



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Título de la Unidad de Integración Curricular:

**“Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en dieta sobre la cinética de degradación
ruminal y producción de gas *in vitro*”**

Autor:

Adrian Gonzalo Zamora Angueta

Director de la Unidad de Integración Curricular:

Dr. Gary Alex Meza Bone

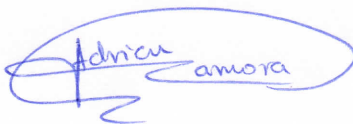
Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Adrian Gonzalo Zamora Angueta**, declaro que en el trabajo aquí descrito por mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Adrian Gonzalo Zamora Angueta

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Gary Alex Meza Bone, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Adrian Gonzalo Zamora Angueta, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en dieta sobre la cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro*”**, previo a la obtención del título Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, haciendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Dr. Gary Alex Meza Bone

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito Dr. Gary Alex Meza Bone, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Tutor de la Unidad de Integración Curricular titulado **“Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en dieta sobre la cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro*”**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENECYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 7%.

URKUND	
Documento	EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE MORERA (<i>Morus alba</i>) EN DIETA SOBRE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL Y PRODUCCIÓN DE GAS <i>in vitro</i>.doc (D150007724)
Presentado	2022-11-17 09:07 (-05:00)
Presentado por	Meza Bone Gary Alex (gmeza@uteq.edu.ec)
Recibido	gmeza.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	análisis urkund Mostrar el mensaje completo
7% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.	

Dr. Gary Alex Meza Bone
TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto de la inclusión de morera (*Morus alba*) en dieta sobre la cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro*”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas.

Aprobado por:

Dr. Ronald Roberto Cabezas Congo

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Carlos Javier Meza Bone
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Mocache – Los ríos – Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos, quienes con su apoyo lograron con virtud, perseverancia y constancia lograra el objetivo propuesto.

Agradezco a los docentes que supieron direccionarme, apoyarme en este proceso y brindarme los conocimientos y enseñanzas necesarias en el transcurso de mi proyecto de investigación.

Y agradecimientos a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo quien forjo mis conocimientos necesarios en esta etapa de vida.

Adrian Gonzalo Zamora Angueta

DEDICATORIA

La elaboración de mi proyecto de investigación está dedicada a mis padres Gonzalo y Nancy, quienes con sus enseñanzas, virtudes, valores y perseverancia me ayudaron a forjar mi camino como profesional, a mis hermanos Carlos y Kharime quienes con su apoyo me han sabido guiar y aconsejar de la mejor manera.

A la memoria de mi abuelo Carlos, quien siempre supo guiarme, aconsejarme y apoyarme de todas las formas, inculcándome buenos valores y siendo una motivación en mi vida.

De igual manera agradecer a mis tíos Jorge y Emma quienes nunca me abandonaron en este proceso, con consejos y palabras sabias me supieron guiar de la mejor manera en esta etapa de vida. A mi primo Jorge quien con un afecto de un hermano me supo aconsejar en este proceso.

Gracias a cada uno por sus enseñanzas.

Adrian Gonzalo Zamora Angueta

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar el efecto de la inclusión de Morera (*Morus alba*) en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal de nutrientes y la producción de gas *in vitro*. La investigación se realizó en el Campus "La María", Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional "RUMEN", bajo un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 6 repeticiones, los tratamientos fueron; T1: dieta basal 100% (concentrado), T2: dieta 80% + 20% morera, T3: Dieta 60% + 40% morera. Se analizaron las siguientes variables; Degradación ruminal *in situ* MS, digestibilidad *in vitro* de la MS y producción de gas *in vitro*. La Morera con gran porcentaje y variedad de oligoelementos como el hierro, manganeso, cobalto, níquel y zinc. Estos elementos son de importancia en la dieta de los bovinos debido a que tienen propiedades energéticas y nutricionales. La inclusión de *Morus alba* en la dieta de toros de engorde favorece la fermentación y degradación ruminal, así como, influencia sobre la mitigación de la producción de gases de efecto invernadero producidos de forma entérica. Las variables se analizaron según el diseño empleado utilizando PROC, GLM del SAS. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Excepto la cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS y la producción de gas *in vitro*, se analizará con el programa Graphpad Prism 6. La cinética de degradación ruminal y digestibilidad *in situ* de la MS mostraron diferencias entre tratamientos ($P < 0,05$) sobre la fracción B, degradación efectiva para las tasas de pasaje correspondientes a 0,02% - 0,05% y digestibilidad a las 24h y 48h, encontrándose valores más altos en T1 y T3 respecto a T2. No obstante, la fracción A, c y A+B no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) (Tabla 5). Del mismo modo, la curva de degradación mostro una mayor degradación en T1 y T3 que tiene un constante crecimiento hasta la hora 96. La producción de gas *in vitro* no mostro diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) en la fracción B y c respectivamente. La curva de producción de gas muestra una producción ascendente hasta la hora 48 aproximadamente que, posteriormente se estabiliza en el tiempo.

Palabras clave: *Morus alba*, degradación ruminal, digestibilidad *in situ*, producción de gas *in vitro*.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The objective of this research project was to determine the effect of including Mulberry (*Morus alba*) in the diet of fattening bulls on the kinetics of rumen nutrient degradation and gas production in vitro. The present investigation was carried out in the "La María" Campus, in the Rumiology and Nutritional Metabolism Laboratory "RUMEN", under a completely randomized design with 3 treatments and 6 repetitions, the treatments were; T1: 100% basal diet (concentrate), T2: 80% diet + 20% mulberry, T3: 60% diet + 40% mulberry. The following variables were analyzed; In situ rumen DM degradation, in vitro DM digestibility and in vitro gas production. In the studies carried out in the last decade, it has been possible to verify that the Mulberry has a large percentage and a great variety of the different trace elements such as iron, manganese, cobalt, nickel and zinc. These elements have been declared as extremely important in the bovine diet because they have energetic and nutritional properties. The inclusion of *Morus alba* in the diet of fattening bulls favors rumen fermentation and degradation, as well as influences the mitigation of the production of enterically produced greenhouse gases. The variables will be analyzed according to the design used using the SAS PROC GLM. The comparison of means using Tukey's test. Except for the in vitro rumen degradation kinetics of the DM and the in vitro gas production, it will be analyzed with the Graphpad Prism 6 program. The rumen degradation kinetics and in situ digestibility of the DM showed differences between treatments ($P < 0.05$) on fraction B, effective degradation for passage rates corresponding to 0.02% - 0.05% and digestibility at 24h and 48h, finding higher values in T1 and T3 compared to T2. However, fraction A, c and A+B did not show differences between treatments ($P > 0.05$) (Table 5). In the same way, the degradation curve showed a greater degradation in T1 and T3 that has a constant growth until hour 96. The in vitro gas production did not show differences between treatments ($P > 0.05$) in fraction B and c respectively. The gas production curve shows a rising production until approximately 48 hours, which later stabilizes over time.

