



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

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
Agropecuario

Título del Proyecto de Investigación:

“COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDAD Y PRODUCCIÓN
DE GAS *IN VITRO* EN FORRAJE DE MORERA (*Morus alba*)”

Autor:

Jefferson Alexander Orosco Zambrano

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Carlos Javier Meza Bone. PhD.

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, **Orosco Zambrano Jefferson Alexander**, declaro que el trabajo aquí descrito es de 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 correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual por, su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

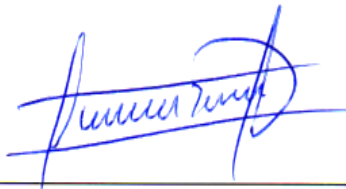


Orosco Zambrano Jefferson Alexander

C.I. 172495963-8

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Carlos Javier Meza Bone**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Jefferson Alexander Orosco Zambrano**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en forraje de morera (*Morus alba*)**”, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Dr. Carlos Javier Meza Bone

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINDIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENECYT, el suscrito Dr. Carlos Meza Bone; en calidad de Director del Proyecto De Investigación titulado **“Composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en forraje de morera (*Morus alba*)”**, de autoría del estudiante **Orosco Zambrano Jefferson Alexander**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el sistema URKUND es del 8% el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos. Se extiende el presente reporte para que la aspirante continúe con la gestión de titulación respectiva.

URKUND	
Documento	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA, DIGESTIBILIDAD Y PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO EN FORRAJE DE MORERA (Morus alba) Orosco Zambrano Jefferson 2.doc (D150045774)
Presentado	2022-11-17 15:05 (-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
	8% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Dr. Carlos Javier Meza Bone

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en forraje de morera
(*Morus alba*)”

Presentando al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Gary Meza Bone

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Ronald Cabezas Congo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Adolfo Sánchez Laiño

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero darle gracias a Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida y darme fuerzas y sabiduría para culminar este nuevo logro.

A mis abuelos que siempre estuvieron brindándome sus buenos consejos y diciéndome que nunca me rindiera sin importar que tan difícil sea la situación.

A mis padres, hermanos y demás familiares les agradezco infinitamente que siempre me apoyaron en todo aspecto.

A mis compañeros de clase que de alguna manera u otra nos apoyamos para lograr culminar este objetivo de ser profesionales, aparte de que hicieron que la universidad sea una de las mejores etapas de mi vida, les deseo mucha suerte y éxito en su vida.

A mi tutor mi más grande y sincero agradecimiento por brindarme la confianza y sobre todo su conocimiento y enseñanza, ya que sin el este proyecto no se hubiera podido llevar a cabo.

Le agradezco a toda aquella persona que en su momento aportó con su conocimiento en la culminación de este proyecto de investigación.

A mis docentes y a la UTEQ en general muchas gracias por la enseñanza y los conocimientos otorgados, los cuales aportaron para mi formación personal y profesional.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación se lo dedico principalmente a Dios, a mis padres y abuelos, por todo el apoyo durante mi formación académica, sobre todo por el amor, motivación y consejos constantes brindados que me ayudaron a siempre sobresalir de muchas situaciones dificultosas.

A mis hermanos y otros familiares que siempre me toman de ejemplo espero les sirva como una guía de que todo lo que se propongan se cumple siempre y cuando trabajen para ello.

Y también esto va dedicado para todas aquellas personas que en algún momento me ayudaron en algún aspecto, en especial a todas aquellas que me brindaron de su conocimiento...

Jefferson Orosco Zambrano

RESUMEN

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 7½ de la vía Quevedo-El Empalme. El objetivo de la investigación fue determinar la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en hojas y tallos en el forraje de morera (*Morus alba*) a diferentes niveles de abono orgánico (compost) durante la época seca. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹) y 4 repeticiones y las comparaciones estadísticas se efectuaron por medio de la prueba de Tukey (P<0.05). Las variables evaluadas dentro de los parámetros de la composición bromatológica fueron MS, MO, PC, FDN y FDA, en la digestibilidad se evaluaron las variables MS, FDA y FDN, mientras que, en la producción de gas *in vitro* se evaluó la variable MS. Acorde con los resultados obtenidos se pudo conocer que en la composición bromatológica en hojas el mayor contenido de MS se obtuvo en los T2 y T1 (22.4 y 22.18%), en MO T2 y T1 (84.68 y 84.38%), en PC fue T3 (35.29%), en FDN T4 (29.04%) y en FDA se registró en T4 y T3 (17.38 y 16.58%), mientras que en tallos el mayor contenido de MS se obtuvo en el T2 (25.97%), en MO T4, T2 y T3 (93.27, 93.19 y 93.09%), en PC T3 (12.46%), en FDN T4 (56.86%) y en FDA T4 y T3 (41.66 y 41.27%). Con respecto a la digestibilidad *in vitro* en hojas el T4 presentó los mejores resultados en DIVMS (79.58%), DIVFDN (53.41%) y DIVFDA (44.86%), mientras que en tallos la DIVMS, DIVFDN y DIVFDA no registraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En los parámetros de la producción de gas *in vitro* sus valores obtuvieron promedios similares sin tener diferencias significativas.

Palabras claves: *Morus alba*, compost, composición bromatológica, digestibilidad *in vitro*.

ABSTRACT

The present investigation was carried out at the Campus "La María", in the Laboratory of Rumiology and Nutritional Metabolism "RUMEN" of the State Technical University of Quevedo. Both facilities are located in the Province of Los Ríos, Canton Mocache, located at km 7½ of the Quevedo-El Empalme road. The objective of the research was to determine the bromatological composition, digestibility and *in vitro* gas production in leaves and stems of mulberry (*Morus alba*) forage at different levels of organic manure (compost) during the dry season. A completely randomized design (CRD) with 4 treatments (T1= *M. alba* 0 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost plant⁻¹ cut⁻¹) and 4 replications was used and statistical comparisons were performed by Tukey's test ($P < 0.05$). The variables evaluated within the parameters of bromatological composition were DM, OM, CP, NDF and FDA, in digestibility the variables DM, FDA and NDF were evaluated, while in *in vitro* gas production the variable DM was evaluated. According to the results obtained, it was found that in the bromatological composition in leaves the highest DM content was obtained in T2 and T1 (22.4 and 22.18%), in OM in T2 and T1 (84.68 and 84.38%), in CP in T3 (35.29%), in NDF in T4 (29.04%) and in FDA in T1 (29.04%). 04%) and in FDA was recorded in T4 and T3 (17.38 and 16.58%), while in stems the highest DM content was obtained in T2 (25.97%), in MO T4, T2 and T3 (93.27, 93.19 and 93.09%), in CP T3 (12.46%), in NDF T4 (56.86%), T4 and T3 (41.66 and 41.27%) in FDA. With respect to *in vitro* digestibility in leaves, T4 presented the best results in DIVMS (79.58%), DIVFDN (53.41%) and DIVFDA (44.86%), while in stems, DIVMS, DIVFDN and DIVFDA did not show significant differences among the treatments evaluated. In the *in vitro* gas production parameters, their values obtained similar averages without significant differences.

