3825 04 |
| L40 | 5 | 0,515 | 48 | L40 3 | 4,41 | 29,8 | 30,59639 | 1,2748495 83 | 121,9249 4 | 236,7474 563 | 118,3737 282 | 158,0423 61 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L40 | 5 | 0,515 | 72 | L40 3 | 2,96 | 20,5 | 20,20134 | 0,8417225 | 142,1262 8 | 275,9733 592 | 137,9866 796 | 184,2278 77 |
| L40 | 5 | 0,515 | 96 | L40 3 | 1,91 | 12 | 12,67389 | 0,5280787 5 | 154,8001 7 | 300,5828 544 | 150,2914 272 | 200,6561 11 |
| L40 | 5 | 0,525 | 3 | L40 4 | 3,85 | 24,7 | 25,067825 | 8,3559416 67 | 25,06782 5 | 47,74823 81 | 23,87411 905 | 31,87465 83 |
| L40 | 5 | 0,525 | 6 | L40 4 | 1,85 | 11,5 | 11,754825 | 3,918275 | 36,82265 | 70,13838 095 | 35,06919 048 | 46,82134 91 |
| L40 | 5 | 0,525 | 9 | L40 4 | 1,54 | 10 | 9,69131 | 3,2304366 67 | 46,51396 | 88,59801 905 | 44,29900 952 | 59,14420 5 |
| L40 | 5 | 0,525 | 12 | L40 4 | 1,67 | 11,2 | 10,556655 | 3,518885 | 57,07061 5 | 108,7059 333 | 54,35296 667 | 72,56737 87 |
| L40 | 5 | 0,525 | 24 | L40 4 | 3,48 | 22 | 22,60492 | 1,8837433 33 | 79,67553 5 | 151,7629 238 | 75,88146 19 | 101,3103 63 |
| L40 | 5 | 0,525 | 48 | L40 4 | 4,55 | 30,5 | 29,727375 | 1,2386406 25 | 109,4029 1 | 208,3864 952 | 104,1932 476 | 139,1098 1 |
| L40 | 5 | 0,525 | 72 | L40 4 | 3,08 | 19,8 | 19,94232 | 0,83093 | 129,3452 3 | 246,3718 667 | 123,1859 333 | 164,4672 01 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L40 | 5 | 0,525 | 96 | L40 4 | 1,79 | 11 | 11,355435 | 0,4731431 25 | 140,7006 65 | 268,0012 667 | 134,0006 333 | 178,9060 53 |
| L40 | 5 | 0,509 | 3 | L40 5 | 4,45 | 24 | 24,124555 | 8,0415183 33 | 24,12455 5 | 47,39598 232 | 23,69799 116 | 31,63950 76 |
| L40 | 5 | 0,509 | 6 | L40 5 | 1,57 | 10,5 | 10,525483 | 3,5084943 33 | 34,65003 8 | 68,07473 084 | 34,03736 542 | 45,44374 56 |
| L40 | 5 | 0,509 | 9 | L40 5 | 1,72 | 11,5 | 11,233768 | 3,7445893 33 | 45,88380 6 | 90,14500 196 | 45,07250 098 | 60,17690 38 |
| L40 | 5 | 0,509 | 12 | L40 5 | 1,73 | 12 | 11,280987 | | 57,16479 3,760329 | 112,3080 413 | 56,15402 063 | 74,97199 02 |
| L40 | 5 | 0,509 | 24 | L40 5 | 4,15 | 23,2 | 22,707985 | 1,8923320 83 | 79,87277 8 | 156,9209 784 | 78,46048 919 | 104,7536 57 |
| L40 | 5 | 0,509 | 48 | L40 5 | 4,21 | 23 | 22,991299 | 0,9579707 92 | 102,8640 77 | 202,0905 246 | 101,0452 623 | 134,9068 92 |
| L40 | 5 | 0,509 | 72 | L40 5 | 2,41 | 13,2 | 14,491879 | 0,6038282 92 | 117,3559 56 | 230,5617 996 | 115,2808 998 | 153,9130 84 |
| L40 | 5 | 0,509 | 96 | L40 5 | 1,68 | 11 | 11,044892 | 0,4602038 33 | 128,4008 48 | 252,2609 98 | 126,1304 99 | 168,3985 3 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------|-----------|--------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| L40 | 5 | 0,501 | 3 | L40 6 | 3,99 | 25,3 | 24,984724 | 8,3282413 33 | 24,98472 4 | 49,86970 858 | 24,93485 429 | 33,29086 02 |
| L40 | 5 | 0,501 | 6 | L40 6 | 1,73 | 11,04 | 11,023348 | 3,6744493 33 | 36,00807 2 | 71,87239 92 | 35,93619 96 | 47,97890 47 |
| L40 | 5 | 0,501 | 9 | L40 6 | 1,74 | 11 | 11,085124 | 3,6950413 33 | 47,09319 6 | 93,99839 521 | 46,99919 76 | 62,74926 25 |
| L40 | 5 | 0,501 | 12 | L40 6 | 2,07 | 13,3 | 13,123732 | 4,3745773 33 | 60,21692 8 | 120,1934 691 | 60,09673 453 | 80,23596 07 |
| L40 | 5 | 0,501 | 24 | L40 6 | 3,2 | 20 | 20,10442 | 1,6753683 33 | 80,32134 8 | 160,3220 519 | 80,16102 595 | 107,0240 67 |
| L40 | 5 | 0,501 | 48 | L40 6 | 0,3 | 2,5 | 2,18938 | 0,0912241 67 | 82,51072 8 | 164,6920 719 | 82,34603 593 | 109,9413 03 |
| L40 | 5 | 0,501 | 72 | L40 6 | 2,26 | 14 | 14,297476 | 0,5957281 67 | 96,80820 4 | 193,2299 481 | 96,61497 405 | 128,9919 55 |
| L40 | 5 | 0,501 | 96 | L40 6 | 1,78 | 11 | 11,332228 | 0,4721761 67 | 108,1404 32 | 215,8491 657 | 107,9245 828 | 144,0915 66 |