Keywords: *Morus alba*, ruminal degradation, in situ digestibility, in vitro gas production.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
CÓDIGO DUBLIN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Problema de investigación.	3
1.1.1. Planteamiento del problema.	3
1.1.2. Diagnóstico.....	3
1.1.3. Pronóstico.	4
1.1.4. Formulación del problema.....	4
1.1.5. Sistematización del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.	5
1.3 Justificación.	5
1.4 Hipótesis.	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7

2.1	Marco Conceptual.....	8
2.1.1.	Morera.	8
2.1.2.	Degradación ruminal.	8
2.1.3.	Producción de gas <i>in vitro</i>	8
2.2	Marco referencial.	8
2.2.1.	El Uso de Morera (<i>Morus alba</i>) a nivel regional, nacional y mundial.	8
2.2.2.	Principales usos.	10
2.2.3.	Producción de biomasa.	11
2.2.4.	Composición química y valor nutritivo.	12
2.2.5.	Beneficios de la morera en la dieta de los toros.	14
CAPÍTULO III		15
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		15
3.1	Localización.....	16
3.2	Condiciones agroclimáticas.	16
3.3	Tipo de investigación.....	16
3.4	Métodos de investigación.	17
3.4.1.	Método comparativo.....	17
3.4.2.	Método experimental.....	17
3.5	Fuentes de recopilación de información.	17
3.5.1.	Primarias.....	17
3.5.2.	Secundarias.....	17
3.6	Instrumento de investigación.	18
3.6.1.	Materia seca (%).	18
3.6.2.	Digestibilidad <i>in situ</i>	19

3.6.3.	Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> .	19
3.6.4.	Producción de gas <i>in vitro</i> .	20
3.6.5.	Análisis químico.	21
3.7	Recursos humanos y materiales.	21
3.7.1.	Materiales de Oficina.	21
3.7.2.	Equipos de oficina.	21
3.7.3.	Materiales de laboratorio.	21
3.7.4.	Reactivos.	22
CAPÍTULO IV		23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		23
4.1	Resultados.	24
4.1.1.	Degradación ruminal y digestibilidad <i>in situ</i> de la MS.	24
4.1.2.	Producción de gas <i>in vitro</i> de la MS.	25
4.2	Discusión.	28
4.2.1.	Degradación ruminal y digestibilidad <i>in situ</i> de la MS.	28
4.2.2.	Producción de gas <i>in vitro</i> .	28
CAPÍTULO V		29
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		29
5.1	Conclusiones.	30
5.2	Recomendaciones.	30
CAPÍTULO VI		31
BIBLIOGRAFÍA		31
6.1	BIBLIOGRAFÍA	32
CAPÍTULO VII		35

ANEXOS.....	35
7.1. Anexos	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Distribución mundial de Morus alba en algunas zonas representativas a nivel mundial.....</i>	10
Tabla 2. <i>Usos más novedosos de Morus alba en el mundo durante la actualidad.....</i>	11
Tabla 3. <i>Descripción de las condiciones agroclimáticas del Cantón Mocache, lugar el cual se desarrolló la presente investigación.....</i>	16
Tabla 4. <i>Tratamientos elaborados con niveles crecientes de M. alba.</i>	18
Tabla 5. <i>Cinética de degradación ruminal y digestibilidad in situ de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (Morus alba).</i>	24
Tabla 6. <i>Producción de gas in vitro de dietas con diferentes niveles de inclusión de Morera (Morus alba)</i>	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Cinética de degradación ruminal in situ de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (Morus alba). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% morera, T3: 60% Concentrado + 40% morera.....</i>	25
Figura 2. <i>Producción de gas in vitro de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (Morus alba). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% Morera, T3: 60% Concentrado + 40% Morera.</i>	27
Figura 3. <i>Pesaje de muestras</i>	36
Figura 4. <i>Preparación de inóculo ruminal.</i>	36

Figura 5. Preparación de saliva artificial.....	36
Figura 6. Saliva artificial e inóculo ruminal.....	36
Figura 7. Colocación de inóculo ruminal: saliva artificial (relación 30:70).....	37
Figura 8. Colocación de tapas de botellas de ámbar y sellado hermético	37
Figura 9. Colocación de botellas ámbar con inóculo ruminal: saliva artificial (relación 30:70) en baño maría.....	37
Figura 10. Pesaje de muestras para degradabilidad ruminal <i>in situ</i>	37
Figura 11. Especímenes para el proyecto de investigación	38
Figura 12. Colocación de muestras de degradabilidad dentro del rumen del animal.....	38
Figura 13. Lavado de muestras, degradabilidad ruminal.	38

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1). Materia Seca.....	19
Ecuación (2). Degradabilidad ruminal <i>in situ</i>	20
Ecuación (3). Producción de gas <i>in vitro</i>	20

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Efecto de la inclusión de morera (<i>morus alba</i>) en dieta sobre la cinética de degradación ruminal y producción de gas <i>in vitro</i> .				
Autor:	<u>Adrian Gonzalo Zamora Angueta</u>				
Palabras clave:	<i>Morus alba</i>	degradación ruminal	digestibilidad <i>in situ</i>	producción de gas <i>in vitro</i>	
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen: (hasta 250 palabras)	El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar el efecto de la inclusión de Morera (<i>Morus alba</i>) en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal de nutrientes y la producción de gas <i>in vitro</i>. La presente investigación se realizó en el Campus "La María", en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional "RUMEN", bajo un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 6 repeticiones, los tratamientos fueron; T1: dieta basal 100% (concentrado), T2: dieta 80% + 20% morera, T3: Dieta 60% + 40% morera. Se analizaron las siguientes variables; Degradación ruminal <i>in situ</i> MS, digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS y producción de gas <i>in vitro</i>. En los estudios realizados en la última década, se ha podido constatar que la Morera tiene un gran porcentaje y una gran variedad de los distintos oligoelementos tales como el hierro, manganeso, cobalto, níquel y zinc. Estos elementos han sido declarados como de suma importancia en la dieta de los bovinos debido a que tienen propiedades energéticas y nutricionales. La inclusión de <i>Morus alba</i> en la dieta de toros de engorde favorece la fermentación y degradación ruminal, así como, influencia sobre la mitigación de la producción de gases de efecto invernadero producidos de forma entérica. Las variables se analizarán según el diseño empleado utilizando PROC GLM del SAS. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey.				
Descripción:					
URL:					

INTRODUCCIÓN

Morus alba es una planta originaria de china, se ha extendido a todos los países del mundo. Esta especie arbórea o arbustiva perenne se propaga fácilmente, crece rápido y responde a la poda periódica con un rebrote vigoroso. Desarrolla un sistema radicular vertical horizontal fuerte y profuso. Estas características mejoran las condiciones físicas del suelo y permiten una mayor conservación del agua. El forraje de *M. alba*, contiene buena palatabilidad, y se caracteriza por presentar en su composición nutricional, elevada cantidad de proteína (14-22%), digestibilidad (70-80%) (1), ácidos grasos poliinsaturados (oleico: 0.4-3.9%; linoleico: 1.9-12.7% y linolénico: 2.2-9.3%) (2).

Compuestos bioactivos, principalmente taninos condensados (TC: 16.32 g/kg MS) (3). Estas características, junto a la presencia de oligoelementos (hierro, manganeso, cobalto, níquel y zinc) y aminoácidos (semejante al de la soya), convierten a *M. alba*, en una fuente de alimento capaz de mejorar la calidad nutritiva de la dieta y mejorar la productividad de los animales (2,3). En respuesta probablemente a: i) la reducción de CH₄ y una mejor utilización de la proteína, atribuido fundamentalmente al efecto del TC sobre los microorganismos metanógenos y la capacidad de crear complejos con las proteínas (complejo tanino-proteína), respectivamente y, ii) disminución de los costos de producción, probablemente como respuesta a la incorporación de fuentes forrajeras no convencionales (*M. alba*) (4).