Key words: *Morus alba*, compost, bromatological composition, *in vitro* digestibility.

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de autoría y cesión de derecho	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificación del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Introducción.....	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 Problematización de la investigación.	4
1.1.1 Planteamiento del problema.	4
1.1.2 Diagnóstico.....	5
1.1.3 Pronóstico.....	5
1.1.4 Formulación del problema.....	5
1.1.5 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos.	6
1.2.1 Objetivo General.	6
1.2.2 Objetivos Específicos.	6
1.3 Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1 Marco Conceptual.	9
2.2 Marco Referencial.	9
2.2.1 Origen de la morera (<i>Morus alba</i>).	9
2.2.2 Taxonomía.....	10
2.2.3 Morfología.....	10
2.2.4 <i>Morus alba</i> y la ecología.	11
2.2.5 Adaptación de la morera.....	11
2.2.6 Plagas y enfermedades.	11
2.2.7 Calidad nutricional de la morera.	12

2.2.8	Establecimiento de la morera.	12
2.2.9	<i>Morus alba</i> en Ecuador.	12
2.2.10	Alimentación de bovinos con morera.....	13
2.2.11	Usos potenciales de la morera.	13
2.2.12	Fertilización orgánica.	13
2.2.13	Fertilizantes orgánicos.....	14
2.2.14	Manejo y rendimiento agronómico de la morera.	14
2.2.15	Compost.....	15
2.2.16	Digestibilidad.	15
2.2.17	Método <i>in vitro</i>	15
CAPÍTULO III		17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		17
3.1	Localización y duración del experimento.	18
3.1.1	Condiciones agroclimáticas.....	18
3.2	Tipo de investigación.	19
3.3	Método de investigación.	19
3.3.1	Método comparativo.....	19
3.3.2	Método experimental.....	19
3.4	Fuentes de recopilación de información.....	20
3.4.1	Primarias.....	20
3.4.2	Secundarias.....	20
3.5	Muestras y tratamientos.....	20
3.6	Diseño de investigación.....	20
3.6.1	Tratamiento bajo estudio.	22
3.6.2	Análisis de abono orgánico.	22
3.7	Instrumento de investigación.....	23
3.7.1	Variables estudiadas.	23
3.7.2	Materia seca.....	23
3.7.3	Materia orgánica.....	23
3.7.4	Proteína cruda.....	23
3.7.5	Fibra detergente neutra (%).	24
3.7.6	Fibra detergente acida (%).	24
3.7.7	Cenizas.	25
3.7.8	Digestibilidad <i>in vitro</i>	26

3.7.9	Producción de gas <i>in vitro</i>	26
3.8	Recursos materiales de la investigación.	27
3.8.1	Materiales y equipos de oficina.....	27
3.8.2	Materiales de laboratorio.....	27
3.8.3	Reactivos.	28
CAPÍTULO IV		29
RESULTADOS		29
4.1	Composición bromatológica.....	30
4.1.1	Composición bromatológica de hojas de <i>Morus alba</i>	30
4.1.2	Composición bromatológica de tallos de <i>Morus alba</i>	30
4.2	Digestibilidad <i>in vitro</i>	31
4.2.1	Digestibilidad <i>in vitro</i> en hojas de <i>M. alba</i>	31
4.2.2	Digestibilidad <i>in vitro</i> en tallos de <i>M. alba</i>	32
4.3	Producción de gas <i>in vitro</i>	33
4.3.1	Producción de gas <i>in vitro</i> en hojas de <i>Morus alba</i>	33
4.3.2	Producción de gas <i>in vitro</i> en tallos de <i>Morus alba</i>	34
CAPÍTULO V.....		38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
5.1	Conclusiones.	39
5.2	Recomendaciones.....	40
CAPÍTULO VI		41
BIBLIOGRAFIA		41
6.1	Bibliografía.....	42
CAPÍTULO VII.....		46
ANEXOS		46
7.1	ANDEVA	47
7.2	Fotografías de la investigación.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la morera (<i>Morus alba</i>).....	10
Tabla 2. Condiciones agroclimáticas del Cantón Mocache	18
Tabla 3. Esquema del experimento. Campus La María 2022	21
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza. Campus La María 2022	22
Tabla 5. Análisis de abono orgánico (compost)	22
Tabla 6. Composición bromatológica de hojas de <i>M. alba</i> cosechada a los 60 días, a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.	30
Tabla 7. Composición bromatológica de tallos en <i>M. alba</i> cosechada a los 60 días, a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.	31
Tabla 8. Digestibilidad <i>in vitro</i> aparente en hojas de <i>M. alba</i> a diferentes dosis de compost durante la época seca.	31
Tabla 9. Digestibilidad <i>in vitro</i> aparente en tallos de <i>M. alba</i> a diferentes dosis de compost durante la época seca.	32
Tabla 10. Parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> (mL gas/0,500 g de fermentación de MS) de hojas de <i>Morus alba</i> cosechada a los 60 días.	33
Tabla 11. Parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> (mL gas/0,500 g de fermentación de MS) de tallos en <i>Morus alba</i> cosechada a los 60 días.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1. Fermentación de producción de gas <i>in vitro</i> [PG (mL gas)] en hojas de <i>Morus alba</i> cosechado a los 60 días. T1= <i>M. alba</i> 0 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T2= <i>M. alba</i> 770 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T3= <i>M. alba</i> 1540 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T4= <i>M. alba</i> 2310 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	34
Figuras 2. Fermentación de producción de gas <i>in vitro</i> [PG (mL gas)] en tallos de <i>Morus alba</i> cosechado a los 60 días. T1= <i>M. alba</i> 0 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T2= <i>M. alba</i> 770 g compost	

planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T3= <i>M. alba</i> 1540 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹ ; T4= <i>M. alba</i> 2310 g compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	35
---	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Modelo matemático	21
Ecuación 2. Materia seca	23
Ecuación 3. Proteína cruda	23
Ecuación 4. Fibra detergente neutra	24
Ecuación 5. Fibra detergente ácida.....	25
Ecuación 6. Cenizas.....	25
Ecuación 7. Producción de gas	26