ANEXO 4.Cronograma de Actividades

| N° | ACTIVIDADES | SEPTIEMBRE | | | | OCTUBRE | | | | NOVIEMBRE | | | | DICIEMBRE | | | | ENERO | | | | FEBRERO | |
|----|-----------------------------|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|-------|---|---|---|---------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 1 | Recopilación de información | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Experimentación | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| 3 | Tabulación de datos | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 4 | Entrega de resultados | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X |

ANEXO 5. Presupuesto

| ÍTEM | VALOR USD |
|--|--------------|
| Alojamiento, transporte y alimentación | 400 |
| Reactivos de laboratorio | 400 |
| Exámenes cromatógrafo, espectrofotómetro | 400 |
| Bolsas de nylon | 180 |
| Secado y Molino (materia seca, mezclas forrajeras) | 50 |
| VALOR TOTAL (USD) | 1.430 |



ANEXO 6. Mezclas forrajeras en bolsas de nylon



ANEXO 7. Colocación de bolsas de nylon en toros fistulados



ANEXO 8. Recolección de líquido ruminal



ANEXO 9. Elaboración de saliva artificial



ANEXO 10. Colocación de frascos con líquido ruminal y saliva artificial en baño maría



ANEXO 11. Toma de datos de producción de gas in vitro metano y dióxido de carbono



ANEXO 12. MANÓMETRO PARA AIRE / PARA GAS / PORTÁTIL marca PCE-P05.



ANEXO 13. Toros canulados

ANEXO 14. Análisis varianza gas metano, prueba de tukey

CH4

TRATAMIENTOS Variable N R² R² Aj CV
L20 CH4 42 0.45 0.36 53.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo 4918.90 6 819.82 4.80 0.0011
HORAS 4918.90 6 819.82 4.80 0.0011
Error 5973.50 35 170.67
Total 10892.40 41

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=23.57761

Error: 170.6714 gl: 35

HORAS Medias n E.E.

6 8.00 6 5.33 A
9 14.50 6 5.33 A B
12 21.17 6 5.33 A B C
96 24.50 6 5.33 A B C
72 25.50 6 5.33 A B C
48 36.83 6 5.33 B C
24 41.33 6 5.33 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 15. Análisis varianza Dióxido de carbono, prueba de tukey

CO2

TRATAMIENTOS Variable N R² R² Aj CV
L40 CO2 48 0.39 0.28 50.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo 58.65 7 8.38 3.63 0.0040
HORAS 58.65 7 8.38 3.63 0.0040
Error 92.26 40 2.31
Total 150.91 47

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.80279

Error: 2.3065 gl: 40

HORAS Medias n E.E.

24 1.62 6 0.62 A
6 1.71 6 0.62 A
12 1.88 6 0.62 A
48 2.60 6 0.62 A
3 3.63 6 0.62 A
9 4.08 6 0.62 A
96 4.15 6 0.62 A
72 4.38 6 0.62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 16. Degradación de MS prueba de tukey

a

Variable N R² R² Aj CV

a 25 0.16 0.00 39.20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 626.21 4 156.55 0.99 0.4373

tratamiento 626.21 4 156.55 0.99 0.4373

Error 3173.33 20 158.67

Total 3799.54 24

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=23.83902

Error: 158.6664 gl: 20

tratamiento Medias n E.E.

5 22.27 5 5.63 A

4 33.20 5 5.63 A

1 34.52 5 5.63 A

2 34.83 5 5.63 A

3 35.86 5 5.63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

b

Variable N R² R² Aj CV

b 25 0.15 0.00 27.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 502.90 4 125.73 0.85 0.5083

tratamiento 502.90 4 125.73 0.85 0.5083

Error 2946.09 20 147.30

Total 3448.99 24

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=22.96962

Error: 147.3044 gl: 20

tratamiento Medias n E.E.

1 39.13 5 5.43 A

2 42.58 5 5.43 A

4 43.18 5 5.43 A

3 44.73 5 5.43 A

5 52.64 5 5.43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

c

Variable N R² R² Aj CV

c 25 0.36 0.23 39.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 0.01 4 1.7E-03 2.78 0.0549

tratamiento 0.01 4 1.7E-03 2.78 0.0549

Error 0.01 20 6.1E-04

Total 0.02 24

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04682

Error: 0.0006 gl: 20

tratamiento Medias n E.E.

4 0.04 5 0.01 A

1 0.05 5 0.01 A

2 0.06 5 0.01 A

3 0.08 5 0.01 A

5 0.08 5 0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)