Delgado et al., (2007) (5) evidenciaron una considerable reducción de CH₄ (27 y 31%), al incorporar el 25% de *M. alba* en una dieta combinada con el 75% de *Pennisetum purpureum*, respecto al tratamiento control, que consistió en un 100% de esta gramínea. Del mismo modo, Fajemisin et al. (2020) (6) evidenciaron un mayor rendimiento productivo en ovejas, conforme la inclusión de *M. alba* aumentaba (25, 50, 75 y 100%), en una dieta combinada con *P. purpureum*. Bajo estos antecedentes, se plantea la utilización de *M. alba*, como fuente forrajera capaz de modular positivamente el patrón fermentativo del rumen y reducir la producción de CH₄ al combinarla con un alimento concentrado. Con base a estos antecedentes el objetivo de esta investigación fue Determinar el efecto de la inclusión de Morera (*Morus alba*) en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal y la producción de gas *in vitro* de la materia seca.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El comportamiento productivo de los rumiantes depende del valor nutricional de la dieta que consumen. En Ecuador, el alimento utilizado para el desarrollo de la producción bovina se basa generalmente en pastos de mala calidad (bajos en proteína y bajos en fibra), este tipo de dieta no es suficiente para tener una alta tasa de producción en el ganado. El problema del bajo rendimiento animal radica por un lado en el manejo inadecuado en la dieta y por otro lado la genética. La utilización de sistemas estabulados o semi-estabulados pueden conducir a mejorar la productividad en los animales (7).

La falta de aplicación de técnicas de aprovechamiento ganadero a nivel cantonal, provincial y nacional afecta la rentabilidad de las pequeñas y medianas fincas, ya que no aplican tecnología y estrategias de alimentación con productos no convencionales. Así como, la falta de investigaciones que no permitan el uso de estrategias de manipulación ruminal en su máxima expresión, lo que no permite buenos parámetros productivos (6).

1.1.2. Diagnóstico.

En el uso de diferentes sustratos alimenticios que contengan altos niveles de proteína, bajo niveles de fibra y metabolitos secundarios puede favorecer el ambiente ruminal incrementando la digestión del alimento, nitrógeno amoniacal, estabilizando el pH ruminal, disminución de los microorganismos metanógenos del rumen e incremento del paso de proteína sobre pasante a las partes bajas del tracto gastrointestinal. La *Morus alba* es un forraje que posee las características antes mencionadas, por ello, se convierte en un forraje promisorio para la alimentación de rumiantes.

1.1.3. Pronóstico.

La utilización del forraje de *Morus alba* en la dieta de toros de engorde se presenta como una alternativa para mejorar los rendimientos productivos en los animales, debido a que posee valores nutricionales que permitirán a los microorganismos del rumen mejorar la fermentación, y con ello, el aprovechamiento de los nutrientes de las dietas consumidas.

1.1.4. Formulación del problema.

¿El desconocimiento del valor nutricional de fuentes forrajeras no convencionales (Morera) y la falta de información para formular estrategias para manipular las funciones del rumen es una de las principales causas de los bajos rendimientos productivos de bovinos?

1.1.5. Sistematización del problema.

¿La falta de conocimiento del valor nutricional de las fuentes forrajeras no convencionales *Morus alba* refleja los bajos rendimientos productivos de la ganadería?

¿El uso de pastos muy fibrosos y bajos en proteína reduce su producción y peso en el ganado?

¿El uso reducido de tecnologías de producción ganadera resulta en la degradación de las razas de bovinos?

1.2 Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Determinar el efecto de la inclusión de Morera (*Morus alba*) en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal y la producción de gas *in vitro* de la materia seca.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Evaluar el efecto de la inclusión de *Morus alba* en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal de la materia seca.
- ✓ Determinar la influencia de *Morus alba* en la dieta de toros sobre la producción de gas *in vitro*.

1.3 Justificación.

Ecuador es un país que tiene un gran potencial en el campo de la ganadería y la agricultura. En la explotación de los rumiantes se ha desarrollado desde la época de la conquista. Los pastos fibrosos con bajos niveles de proteína cultivados donde ningún cultivo puede prosperar normalmente, con suelos pobres en nutrientes (pantanos) afecta el crecimiento y la calidad de los pastos, lo que resulta en una baja producción de leche, sofocos irregulares y pérdida de peso. Conocimiento del valor nutritivo de alimento es esencial para la alimentación animal, no siendo suficiente con análisis químico, se deben tener en cuenta los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal.

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra varias interacciones entre el alimento, los microorganismos del rumen y el huésped. En la manipulación del rumen se puede hacer con sustancias que alteran el ambiente ruminal, alterar la actividad metabólica y la proporción de ciertos microorganismos, que aumentan el aprovechamiento de los alimentos.

El uso de Los forrajes ricos en nutrientes y compuestos secundarios en la dieta de los ovinos se presentan como una alternativa, ya que mejoran la eficiencia productiva de manera consistente y eficiente. La Morera (*Morus alba*) se presenta como una alternativa en la alimentación de los rumiantes, debido a que tiene un alto valor nutritivo, en parte por su contenido proteico (entre 13% y 16%) y por tener un balance adecuado de aminoácidos esenciales principalmente lisina, metionina y triptófano; aminoácidos que son deficientes en otros granos, su aporte nutricional es importante en proteínas, grasas, fibras y minerales.

1.4 Hipótesis.

La inclusión de *Morus alba* en la dieta de toros de engorde favorece la fermentación y degradación ruminal, así como, influencia sobre la mitigación de la producción de gases de efecto invernadero producidos de forma entérica

- T1. Dieta basal [formulado acorde al AFRC (1996) cubriendo los requerimientos nutricionales para novillitos castrados de terminación tardía].
- T2: dieta basal (80%) + 20 % morera
- T3: dieta basal (60%) + 40 % morera.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Conceptual.

2.1.1. Morera.

La morera es una planta multipropósito originaria de China. Durante más de 5 000 años ha sido el único alimento del gusano de seda, debido a sus excelentes cualidades nutricionales, entre las que se destaca su alto contenido de proteína y de energía. Además, es utilizada en varias regiones del mundo para la alimentación del ganado (7).

2.1.2. Degradación ruminal.

La digestión ruminal es un proceso dinámico relacionado a la ingestión y deglución del alimento (ingesta) y la salida de líquido, bacterias y alimentos residuales no digeridos. La renovación del contenido ruminal tiene una gran influencia en la eficiencia de utilización del alimento, existiendo una relación inversa entre el índice de pasaje y la degradación del alimento (8).

2.1.3. Producción de gas *in vitro*.

La producción de gas *in vitro* es una técnica altamente utilizada para evaluar el efecto de alimentos, dietas y aditivos en la fermentación ruminal desde mediados del siglo XX. Más recientemente, esta técnica también se ha utilizado para estimar la producción de metano (CH₄), producto de la fermentación ruminal, ya sea por cromatografía de gases, con un analizador de gases portátil o con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) (9).