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Pesaje de las muestras.....	58
Fotografía 2. Determinación de FDA y FDN.....	58
Fotografía 3. Destilador de proteína.....	58
Fotografía 4. Esterilización de tubos de ensayos	59
Fotografía 5. Preparación de saliva artificial	59
Fotografía 6. Secado de bolsas.....	59
Fotografía 7. Etiquetado de muestras.....	60
Fotografía 8. Producción de gas.....	60

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas <i>in vitro</i> en forraje de morera (<i>Morus alba</i>)			
Autor:	Jefferson Alexander Orosco Zambrano			
Palabras clave:	<i>Morus alba</i>	Compost	Composición bromatológica	Digestibilidad <i>in vitro</i>
Fecha de publicación:				
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo			
Resumen:	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 7½ de la vía Quevedo-El Empalme. El objetivo de la investigación fue determinar la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas <i>in vitro</i> en hojas y tallos en el forraje de morera (<i>Morus alba</i>) a diferentes niveles de abono orgánico (compost) durante la época seca. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (T1= <i>M. alba</i> 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= <i>M. alba</i> 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= <i>M. alba</i> 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= <i>M. alba</i> 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹) y 4 repeticiones y las comparaciones estadísticas se efectuaron por medio de la prueba de Tukey (P<0.05). Las variables evaluadas dentro de los parámetros de la composición bromatológica fueron MS, MO, PC, FDN y FDA, en la digestibilidad se evaluaron las variables MS, FDA y FDN, mientras que, en la producción de gas <i>in vitro</i> se evaluó la variable MS. Acorde con los resultados obtenidos se pudo conocer que en la composición bromatológica en hojas el mayor contenido de MS se obtuvo en los T2 y T1 (22.4 y 22.18%), en MO T2 y T1 (84.68 y 84,38%), en PC fue T3 (35.29%), en FDN T4 (29.04%) y en FDA			

	se registró en T4 y T3 (17.38 y 16.58%), mientras que en tallos el mayor contenido de MS se obtuvo en el T2 (25.97%), en MO T4, T2 y T3 (93.27, 93.19 y 93.09%), en PC T3 (12.46%), en FDN T4 (56.86%) y T4 y T3 (41.66 y 41.27%) en FDA. Con respecto a la digestibilidad <i>in vitro</i> en hojas el T4 presento los mejores resultados en DIVMS (79,58%), DIVFDN (53,41%) y DIVFDA (44,86%), mientras que en tallos la DIVMS, DIVFDN y DIVFDA no registraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En los parámetros de la producción de gas <i>in vitro</i> sus valores obtuvieron promedios similares sin tener diferencias significativas.
Abstract:	The present investigation was carried out at the Campus "La María", in the Laboratory of Rumiology and Nutritional Metabolism "RUMEN" of the State Technical University of Quevedo. Both facilities are located in the Province of Los Ríos, Cantón Mocache, located at km 7½ of the Quevedo-El Empalme road. The objective of the research was to determine the bromatological composition, digestibility and <i>in vitro</i> gas production in leaves and stems of mulberry (<i>Morus alba</i>) forage at different levels of organic manure (compost) during the dry season. A completely randomized design (CRD) with 4 treatments (T1= <i>M. alba</i> 0 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T2= <i>M. alba</i> 770 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T3= <i>M. alba</i> 1540 g compost plant⁻¹ cut⁻¹; T4= <i>M. alba</i> 2310 g compost plant⁻¹ cut⁻¹) and 4 replications was used and statistical comparisons were performed by Tukey's test (P<0.05). The variables evaluated within the parameters of bromatological composition were DM, OM, CP, NDF and FDA, in digestibility the variables DM, FDA and NDF were evaluated, while <i>in vitro</i> gas production the variable DM was evaluated. According to the results obtained, it was found that in the bromatological composition in leaves the highest DM content was obtained in T2 and T1 (22.4 and 22.18%), in OM in T2 and T1

	(84.68 and 84.38%), in CP in T3 (35.29%), in NDF in T4 (29.04%) and in FDA in T1 (29.04%). 04%) and in FDA was recorded in T4 and T3 (17.38 and 16.58%), while in stems the highest DM content was obtained in T2 (25.97%), in MO T4, T2 and T3 (93.27, 93.19 and 93.09%), in CP T3 (12.46%), in NDF T4 (56.86%) and T4 and T3 (41.66 and 41.27%) in FDA. With respect to in vitro digestibility in leaves, T4 presented the best results in DIVMS (79.58%), DIVFDN (53.41%) and DIVFDA (44.86%), while in stems, DIVMS, DIVFDN and DIVFDA did not show significant differences among the treatments evaluated. In the in vitro gas production parameters, their values obtained similar averages without significant differences.
Descripción:	77 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

Introducción

La baja producción de forraje que generalmente tiene lugar durante la época seca, donde la escasez de precipitaciones repercute fuertemente en el comportamiento agronómico de las plantas, disminuyendo la producción de biomasa fresca (1). Teniendo en cuenta que los pastos por sí solos no cubren los requerimientos nutricionales de los rumiantes, para una adecuada producción de leche y carne.

La actividad ganadera tiene como objetivo producir de forma eficiente y obtener productos de alta calidad ya sea leche o carne con el fin de poder estar siempre en competencia con el mercado mundial (2). Algunos árboles y arbustos son una buena fuente alternativa para su utilización como alimento suplementario para reemplazar en gran medida los concentrados comerciales que no son amigables con el ambiente.

Morus alba o también conocida como morera es una planta arbustiva perteneciente a la familia de la *Moraceae*, debido a que su forraje es comestible, nutritivo y es de crecimiento rápido se la está utilizando como una alternativa de alimentación para los animales rumiantes (3). Pero debido a que, durante la época seca con periodos prolongados de ausencia de lluvia, disminuye la calidad del forraje, a causa de la disminución del contenido de proteína y el aumento de fracciones fibrosas (4).