2.2 Marco referencial.

2.2.1. El Uso de Morera (*Morus alba*) a nivel regional, nacional y mundial.

Está bien establecido que el uso de la morera empezó desde Asia, esta es una planta originaria de China. La cual ha sido utilizada para alimentar al ganado desde hace 5000 años brindando

múltiples beneficios debido a las cualidades nutricionales que este posee, se predomina su alto nivel proteico y su aporte de ATP por motivo estos factores minerales se ha expandido su uso a varias regiones del mundo para implementarlo en la dieta del ganado (10).

Debido a su gran impacto en la ganadería que ha demostrado ser la *Morus albus* se hicieron diversos estudios en los cuales se dio a conocer que la morera tiene una amplia capacidad adaptativa a diferentes condiciones edafoclimáticas lo cual ha sido un gran impacto como conocimiento general para poderla expandir a distintas partes del mundo, incluyendo el Ecuador (10).

La morera tiene un gran alcance por su valor nutritivo y alta palatabilidad. Por lo cual se la ha considerado como un suplemento a pasturas; y por otro lado se la considera que puede ser utilizada para la sustitución de ciertos alimentos que se encuentran basados en cereales. A pesar de conocer los beneficios de la *Morus albus*, en los sistemas de producción ganaderos no se está implementando por los productores en la Provincia, Los Ríos, Ecuador. En el país aún existe resistencia al uso de la morera por parte de los pequeños productores y campesinos debido al desconocimiento que existe de su aporte nutritivo (10). El objetivo de este trabajo es poder brindar información del uso de la morera para poderla implementar de manera regional y nacional para atribuirle en la dieta de los toros. De esta manera expandirla apropiadamente con la finalidad de mejorar el aporte nutricional que tienen en su dieta los bóvidos.

Tabla 1.*Distribución mundial de Morus alba en algunas zonas representativas a nivel mundial*

Zona Geográfica	País	Especies del género <i>Morus alba</i>	Variedades de <i>Morus alba</i>
Asia	China	5	10
	Indonesia	6	2
	Vietnam	3	100
	Japón	6	19
	India	4	17
América	Brasil	1	90
Europa	Italia	5	25
África	Tanzania	1	

Fuente: (11)

2.2.2. Principales usos.

Independientemente de su utilización en la sericultura, se reconocen otros múltiples empleos y beneficios (12), los cuales demuestran el potencial de explotación desde el nivel familiar hasta la industria. Dada su elevada adaptabilidad y grado de selección, se reportan más de una decena de usos en el mundo; y en la actualidad, más de 42 países la utilizan de una u otra forma. Del total de naciones que cultivan la morera, el desglose, según su uso corresponde a 60% en actividades agrícolas; 48% en la fabricación de la seda y como forrajera; 26% en labores de jardinería, paisajismo y preparación de infusiones; 31% como alimento y 14% como frutal, además de emplearse para mejorar el ecosistema (13).

En algunos países como México, Egipto, Turquía, Grecia, Japón y Corea, se usa como árbol frutal. La fruta, llamada mora, se consume fresca o procesada como jugo, mermelada, frutos secos y para fermentar y hacer vino (14). En otros lugares como Argentina, Bolivia, Perú, Estados Unidos, Francia, Italia y España se utiliza como planta ornamental y como árbol de sombra. La madera de los troncos y las ramas se emplea como leña, en la elaboración de algunas

piezas e implementos, en la ebanistería y la construcción (15); en Japón, la pulpa de la madera se utiliza para elaboración de papel.

Tabla 2.

Usos más novedosos de Morus alba en el mundo durante la actualidad

Usos	Parte utilizada	País	Utilización
Construcción	Tallo	India	Cabinas, muebles, decoraciones y carruajes
Medio de cultivo		China	Multiplicación de Ganoderma lucidum y Auricularia de papel
Materia prima	Ramas y corteza	India y Japón	Fabricación de papel
Combustible	Madera	India	Material energético
Alimento animal	Forraje		Ganado, iguanas, caracoles, peces y aves de corral

Fuente: (11)

2.2.3. Producción de biomasa.

Algunas de las características más sobresalientes de *Morus alba* son su excelente producción de biomasa por unidad de área y su alta retención de hojas durante el periodo seco. La información disponible acerca de la producción de biomasa está relacionada exclusivamente con las hojas, ya que es la parte especialmente utilizada para alimentar al gusano de seda. De Francia se reportan producciones de hoja verde de 17,000 kg/ ha con distanciamientos de 7 x 7m. Con mayores densidades se han obtenido rendimientos de 30,000 kg/ha (1).

Los rendimientos de esta especie están relacionados con la edad de la plantación y, específicamente, con el diámetro del tronco (16). El autor reportó que la producción de hoja, por año en monocultivo, se incrementó de 6,500 kg en el primer año hasta 33,500 en el séptimo año. En buenos terrenos, la producción de hojas verdes por planta, varía de 9 a 70 kg/ha cuando

el diámetro del tronco a su altura media aumenta de 7 a 55cm. Con 22.5 t de heces humanas y 300 kg de sulfato de amonio, la producción de hojas verdes puede alcanzar 13 t/ha/año (17). En Paraguay se han obtenido rendimientos de 20,000 kg de hoja fresca en plantaciones de 4 años con podas a 30 cm del suelo (15).

El rendimiento de la morera es afectado por una serie de factores, entre los que se destacan: la época, el riego, la densidad de siembra, la fertilización, la frecuencia de corte y la edad de la planta. No obstante, la mayoría de los resultados señalan que los factores que más influyen en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra, la fertilización y la frecuencia de corte (15).

También se ha demostrado que la posibilidad de intercalar leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas; así como otros cultivos, como hortalizas, para utilizar su follaje como abono verde, es una alternativa que puede estimular la obtención de altos niveles de producción de biomasa (18).

Otros factores tales, como la variedad y las condiciones edafoclimáticas también pueden influir en la producción. En este sentido evaluaron cuatro variedades de Morera (Acorazonada, Tigreada, cubana e Indonesia) y encontraron que la variedad cubana alcanzó los mayores rendimientos de biomasa total (8,2 tMS/ha); sin embargo, la variedad Acorazonada se destacó por producir 4.6 tMS/ha de biomasa comestible, rendimientos muy superiores al alcanzado por las restantes variedades (12).

2.2.4. Composición química y valor nutritivo.

Todas las especies de morera, especialmente *M. alba*, son consideradas plantas extremadamente peculiares; su composición química y su calidad, desde el punto de vista nutricional, se suman también a las características distintivas de la especie. Como forraje, reúne excelentes características bromatológicas (16), informa contenidos de proteína cruda superiores al 20% MS y de DIVMS por encima del 80%. Presenta una composición aminoacídica similar a la de la

harina de soya; definida como una gran fuente de aminoácidos, de los cuales, la mitad son aminoácidos esenciales (14). Los contenidos de cenizas totales pueden llegar a ser superiores al 15% en dependencia del grado de fertilización del suelo, aunque normalmente oscilan entre 10 y 15% (16).

Las hojas contienen gran cantidad y diversidad de macro y microelementos, llegándose a observar acumulaciones cuantitativas de calcio en los idioblastos de las células (18). Esta planta presenta apreciables niveles de vitaminas, fundamentalmente de los grupos B y C; de las cuales se destacan los ácidos nicotínico y pantoténico, la riboflavina y el ácido ascórbico (0.3 % MS) (15).

En la actualidad, su valor nutritivo ha sido estudiado mediante todas las técnicas de digestibilidad y degradabilidad disponibles en el mundo. (19), en un experimento in vivo utilizando cabras, demostraron que las hojas tuvieron una digestibilidad superior al 78%, y mediante técnica in vitro se comprobó un porcentaje de desaparición entre 80 y 90% (16).

Por otra parte, en los estudios desarrollados por (16), la degradabilidad ruminal de las hojas y los tallos tiernos, empleando bolsas de nailon, fue superior al 80% a las 48 horas, lo que demuestra la mayor digestibilidad de estas porciones comparadas con otros forrajes tradicionales como *Leucaena leucocephala* (15).

Adicionalmente, observaron degradaciones de la MS, la PC y la fibra neutro detergente (FND) de 93.3; 97.0 y 84.9, respectivamente, asimismo, mediante la técnica de producción de gases, llegaron a la conclusión que el estado de maduración de la hoja, así como el periodo del año, influían en la cantidad de gas producido, demostraron que las hojas jóvenes presentaban un potencial doblemente superior de producción de gases (60.6 ml/200mg) al compararlas con las hojas maduras (16).

2.2.5. Beneficios de la morera en la dieta de los toros.

En estos últimos años la *Morus albus* es destacada como una especie altamente reconocida, utilizada ampliamente en distintos países y por los campesinos debido a su gran aceptación, principalmente con el objetivo de alimentar al ganado y prosperar la agricultura urbana. Por lo tanto, este trabajo informativo busca poder expandir su uso y ejecutar de manera prospera su uso en la dieta de los bóvidos centrándonos en el Ecuador debido a que aún existe desconocimiento de sus beneficios (19).

Incluir la morera en la dieta de los toros busca poder obtener todos los nutrientes como los oligoelementos que son el hierro, manganeso, cobalto, níquel y zinc. También posee su eminente índice de actividad proteica y su alto aporte energético de ATP que favorece al ganado. Además de poseer excelentes cualidades organolépticas. Tenemos que tomar en consideración que se tiene en conocimiento que la digestibilidad *in vitro* varía de 70 a 80% (1).

Lo que se destaca de la morera es que se acopla fácilmente a las diversas condiciones climáticas y los distintos terrenos, lo cual nos lleva a la conclusión que tendrá un fácil manejo y rápido acoplamiento en el Ecuador. Tomando todos estos puntos en consideración de como la morera brinda excelentes aportes nutritivos y de su gran acoplamiento a las distintas condiciones climáticas llegamos a deducir se convierte ideal para su producción masiva y eficaz para su uso en la dieta de los bóvidos (20).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización.

La presente investigación se realizó en el Campus “La María”, en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ambas instalaciones se encuentran en la Provincia de Los Ríos, del Cantón Mocache, ubicado en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, a una altura de 73 msnm, temperatura promedio de 24,70 °C, una precipitación de 1640,90 mm año⁻¹, posee una humedad relativa del 84,54% y una topografía plana. La ubicación geográfica es de 1° 3’18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste (21). El trabajo de la investigación tendrá una duración de 60 días.

3.2 Condiciones agroclimáticas.

Tabla 3.

Descripción de las condiciones agroclimáticas del Cantón Mocache, lugar el cual se desarrolló la presente investigación.

Parámetros	Promedios
Temperatura °C	25,47
Humedad relativa, %	85,84
Precipitación, anual mm	2223,85
Heliofanía, horas/ luz/ año	898,66
Evaporación, promedio anual (%)	78,30
Zona ecológica	Bosque tropical Húmedo (Bh-T)

Fuente: (22).

3.3 Tipo de investigación.

La investigación es catalogada de tipo experimental, puesto que se evaluará como influye la planta forrajera como la MORERA (*Morus alba*) argentea en diferentes inóculos ruminales, en los parámetros de cinética de degradación ruminal y producción de gas in vitro. Contribuye a la línea de investigación haciendo enfoque al comportamiento agronómico, evaluación y mejoramiento de las características nutricionales y métodos de conservación de gramíneas,

leguminosas, subproductos agropecuarios y residuos agroindustriales con fines para la alimentación de los animales. (21)

3.4 Métodos de investigación.

3.4.1. Método comparativo.

El método comparativo permite aplicar un reconocimiento y comparar los resultados obtenidos entre los tratamientos, procesos que ayudaran a la determinación de los parámetros de la degradación y producción de gas *in vitro* óptima.

3.4.2. Método experimental.

El método experimental se aplicará para dar una confiabilidad a los resultados obtenidos en las distintas variables evaluadas, mediante la aplicación de un análisis de la varianza por otra parte, para la comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.5 Fuentes de recopilación de información.

3.5.1. Primarias.

La información primaria se obtendrá mediante el desarrollo de la investigación siendo los resultados obtenidos a través de los distintos análisis como los parámetros de degradación y la producción de gas *in vitro* quienes determinaran el mejor resultado obtenido de cada tratamiento.

3.5.2. Secundarias.

Se utilizó un diseño completamente al azar 3 tratamientos y 6 repeticiones, todas las variables se las analizaron según el diseño planteado mediante una ANOVA de una vía utilizando el PROC GLM del SAS. Las comparaciones de medias se analizaron mediante la prueba de Tukey.

Las dietas experimentales y la composición química se detallan en la Tabla 4. Las dietas se balancearon según el AFRC (1996) cubriendo los requerimientos nutricionales para novillitos de terminación tardía].

- T1. Dieta basal 100%.
- T2: dieta basal (80%) + 20 % morera.
- T3: dieta basal (60%) + 40 % morera.

Tabla 4.

Tratamientos elaborados con niveles crecientes de M. alba.

	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Concentrado	100	80	60
<i>M. alba</i>	0	20	40
Total	100	100	100
Composición química			
MS	50,9	45,2	39,5
PB	13,5	11,8	10,1
FDN	47,8	38,7	29,7
FDA	30,9	24,8	18,7

Los ingredientes que conforman el concentrado, fueron publicados previamente por Guishca-Cunuhay (2022). La composición bromatológica de *M. alba* se ha publicado previamente por Zapatier (2021). MS: Materia Seca; PB: Proteína cruda; FDN: Fibra Detergente Neutra; FDA: Fibra Detergente Ácida.

Las variables se analizarán según el diseño empleado utilizando PROC GLM del SAS. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Excepto la cinética de degradación ruminal *in vitro* de la MS y la producción de gas *in vitro*, se analizará con el programa Graphpad Prism 6.

3.6 Instrumento de investigación.

3.6.1. Materia seca (%).

El porcentaje de materia seca se obtiene mediante la extracción de muestras, que se colocará en una estufa a 65°C durante 48 horas (23).

Los cálculos correspondientes se utilizará la siguiente fórmula.