En virtud de lo anterior, la fertilización se presenta en esta y otras especies como el factor de mayor trascendencia y repercusión en la producción de biomasa, por lo que si no se emplea una correcta fertilización representaría una pérdida importante de la calidad nutricional del forraje (5). Por lo general el productor pequeño y mediano acuden al uso irracional de altas concentraciones de abonos inorgánicos, lo cual aumenta los gastos de producción y ocasiona una serie de daños significativos al ambiente (6).

Entre los tipos de abono orgánicos más comúnmente utilizados se encuentran el compost, el cual mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de conservación de la humedad y facilita la obtención de nutrientes para las plantas (7). Debido a esto la presente investigación

plantea evaluar el efecto de distintas dosis de abono orgánico (compost) en la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* durante la época seca.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problematización de la investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

A medida que avanzan los años la población mundial aumenta y como consecuencia de esto la demanda de alimentos también, la carne de res es una de las principales fuentes de proteína para el ser humano, así como también el uso de la leche para producir sus derivados (queso, mantequilla, etc.) pero en épocas secas su producción tiende a bajar como consecuencia de escases de pastos.

Las costas ecuatorianas por lo general son zonas con suficiente humedad, pero cuando llega la temporada de sequía hace que los pastos tengan una mala calidad nutricional debido al déficit de agua que se presenta. Esto por lo general hace que el productor ganadero tenga que adquirir suplementos y balanceados, pero no siempre cumplen con todos los nutrientes necesarios, y aparte tienden a ser costosos, provocando que las ganancias económicas finales sean menores.

Los arbustos forrajeros tales como la morera producen niveles muy altos de proteína cruda, teniendo en cuenta que la morera es de crecimiento rápido y de una excelente producción de biomasa con una alta retención de hojas durante la época seca, hacen que se convierta en una buena opción u estrategia para aumentar la rentabilidad y disminuir los costos de producción.
(8)

Pero como consecuencia de la falta de información por parte de los productores ganaderos no se aprovechan al máximo los beneficios que ofrecen ciertos cultivos forrajeros siendo una gran fuente de alimento cuando llegan las épocas de sequía y los pastizales no alcanzan a cubrir los requerimientos alimenticios del ganado vacuno (8).

1.1.2 Diagnóstico.

En las temporadas de sequía se presentan deficiencias de pastizales para la alimentación del ganado bovino, como consecuencia de esto se producen bajas rentabilidades en la producción de carne y leche.

1.1.3 Pronóstico.

La morera (*Morus alba*) con la implementación de diferentes dosis de abono orgánico busca obtener una efectividad notable en la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en los rumiantes, estrategia que a su vez nos permitirá verificar si existe el aumento deseado o una disminución en los parámetros productivos de los rumiantes.

1.1.4 Formulación del problema.

¿Las distintas dosis de abono orgánico aplicados en morera (*Morus alba*) podrán ser asimilados en los rumiantes durante el proceso de composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro*?

1.1.5 Sistematización del problema.

¿Será posible que los contenidos de MS, MO y PC del forraje *Morus alba* mejoren con el uso de distintas dosis de abono orgánico durante la época seca?

¿Será posible que con la implementación de diferentes dosis de abono orgánico influya en la digestibilidad del forraje *Morus alba*?

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Determinar la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro* en forraje de morera (*Morus alba*) a diferentes niveles de abono orgánico durante la época seca.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Valorar la composición bromatológica de la morera (*Morus alba*) en hojas y tallos a diferentes niveles de abono orgánico durante la época seca.
- Determinar la digestibilidad *in vitro* de la morera (*Morus alba*) en hojas y tallos a diferentes niveles de abono orgánico durante la época seca.
- Evaluar la producción de gas *in vitro* del forraje de morera (*Morus alba*) en hojas y tallos a diferentes niveles de abono orgánico durante la época seca.

1.3 Justificación.

En Ecuador por lo general en el ganado bovino se observa una baja calidad nutricional causada por el déficit de pastizales especialmente cuando llega la época de sequía, siendo este una de los principales problemas de los productores en especial para los productores pequeños, ya que causa pérdidas tanto económicas como productivas y reproductivas en la producción del ganado vacuno, por esto se busca implementar nuevas fuentes de alimentación que generen tanto una buena rentabilidad y provean una excelente nutrición al animal.

La implementación de forrajes como la morera (*Morus alba*) que cuentan con un alto valor nutricional ofrecen ser una alternativa beneficiosa, sustentable y una manera de conseguir proteína cruda de alto valor, así como también de fibra digestible para rumiantes. (3)

En consideración a lo anterior, el proyecto se formula como una propuesta que pretende evaluar la digestibilidad y producción de gas *in vitro* en la morera (*Morus alba*) con la finalidad de conocer su viabilidad como recurso forrajero en la alimentación animal; contribuyendo así al desarrollo de la productividad, competitividad y sostenibilidad de los productores agropecuarios.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Conceptual.

Rumiantes.

Los rumiantes tales como los bovinos son conocidos por tener la capacidad de degradar hidratos de carbono tales como son la celulosa, hemicelulosa y pectina de los pastizales o forrajes, las cuales son complicadas de digerir para aquellos animales que no son rumiantes (9).

Digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad *in vitro* es un método que nos permite replicar las condiciones del rumen y así poder estimar la degradabilidad de alimentos sin la necesidad de recurrir a los animales.

Producción de gas *in vitro*.

La producción de gas *in vitro* es una técnica la cual es utilizada para estimar el efecto de distintos alimentos, forrajes, dieta, etc. En los últimos años se lo ha utilizado también para medir la producción de gas metano (CH₄) emitido por la fermentación ruminal (10).

Abono orgánico.

El abono orgánico es el resultado de la descomposición de desechos orgánicos de vegetales, animales o mixtos con el fin de obtener propiedades beneficiosas u nutritivas que aporten al suelo y a la planta (11).

2.2 Marco Referencial.

2.2.1 Origen de la morera (*Morus alba*).

La morera (*Morus alba*) es una planta de origen asiático exactamente se dio a conocer en China y Japón. Durante muchos años esta planta ha sido el principal alimento de los gusanos de seda

por su alto valor de nutrición, con el pasar del tiempo se ha ido distribuyendo en el resto del mundo debido a que se la comenzó a utilizar como fuente de alimento para los rumiantes y también para ciertos usos medicinales (12).

2.2.2 Taxonomía.

Tabla 1.

Taxonomía de la morera (Morus alba).

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Moraceae
Tribu:	Moreae
Género:	<i>Morus</i>
Especie:	<i>M. alba</i>

Fuente: (13)

2.2.3 Morfología.

La morera es una planta leñosa perenne de crecimiento rápido, esta planta puede ser monoica y dioica, tiene un tamaño promedio debido a que se le realizan podas constantemente, pero en su estado silvestre llega a alcanzar los 8 u 10 metros de altura. Contiene un sistema radicular bastante profundo. Su tallo u tronco es liso de color café claro cuando es joven, pero con el tiempo tiende a tomar una forma rugosa llegando a medir hasta 60 cm de diámetro. Sus hojas son simples, pecioladas con el margen toscamente dentado y estipuladas de 1 a 5 lóbulos, por lo general son de color verde claro miden de 3 a 22 cm de largo y algo menos de ancho (14). Sus flores por lo

general no son muy vistosas, son unisexuales, es decir, las hay masculinas y femeninas. Sus frutos son carnosos de un tamaño entre 2 y 6 cm de largo, suelen de color blanco, rosados o a veces morados (15).

2.2.4 *Morus alba* y la ecología.

La morera se acopla mejor a los suelos fértiles y profundos faciales de acceder para sus raíces, sin embargo, puede mantenerse muy bien en cualquier tipo de suelo menos en aquellos que son muy ácidos, resisten bien la contaminación, la poda agresiva y sobre todo se adapta los climas fríos o calurosos, a excepción de las sequias extremas (16).

2.2.5 Adaptación de la morera.

La adaptabilidad que tiene la morera le ha permitido que pueda desarrollarse con mucha facilidad en distintas partes del mundo siendo de sus lugares favoritos las zonas tropicales y subtropicales. Para un crecimiento optimo la planta debe de estar entre los 1000 a 2500 msnm, con temperaturas que rondan los 19 a 38°C, una humedad relativa que este entre el 65 a 80% y precipitación entre los 600 a 2500 mm (17).

2.2.6 Plagas y enfermedades.

Eventualmente lo único preocupante son los pulgones, pequeños insectos que se alimentan de la savia del árbol y producen el denominado hongo negrilla, capaz de paralizar la fotosíntesis de la planta; existe una gran cantidad de variedades de excelente producción de biomasa con calidad nutritiva y alta resistencia al ataque de plagas y enfermedades en rango amplio de condiciones climáticas y edafológicas, tenemos así las especies *Morus alba*, *M. nigra*, *M. indica*, *M. la evigata* y *M. bombycis*, de las cuales se han originado innumerables variedades e híbridos con una intensiva selección y mejoramiento genético (18).

2.2.7 Calidad nutricional de la morera.

La morera se está haciendo reconocida por tener un follaje que contiene un excelente valor nutricional obteniendo altos niveles de proteína cruda entre un 20 – 24%. Así mismo tiene características de alta digestibilidad y palatabilidad, según estudios alcanza niveles entre un 70 – 90% (19).

2.2.8 Establecimiento de la morera.

El establecimiento de la morera se lo realiza mediante estacas vigorosas o también se lo puede realizar por semillas con la diferencia de que con este último garantiza un enraizado profundo con más capacidad para buscar tanto nutrientes como agua. Por otro lado, la ventaja que nos ofrece la siembra por estacas es que su material es mucho más sencillo de conseguir y la siembra es más sencilla. Las estacas se las siembra de forma vertical, lo cual nos da un porcentaje de supervivencia de entre el 85 y 100%. Las estacas deben de cumplir ciertas condiciones las cuales son que deben de tener una longitud de entre 20 – 30 cm y un diámetro entre 1 – 3 cm. Deben ser sembradas a una distancia de 0.50 m entre plantas y 1 m entre surcos y tiene que ser enterrada entre 3 – 4 cm de profundidad (20).

2.2.9 *Morus alba* en Ecuador.

Las especies de *Morus alba* que se dan en el Ecuador son tres: La *Morus alba* que la utilizan para la producción de frutas y como planta ornamental; *Morus alba* de hoja arrugada que es la más difundida en parques y jardines de la Sierra por su adaptación hasta los 2800 m.s.n.m. considerada como criolla; asimismo la *Morus indica*, que se la utiliza eminentemente para la sericultura, pero también se la usa para alimentación animal, por su alto contenido proteico que mejora la nutrición de los animales en combinación con pastos o cualquier forraje (21).

2.2.10 Alimentación de bovinos con morera.

Para la alimentación de los bovinos, la morera se la utiliza en estado ya sea fresco o ensilado, esto sirve como suplemento para la estimulación de altos niveles de producción de leche y una excelente ganancia de peso por parte del bovino (22).

2.2.11 Usos potenciales de la morera.

A nivel mundial la morera posee múltiples utilidades, la más común es como alimento para el gusano de seda, mientras que de forma bastante usual también se puede llegar a consumir su fruta en fresco, en conserva o en la elaboración de pulpas, como vegetal y para la elaboración de infusiones. Sin embargo, en el plano nacional su principal uso se destina a la alimentación animal de ganaderías con altos requerimientos nutricionales, razón que ha recibido una notable atención por parte de técnicos, ganaderos e investigadores agropecuarios (23).

No obstante, si bien existen registros de ser empleada como forraje en Ecuador desde hace ya algunos años, existen locaciones donde de forma tradicional e históricamente la morera ha sido empleada para la alimentación de rumiantes y monogástricos, estas locaciones son: China, India y Afganistán. Y no fue hasta los años ochenta que empezó a traspasar fronteras e incrementar el interés de algunos países para su producción intensiva y uso en las diferentes ganaderías (23).

2.2.12 Fertilización orgánica.

La fertilización orgánica ayuda a la mayor fertilidad del suelo para obtener mejores resultados en los cultivos, es claro que las plantas absorben del suelo agua y nutrientes para desarrollarse, de tal manera que al mismo tiempo hacen que el suelo pierda riqueza mineral y fertilidad, debido a esto la tierra necesita ser abonada para recuperar lo que pierde en cada ciclo de cultivo (21).

2.2.13 Fertilizantes orgánicos.

Los abonos orgánicos son los que se obtienen a partir de restos vegetales como hortalizas, frutas, excrementos de animales herbívoros y plantas muertas; existen variados abonos orgánicos pero el que más se utiliza es el compost, pero también se utiliza frecuentemente es lo que se conoce como “tierra de hojas” que no es sino tierra que resulta de la degradación de las hojas que caen de los árboles al suelo con el transcurso del tiempo y la acción de microorganismos de la naturaleza que descomponen la materia orgánica (24).