Ecuación (1). Materia Seca

$$MS \% = \frac{MI - MF}{MI} \times 100$$

Donde:

MS= Materia seca

MI= Materia inicial

MF= Materia final

3.6.2. Digestibilidad *in situ*.

La técnica de digestibilidad *in situ* (DISMS) utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal. Este método ha ganado gran aceptación cuando se requiere medir la digestibilidad aparente de la materia seca, fibra, y nitrógeno, debido principalmente a la rapidez con que se puede obtener resultados y porque no demanda de equipos y materiales que requieren las otras técnicas (24). Sin embargo, la utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, y del tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra.

3.6.3. Degradabilidad ruminal *in situ*.

Se evalúa mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen, descrita por Ørskov et al. (1980). En cada animal se coloca una bolsa con MS de cada tratamiento y se incubarán por 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Las bolsas serán removidas al final de los periodos de incubación, lavadas con agua corriente y secadas a 60 °C. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h) no se incubarán en el rumen y solo se lavaron con agua corriente. Los residuos se almacenarán en bolsas de polietileno a -4 °C. La desaparición de los nutrientes es calculada como una proporción del material incubado y residual. Los datos serán ajustados a la ecuación: $Y = a + b(1 - e - ct)$ (24).

Ecuación (2). Degradabilidad ruminal *in situ*.

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Dónde:

Y= degradabilidad potencial

t= tiempo de incubación

a= intercepto con el eje "Y " en el tiempo cero, representando el sustrato soluble y completamente degradable que sale rápidamente de la bolsa.

b= la diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota, representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos

c= tasa constante de la degradación de la fracción b (% h⁻¹)

(a+b) = simboliza la fracción potencialmente degradable de la muestra.

3.6.4. Producción de gas *in vitro*.

Se utilizará la técnica de producción de gas *in vitro*, la producción de gas se determinará según la metodología descrita por (25). De cada tratamiento se recolectará en botellas de vidrio de 100 ml de capacidad nominal 0,3 g de materia seca (MS) (25).

Posteriormente se añadió 60 ml de inóculo ruminal (70:30 medio/inóculo ruminal) bajo un flujo de CO₂ constante. Las botellas se sellarán y se incubarán a 39 °C en un baño maría para alcanzar la etapa mesofílica. La presión de gas y el volumen se midieron manualmente a las 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas después de la incubación con un transductor de presión DELTA OHM modelo DO 9704 (Delta OHM, Padova, Italia) con jeringas plásticas. Para cada tratamiento se utilizaron cuatro botellas (repeticiones) por cada tiempo de incubación y cuatro botellas adicionales como blanco. La producción de gas se ajustó a la ecuación (3) descrita por (26).

Ecuación (3). Producción de gas *in vitro*

$$y = B\{1 - \exp^{(-c)(x)}\}$$

Donde:

y= Producción acumulada de gas

B= Asíntota de producción de gas

c= Tasa fraccionaria de producción de gas

x= Tiempo de medición del gas

3.6.5. Análisis químico.

La Materia Seca (MS), Nitrógeno (N) y ceniza se determinó según lo dispuesto por (27).

3.7 Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Materiales de Oficina.

- Computadora
- Cámara
- Libreta de campo
- Esfero
- Calculadora
- Cámara
- Flas memory

3.7.2. Equipos de oficina.

- Estufa
- Balanza graméa
- Desecador
- 3 animales
- Mufla
- Espátula
- Balanza analítica
- canuladios

3.7.3. Materiales de laboratorio.

- Fundas de papel
- Botellas de vidrio
- Tapas de metal
- Sellador
- Guantes
- Mandil
- Etiquetas

3.7.4. Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado 96-98%
- Solución de hidróxido de sodio al 40%
- Solución de ácido bórico al 2%
- Solución de ácido clorhídrico 0,1 N, Estandarizada
- Tabletas catalizadoras
- Indicador Kjeldahl
- Agua destilada
- Acetona
- Ácido sulfúrico concentrado 96-98%
- Solución de hidróxido de sodio al 40%
- Solución de ácido bórico al 2%
- Solución de ácido clorhídrico 0,1 N, Estandarizada
- Tabletas catalizadoras
- Indicador Kjeldahl
- Agua destilada
- Acetona
- Indicador para titulación de proteína
- Solución FDA ANKOM
- Fosfato Dibásico
- Bicarbonato de Sodio
- Cloruro de Sodio
- Cloruro de Potasio
- Cloruro de Calcio
- Cloruro de Magnesio
- Sulfito de Sodio
- Alfamilasa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.

4.1.1. Degradación ruminal y digestibilidad *in situ* de la MS.

La cinética de degradación ruminal y digestibilidad *in situ* de la MS mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0,05$) siendo la fracción B, degradación efectiva para las tasas de pasaje 0,02% - 0,05% y digestibilidad a las 24h y 48h, encontrándose valores más altos en T1 y T3 respecto a T2. No obstante, la fracción A, c y A+B no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) (Tabla 5). Del mismo modo, la curva de degradación mostro una mayor degradación en T1 y T3 que tiene un constante crecimiento hasta la hora 96 (Figura 1).

Tabla 5.

Cinética de degradación ruminal y digestibilidad in situ de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (Morus alba).

	Tratamientos			EEM	P-Valor
	T1	T2	T3		
Degradación <i>in situ</i> MS					
A	37,6a	39,5a	38,3a	1,5	0,6812
B	42,3a	32,6b	41,0a	1,8	0,0150
c	0,024a	0,021a	0,025a	0,004	0,8259
A+B	79,9a	79,4a	72,0a	2,5	0,1153
Degradación efectiva MS					
0.02	60,3a	55,9b	60,8a	0,5	0,0010
0.05	51,1a	49,0b	51,8a	0,4	0,0039
0.08	47,2a	46,2a	47,9a	0,5	0,1111
Digestibilidad <i>in situ</i> MS					
24h	55,9ab	52,7b	58,3a	1,0	0,0181
48h	66,7a	59,8b	65,6a	1,0	0,0064

^{a, b, c}: Medias con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% morera, T3: 60% Concentrado + 40% morera. A, Fracción soluble; B, Fracción insoluble pero potencialmente degradable; c, Tasa de pasaje en % hora; A+B, Degradación potencial; EEM: Error Estándar de la Media

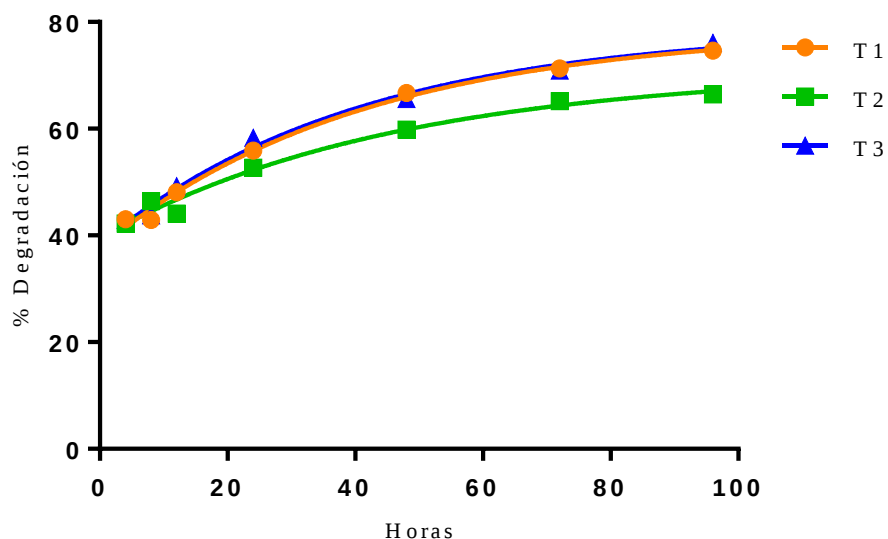


Figura 1. Cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (*Morus alba*). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% morera, T3: 60% Concentrado + 40% morera.

4.1.2. Producción de gas *in vitro* de la MS.

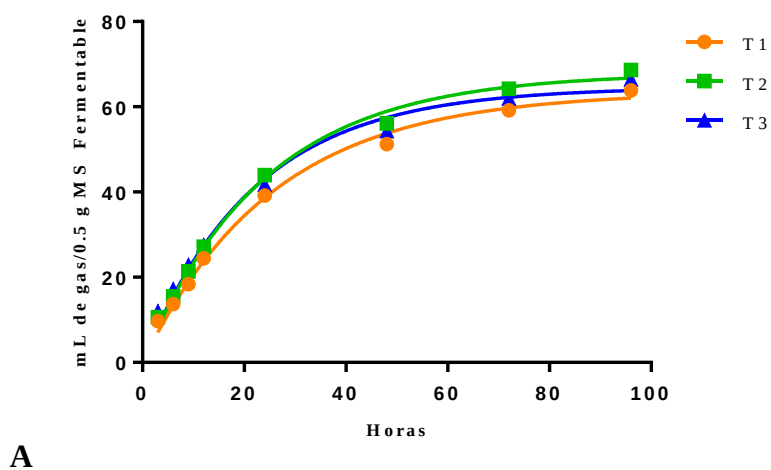
La producción de gas *in vitro* no mostro diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P > 0,05$) en la fracción B y c respectivamente (Tabla 6). La curva de producción de gas muestra una producción ascendente hasta la hora 48 aproximadamente que, posteriormente se estabiliza en el tiempo (Figura 2A y 2B).

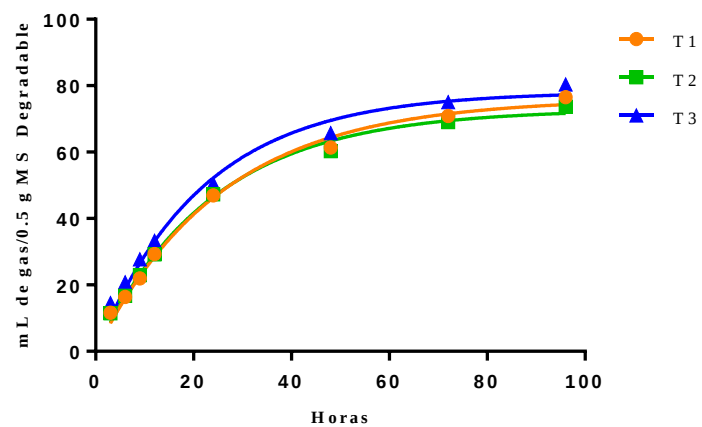
Tabla 6.

Producción de gas in vitro de dietas con diferentes niveles de inclusión de Morera (Morus alba).

	Tratamientos			EEM	P-Valor
	T1	T2	T3		
0.5 g MS Degradada					
B	76,2a	73,1a	78,2a	2,6	0,4289
c	0,039a	0,043a	0,046a	0,002	0,1268
0.5 g MS Fermentada					
B	63,6a	68,1a	64,6a	2,7	0,4787
c	0,039a	0,043a	0,046a	0,002	0,1268

a, b, c: Medias con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% Morera, T3: 60% Concentrado + 40% Morera. B, Producción total de gas; c, Tasa de producción de gas por % hora; EEM, Error Estándar de la Media





B

Figura 2. Producción de gas in vitro de la MS de dietas con diferentes niveles de Morera (*Morus alba*). T1: 100% Concentrado, T2: 80% Concentrado + 20% Morera, T3: 60% Concentrado + 40% Morera.

4.2 Discusión

4.2.1. Degradación ruminal y digestibilidad *in situ* de la MS.

La mayor degradación ruminal y digestibilidad *in situ* de los nutrientes en T1 y T3 en la fracción B, degradación efectiva para las tasas de pasaje correspondientes a 0,02% - 0,05% y digestibilidad a las 24h y 48h se debe probablemente a la mayor disponibilidad de carbohidratos altamente solubles en el sustrato (28) que según Salem *et al.* (29) promueven el crecimiento de microorganismos ruminales beneficiosos y favorecen su actividad Barros *et al.* (30). Por otro lado, la menor degradación encontrada en la fracción B en T2, se debe probablemente a la baja disponibilidad de proteína soluble en el sustrato y sus características físico-químicas. Diferente a lo expuesto en T3, que se encuentra influenciada probablemente por la mayor inclusión de *M. alba* en la dieta, que probablemente incremente la disponibilidad de aminoácidos, péptidos y amoníaco, sustratos fundamentales para el crecimiento y actividad de los microorganismos ruminales (31). Resultados similares fueron expuestos por Aragadvay-Yungán *et al.* (32).

4.2.2. Producción de gas *in vitro*.

La producción de gas *in vitro* está estrechamente ligada al componente físico-químico del sustrato, principalmente relacionada al tipo de carbohidrato predominante en la dieta Rufino-Moya *et al.* (33) lo que, explicaría la falta de efectos sobre la producción de gas en el presente estudio. Este efecto se atribuye, probablemente a la baja disponibilidad de carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa), en todos los tratamientos (Tabla 4), que predispone la producción de un perfil de ácidos grasos propios de dietas concentradas (altas en grano o subproductos agroindustriales), caracterizadas por la disminución molar de ácido acético y aumento en la cantidad de ácido propiónico, con la consecuente disminución de iones de H en el rumen, indispensable para las arqueas metanógenas y protozoos en la biosíntesis de CH₄ y la acumulación de CO₂, por su deficiente utilización en la reducción a CH₄ (34). Esto puede evidenciarse en los animales, con un mayor rendimiento productivo, atribuido a una mayor producción de ácido propiónico y menor producción de GEI (6). Resultados que concuerdan con los encontrados por García-Rodríguez *et al.* (32).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Bajo las condiciones de este experimento podemos concluir que la inclusión de *Morus alba* en la dieta de toros de engorde sobre la cinética de degradación ruminal de la materia seca y se evidencio efectos positivos al añadir el 40 % del forraje respecto al 100% de concentrado que, lo cual podría beneficiar positivamente hacia la reducción de costos de alimentación. Con respecto al efecto sobre la producción de gas no se observó incremento de gas al utilizar porcentajes de 40% de *Morus alba*, respecto a la dieta testigo de 100 % concentrado.