Se debe aclarar que fertilizantes orgánicos no son aquellos que pueden emplearse en agricultura ecológica simplemente de acuerdo con alguna norma internacional, europea, norteamericana o japonesa, y certificado por alguna empresa externa acreditada; no fertilizantes orgánicos son aquellos cuyos nutrientes se obtienen de material orgánico, de origen animal o vegetal orgánico natural constituido por compuestos donde los principales nutrientes forman parte de una matriz orgánica que aporta nutrientes a las plantas, los cuales proceden de materiales carbonados de origen animal o vegetal (24).

2.2.14 Manejo y rendimiento agronómico de la morera.

Para definir un correcto manejo agronómico de esta especie, han permitido dar un mayor entendimiento de los factores que se involucran en el desarrollo de este cultivo, asimismo han dispuesto la combinación óptima de los mismos para garantizar rangos bromatológicos adecuados, así como altos rendimientos. Además, los resultados alcanzados han permitido desarrollar híbridos y variedades de *M. alba* adecuados para el acarreo y para sistemas de corte destinados a la alimentación animal. Los mejores rendimientos en época lluviosa se obtuvieron al podar los arbustos de morera a 50 cm sobre el suelo, con una frecuencia de 60 días, mientras que en época seca fueron 90 días. Aquello sumado a una densidad poblacional de 38 450 plantas/ha permite alcanzar alrededor de 14 T/ha de materia seca consumible. Todo ello mediante el uso de productos orgánicos como el Biocep-6, Economic y Pectimorf, los cuales además han registrado mejoras en el contenido de proteína, minerales y fibra bruta (12).

2.2.15 Compost.

Dichos abonos pueden desarrollarse a partir de elementos dispuestos en los distintos ecosistemas a nivel mundial, los cuales usualmente abundan en regiones tropicales como el Ecuador, y de donde se suelen elaborar a partir de plantas, algas, residuos de excretas, etc. Razón por la que, la mayor cantidad de empresas dedicadas a la elaboración de estos productos naturales, producen insumos de gran potencial mediante el uso de técnicas biotecnológicas, lo cual termina fortaleciendo la agricultura rural y sobre todo la urbana (25)

El compost es un bioproducto resultante del proceso de descomposición de residuos orgánicos de origen vegetal y animal. Dicho proceso ocurre en condiciones temperatura controlada y humedad. La eficiencia de este producto depende de múltiples factores como el tiempo, agua, aireación, temperatura, nutrientes y microorganismos. Su producción viene dada por los invertebrados tales como lombrices e insectos de tierra, así como también por microorganismos como hongos y bacterias (26).

2.2.16 Digestibilidad.

La digestibilidad del forraje hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales y la utilización de material de la pared celular. El valor nutritivo de un forraje es el resultado de tres factores: su consumo por el animal, su digestibilidad y la eficiencia con que el animal utiliza el forraje.

2.2.17 Método *in vitro*.

El método *in vitro* sirve para estimar a nivel de laboratorio la digestibilidad de los alimentos. El método *in vitro* tiende a ser muy eficiente porque presentan resultados más rápidos, sencillos y a su vez menos costosos que los métodos de digestibilidad *in vivo*.

La técnica *in vitro* consisten en utilizar tubos o botellas de vidrio en los que se incuba durante cierto tiempo un sustrato determinado con una solución mezcla de inóculo microbiano y distintas proporciones de tampón para mantener constante el pH adecuado para la actividad microbiana, minerales y una solución reductora para disminuir la concentración de oxígeno en el medio, estimando la fermentación por desaparición gravimétrica del sustrato (27).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización y duración del experimento.

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 (1°3’24’’ de latitud Sur y 79°25’24’’ de longitud Oeste) en el km 7½ de la vía Quevedo-El Empalme, a una altura de 73 msnm, temperatura promedio de 24,70 °C, una precipitación 1640,90 mm año⁻¹, una humedad relativa del 84,54% y una topografía plana. El trabajo de investigación tuvo una duración de 60 días (28).

3.1.1 Condiciones agroclimáticas.

En la siguiente (Tabla 2), se describen las condiciones agroclimáticas donde se desarrolló la investigación.

Tabla 2.

Condiciones agroclimáticas del Cantón Mocache.

Parámetros	Promedios
Temperatura °C	24,70
Humedad relativa, %	85,84
Precipitación, anual mm	1640,90
Heliofanía, horas/ luz/ año	898,66
Evaporación, promedio anual (%)	84,54
Zona ecológica	Bosque tropical Húmedo (Bh-T)

Fuente: (29)

3.2 Tipo de investigación.

La investigación es catalogada de tipo exploratoria, puesto que se evaluó como influyen las dosis de abono orgánico (compost) en la *Morus Alba*, en la composición química, la digestibilidad y la producción de gas *in vitro* (28). Contribuye a la línea (a) 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 (28).

El abono orgánico compostaje fue producido a partir de subproductos agrícolas 70% (panca de maíz, arroz y soya) y 30% de residuos de líquido ruminal de bovino. Inmediatamente se procedió a llevar cuatro muestras del compostaje y enviada al Laboratorio de Suelos Tejidos Vegetales y Aguas perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

3.3 Método de investigación.

3.3.1 Método comparativo.

El método comparativo permitió aplicar un reconocimiento y comparar los resultados obtenidos entre tratamientos, proceso que ayudo a determinar la mayor composición bromatológica, digestibilidad y la producción de gas *in vitro* óptima.

3.3.2 Método experimental.

El método experimental se aplicó 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 ($p \leq 0,05$).

3.4 Fuentes de recopilación de información.

3.4.1 Primarias.

La información primaria se obtuvo mediante el desarrollo de la investigación, siendo los resultados obtenidos a través de los distintos análisis bromatológicos, digestibilidad, los parámetros de degradación y la producción de gas *in vitro*, quienes brindaron los datos requeridos, para así determinar el mejor resultado obtenido de cada tratamiento.

3.4.2 Secundarias.

En las fuentes secundarias se utilizaron diferentes medios donde se obtuvo la información para complementar la sección teórica del ensayo, tales como: libros, artículos científicos, tesis, informes, sitios web, etc. Los cuáles serán seleccionados a través de búsquedas no sistemáticas en bases de datos académicas.

3.5 Muestras y tratamientos.

Se trabajó con muestras del cultivo de *Morus alba* las cuales fueron recolectadas del banco forrajero de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus “La María”. Estas fueron recolectadas manualmente a los 60 días (tallos, hojas y planta completa), dicho cultivo tuvo 3 años previo al corte de igualación de las plantas que atribuye el proyecto FOCICYT de la séptima convocatoria.

3.6 Diseño de investigación.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para todas las variables, donde se utilizaron 4 tratamientos; T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹. Las variables se analizaron según el diseño empleado utilizando PROC GLM del SAS. La comparación de medias se realizará mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$). A excepción de la

producción de gas in vitro de la materia seca, que se analizarán con el programa Graphpad Prism 6.

Ecuación 1. Modelo matemático.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Total de una observación.

μ = La media de la población de los datos del experimento.

T_i = Efecto “*i*ésimo” de los tratamientos

ϵ_{ij} = Error experimental.

En la Tabla 3 se muestra el esquema del experimento y la codificación de los tratamientos la composición química.

Tabla 3.

Esquema del experimento. Campus La María 2022.

Tratamiento	Descripción	Rep.	UE	Total
T0	0 g Compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
T1	770 g Compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
T2	1540 g Compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
T3	2310 g Compost planta ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
Total				16

Rep: repeticiones; UE: unidades experimentales

En la Tabla 4, se indica el esquema del análisis de varianza.

Tabla 4.*Esquema del análisis de varianza. Campus La María 2022.*

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamientos	$t - 1$	3
Error experimental	$t (r-1)$	12
Total	$t.r-1$	15

3.6.1 Tratamiento bajo estudio.

Los tratamientos son:

T1: 0 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹

T2: 770 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹

T3: 1540 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹

T4: 2310 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹

3.6.2 Análisis de abono orgánico.

En la tabla 5 se muestra el análisis de abono orgánico (compost).

Tabla 5.*Análisis de abono orgánico (compost).*

Concentración %						ppm					
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	
3,50	0,52	0,28	1,05	0,24	0,23	22,00	107,00	49,00	980,00	459,00	

3.7 Instrumento de investigación.

3.7.1 Variables estudiadas.

Composición bromatológica:

3.7.2 Materia seca.

El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la extracción de muestras, que se coloca en una estufa a 65°C durante 48 horas (30).

Para realizar los cálculos correspondientes se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 2. *Materia seca.*

$$MS(\%) = \frac{M_{Inicial} - M_{Final}}{M_{Inicial}} \times 100$$

3.7.3 Materia orgánica.

Se siguió las normas establecidas por la AOAC. Para calcular el contenido de MO se pesó un gramo aproximadamente de follaje se utilizó un crisol y se calcinó durante 3 horas a 550-600 C° transcurrido este tiempo se enfriaron las muestras y pesaron para determinar el porcentaje de materia orgánica.

3.7.4 Proteína cruda.

La proteína cruda se obtuvo por medio del método de Kjeldahl (31).

Ecuación 3. *Proteína cruda.*

$$\text{Proteína bruta (\%)} = \text{Nitrógeno en la muestra} \times 6,25$$

3.7.5 Fibra detergente neutra (%).

El método implementado con Tecnología ANKOM se realizó un lavado a 100 °C durante 1 hora a los 60 – 65 °C, se colocó 20 g de sulfito de sodio y 4 ml de alfa amilasa con tres enjuagues de 5 minutos con agua a temperatura 80 °C, posterior a ello se sumergió en acetona por un periodo de 5 minutos, con un reposo de 10 minutos, luego se procedió a ser secado en una estufa durante 48 horas a 65 °C para finalmente pesarse (32). El cálculo de esta variable se realizó ejecutando la siguiente ecuación (32).

Ecuación 4. *Fibra detergente neutra.*

$$FDN(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS(\%)} \times 100$$

Donde:

FDN (%): Porcentaje de fibra detergente neutro

W1: Peso de la bolsa

W2: Peso de la muestra

W3: Peso posterior a la extracción

MS (%): Porcentaje de la materia seca

3.7.6 Fibra detergente acida (%).

Se ejecuto mediante el protocolo implantado por ANKOM Technology, el cual consiste en lavar la muestra con una solución ácida a una temperatura de 100 °C, con tres enjuagues de 5 minutos con agua a una temperatura de 80 °C, posterior a esto se sumergió en acetona durante 5 minutos,

se reposaron durante 10 minutos y se secaron con la ayuda de una estufa durante 48 horas a una temperatura de 65 °C. Para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación (32).

Ecuación 5. *Fibra detergente ácida.*

$$FDA(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS(\%)} \times 100$$

Dónde:

FDA (%): Porcentaje de fibra detergente ácida

W1: Peso de la bolsa

W2: Peso de la muestra

W3: Peso posterior a la extracción

MS (%): Porcentaje de la materia seca

3.7.7 Cenizas.

Para determinar el contenido de cenizas, el crisol se utilizó con la muestra seca, se colocó en una mufla a una temperatura de 600°C durante 3 horas. A continuación, estos crisoles se retiraron y se secaron durante 20 minutos para registrar posteriormente el peso. Para obtener dichos datos se empleó la siguiente expresión matemática:

Ecuación 6. *Cenizas.*

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{cenizas}) - (\text{peso crisol vacío})}{\text{peso muestra seca}} \times 100$$

3.7.8 Digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutra (DIVFDN) y fibra detergente ácida (DIVFDA), se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963), que consiste en incubar por un tiempo 48 horas las muestras de forraje molido, con microorganismos del rumen (líquido ruminal) y una mezcla de saliva artificial de McDougal (1948), utilizando cuatro toros Brahman de $250,0 \pm 20,5$ kg de peso vivo, dotados de una fistula con cánula el rumen (33). La incubación se la realizó utilizando un DaisyII® (ANKOM Technology, Fairport, NY- USA 2000), con, bolsas FN° 57, tamaño de poro de 25 μm (33).

3.7.9 Producción de gas *in vitro*.

Se utilizó la técnica de producción de gas *in vitro*, la producción de gas se determinó según la metodología descrita por (34). De cada tratamiento se recolectó en botellas de vidrio de 100 ml de capacidad nominal 0,3 g de materia seca (MS) (34).