5.2 Recomendaciones.

- Se sugiere evaluar el comportamiento productivo in vivo, con base en los resultados encontrados en el presente estudio, con la finalidad de determinar la versatilidad de la utilización de fuentes forrajeras no convencionales (*Morus alba*) como material vegetal en la dieta de toros en sistemas intensivos.
- Se recomienda evaluar las características fermentativas en el rumen con niveles superiores al 40% empleadas en el presente estudio.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1 BIBLIOGRAFÍA

1. Boschini C, Dorman HCA. Producción de biomasa de la morera (*Morus alba*) en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 1998; 9(2): p. 31-40.
2. González N, Galindo J, Aldana AI, Moreira O, Sarduy L, Abdalla LA, et al. Evaluación de diferentes variedades de morera (*Morus alba*) en el control de la metanogénesis en líquido ruminal de búfalos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 2010; 44(1).
3. Tirfessa G, Tolera A. Evaluación comparativa de composición química, fermentación in vitro y producción de metano de forrajes arbóreos seleccionados. *Sistemas Agroforestales*. 2020; 4(1445-1454).
4. Bhatta R, Yabumoto Y, Nonaka I, Takusari N, Higuchi K, Tajima K, et al. Reducción de metano y partición de energía en cabras alimentadas con dos concentraciones de tanino de Mimosa. *J. Ciencia Agrícola*. 2012; 151(119-128).
5. Delgado D, González R, Galindo J, Cairo J, Almeida M. “Potencialidad de *Trichantera gigantea* y *Morus alba* para reducir la producción ruminal de metano in vitro”. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 2007; 4(41).
6. Fajemisin A, Omotoso O. Ingesta de materia seca y ganancia de peso de ovinos enanos de África Occidental alimentados con *Pennisetum purpureum* sustituido con hojas de morera (*Morus alba*). *Desarrollo*. 2020; 3(32).
7. Martín G, Noda Y, Pentón G, García D, García F, González E, et al. La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. *Redalyc*. 2007; 30(3): p. 2-23.
8. Kamande G. Digestión ruminal y nutrición. En: Congreso de forrajesUSA; 2006 p. 52-57.
9. Ramírez M. Técnica de producción de gas in vitro para estimar la producción de metano. *Agroproductividad*. 2018; 11(2).
10. Torres E, Sánchez A, Espinoza I, Barrera A, Verdecia D, Ramírez J, et al. Productividad, composición química y cinética de degradación ruminal in situ del *Morus alba* a diferentes edades de rebrote. *Scielo*. 2019; 53(4).

11. García D, Noda Y, Medina M, Martín G, Soca M. La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Avances de investigación agropecuarios*. 2006; 10(1).
12. Zepeda J. El árbol de oro. Los mil usos de la morera. *Medio Ambiente*. 1991; 47(5).
13. Sujathamma P, Savithri G, Kavyasudha K. Valor añadido de la morera. *Revista internacional de Tecnologías Emergentes en Ciencias Computacionales y Aplicadas*. 2013; 3(4).
14. Arias E, Sánchez M. La morera como frutal. En: Conferencia V Taller Internacional Silvopastoril Matanzas, Cuba; 2002 p. 23.
15. Ye Z. Factor que influye en el rendimiento de la hoja de morera. *Producción y salud animal*. : p. 123-130.
16. Benavides J. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central. *Agroforestal*. 1991; 25(2).
17. Ting-Zing Y, Guang-Xien H, Ben Z. Cultivo de morera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1998; 1(73).
18. Kalvatchev Z, Garzaro D, Guerra F. Theobroma Cacao L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria. Revista agroalimentaria*. 1998; 4(6).
19. Lara P, Canché C, Magaña H, Aguilar E, Sanginés R. Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Redalyc*. 2009; 43(3).
20. Lara PE. Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera. 2007; 43(3).
21. INIAP. HYPERLINK "Estación Experimental Tropical Pichiñingue". Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y agua. Km 5 carretera Quevedo - El Empalme- Ecuador. 2016.
22. Loayza E. Evaluación de efectos anabólicos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. 2012.
23. Sanchez. Composición química y degradabilidad ruminal in situ Quevedo; 2016.
24. Ørskov E, McDonald I. Estimación de la degradación de las proteínas en el ponderado según la tasa de peso. *Ciencia agrícola*. 1979; 92(10).

25. Theodorou M, Williams B, M. D, Mcallan A., France J. Un método sencillo de producción de gas mediante un transductor de presión para determinar la cinética de fermentación de los alimentos para rumiantes. *Tecnología de la alimentación animal*. 1994; 48(6).
26. Krishnamoorthy U, Soller H, Steingass H, Menke K. Un estudio comparativo sobre la fermentación ruminal de suplementos energéticos in vitro. *Revista de Fisiología Animal y Nutrición Animal*. 1991; 65(1-5).
27. A.O.A.C.. Métodos Oficiales de Análisis. 15th ed. Washington DC; 1990.
28. Junior M, Jobim C, Osmari M, Tres T. Aditivos nutricionales en ensilaje de maíz de alta humedad. *Brazilian agricultural sciences*. 2017; 12(105-111).
29. Salem A, El-Adawy M, Gado H, Camacho L, Ronquillo M, Alsersy H, et al. Efectos de las enzimas exógenas sobre la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento del crecimiento en ovejas y cabras. *Agroecosistema Tropical Subtropical*. 2011; 14(867-874).
30. Aragadvay-Yungán R, Rodríguez MB, Basantes-Basantes E, & Cando ÁC. Valor nutricional, producción de gas in vitro y degradación ruminal in situ de ensilaje de maíz enriquecido con *Saccharomyces cerevisiae*. *Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2022; 1(33).
31. Vargas L, Andrade V, Barros-Rodríguez M, Lima-Orozco R, Macías-Rodríguez E, Contreras-Barros K, et al. Influencia del forraje de *Acacia Mearnsii* en la digestión del rumen y la mitigación de la producción de gases de efecto invernadero. *Animales*. 2022; 12(17).
32. García-Rodríguez A, N. M, G. F, L. O. Una técnica de producción de gas como herramienta para predecir la digestibilidad de la materia orgánica del ensilaje de pasto y maíz. *Anim Feed Sci Tech*. 2005; 124(267-276).
33. Rufino-Moya P, Blanco M, Lobón S, Bertolín J, Armengol R, Joy M. Es recomendable la inclusión de concentrado con quebracho en dos dietas de ovejas a base de forraje según los parámetros de fermentación in vitro. *Animales*. 2019; 9(451).
34. Vargas-Ortiz L, Chavez-Garcia D, Barros-Rodríguez M, Andrade-Yucailla V, Lima-Orozco R, Macías-Rodríguez E, et al. Función ruminal y producción de gas in vitro de dietas influenciadas por dos niveles de forraje rico en taninos. *Fermentación*. 2022; 8(11).

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Figura 3. Pesaje de muestras



Figura 4. Preparación de inóculo ruminal.



Figura 5. Preparación de saliva artificial.



Figura 6. Saliva artificial e inóculo ruminal.



Figura 7. Colocación de inóculo ruminal: saliva artificial (relación 30:70)



Figura 9. Colocación de botellas ámbar con inóculo ruminal: saliva artificial (relación 30:70) en baño maría.



Figura 8. Colocación de tapas de botellas de ámbar y sellado hermético



Figura 10. Pesaje de muestras para degradabilidad ruminal *in situ*



Figura 11. Especímenes para el proyecto de investigación



Figura 12. Colocación de muestras de degradabilidad dentro del rumen del animal.



Figura 13. Lavado de muestras, degradabilidad ruminal.