Posteriormente se añadieron 60 ml de inóculo ruminal (70:30 medio; saliva artificial/inóculo; contenido ruminal) bajo un flujo de CO_2 constante. Las botellas se sellaron y se incubaron a 39 °C en un baño maría para alcanzar la etapa mesofílica. La presión de gas y el volumen se midieron manualmente a las 3, 6, 9, 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 determinación de producción de gas (mL/g MS) se analizó con el programa Graphpad Prism 6 (34).

Ecuación 7. Producción de gas.

$$Y = D (1 - e^{-k \cdot t})$$

Donde:

Y = Producción acumulada de gas en un momento dado (ml)

D = Producción potencial acumulativa de gas (ml)

K = Tasa de producción de gas (h^{-1})

T = Tiempo de fermentación (h)

λ = Retraso inicial para el inicio de la fermentación (h)

3.8 Recursos materiales de la investigación.

3.8.1 Materiales y equipos de oficina.

Esfero

Cuaderno de apuntes

Computadora

Impresora

Cámara

3.8.2 Materiales de laboratorio.

Mandil

Mascarilla

Estufa

Balanza gramera

Desecador

Mufla

Bomba calorimétrica

Espátula pequeña

Microsilos

Fundas plásticas y de papel

Pinzas

Crisoles
Hilo de algodón
Tijeras
Balanza Analítica
Gasas
Guantes descartables
Mecheros de Bunsen
Algodón
Envases de plásticos

3.8.3 Reactivos.

Material vegetativo (*Morus alba*)
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
Sulfito de Sodio
Alfamilasa
Líquido ruminal

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Composición bromatológica.

4.1.1 Composición bromatológica de hojas de *Morus alba*.

La materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para las medias de los tratamientos evaluados, de acuerdo con la prueba de Tukey, donde los tratamientos T2 y T1 (22.4 y 22.18%) en MS, T2 y T1 (84.68 y 84,38%) en MO, T3 (35.29%) en PC, T4 (29.04%) en FDN, T4 y T3 (17.38 y 16.58%) en FDA obtuvieron los mayores resultados (Tabla 6).

Tabla 6.

Composición bromatológica de hojas de M. alba cosechada a los 60 días, a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.

Tratamientos	MS	MO	PC	FDN	FDA
T1	22,18 a	84,38 a	30,17 d	24,89 c	14,48 b
T2	22,4 a	84,68 a	33,85 b	27,24 ab	13,34 b
T3	21,05 b	82,61 c	35,29 a	26,51 bc	16,58 a
T4	21,19 b	83,59 b	31,61 c	29,04 a	17,38 a
EEM	0.14	0.18	0.24	0.50	0.31
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	0.0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la media.

MS= materia seca, MO= materia orgánica, PC= proteína cruda, FDN= fibra en detergente neutro, FDA= fibra en detergente ácido.

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.

4.1.2 Composición bromatológica de tallos de *Morus alba*.

La materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para las medias de los tratamientos evaluados, de acuerdo con la prueba de Tukey, donde los tratamientos T2 (25.97%) en MS,

T4, T2 y T3 (93.27, 93.19 y 93.09%) en MO, T3 (12.46%) en PC, T4 (56.86%) en FDN, T4 y T3 (41.66 y 41.27%) en FDA obtuvieron los mayores resultados (Tabla 7).

Tabla 7.

Composición bromatológica de tallos en M. alba cosechada a los 60 días, a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.

Tratamientos	MS	MO	PC	FDN	FDA
T1	24,95 b	92,28 b	9,77 d	53,60 c	39,15 b
T2	25,97 a	93,19 a	10,19 c	54,91 bc	37,42 c
T3	24,70 b	93,09 a	12,46 a	55,62 ab	41,27 a
T4	24,88 b	93,27 a	11,35 b	56,86 a	41,66 a
EEM	0.11	0.09	0.08	0.35	0.21
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la media.

MS= materia seca, MO= materia orgánica, PC= proteína cruda, FDN= fibra en detergente neutro, FDA= fibra en detergente ácida.

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹

4.2 Digestibilidad *in vitro*.

4.2.1 Digestibilidad *in vitro* en hojas de *M. alba*.

De acuerdo con el ANOVA la DIVMS, DIVFDN y DIVFDA presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) para las medias de los tratamientos evaluados, de acuerdo con la prueba de Tukey, donde los tratamientos T4 (79.58%) en DIVMS, T4 (53.41%) en DIVFDN y T4 (44.86%) en DIVFDA presentaron los mayores resultados (Tabla 8).

Tabla 8.

*Digestibilidad *in vitro* aparente en hojas de M. alba a diferentes dosis de compost durante la época seca.*

Tratamientos	DIVMS	DIVFDN	DIVFDA
T1	72,21 b	39,94 b	36,23 d
T2	73,28 ab	43,84 ab	39,59 c
T3	77,08 ab	43,45 ab	41,88 b
T4	79,58 a	53,41 a	44,86 a
EEM	1,54	2.80	0.50
Valor P	0.0188	0.0289	0.0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la media.

DIVMS= digestibilidad *in vitro* materia seca; DIVFDN= digestibilidad *in vitro* fibra detergente neutra; DIVFDA= digestibilidad *in vitro* fibra detergente ácida.

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.

4.2.2 Digestibilidad *in vitro* en tallos de *M. alba*.

Conforme con los datos obtenidos en el ANOVA la DIVMS, DIVFDN y DIVFDA no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para las medias de los tratamientos evaluados, de acuerdo con la prueba de Tukey, siendo todos los tratamientos iguales (Tabla 9).

Tabla 9.

Digestibilidad in vitro aparente en tallos de M. alba a diferentes dosis de compost durante la época seca.

Tratamientos	DIVMS	DIVFDN	DIVFDA
T1	55,93 a	41,25 a	24,02 a
T2	57,36 a	44,88 a	26,25 a
T3	55,38 a	43,92 a	27,86 a
T4	56,82 a	45,59 a	29,84 a
EEM	0.92	1.44	1.59
Valor P	0.4562	0.2113	0.1175

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la media.

DIVMS= digestibilidad *in vitro* materia seca; DIVFDN= digestibilidad *in vitro* fibra detergente neutra; DIVFDA= digestibilidad *in vitro* fibra detergente ácida.

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.

4.3 Producción de gas *in vitro*.

4.3.1 Producción de gas *in vitro* en hojas de *Morus alba*.

La producción de gas (PG), la asíntota de producción de gas (B) y la tasa de producción de gas (c) no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados (Tabla 10).

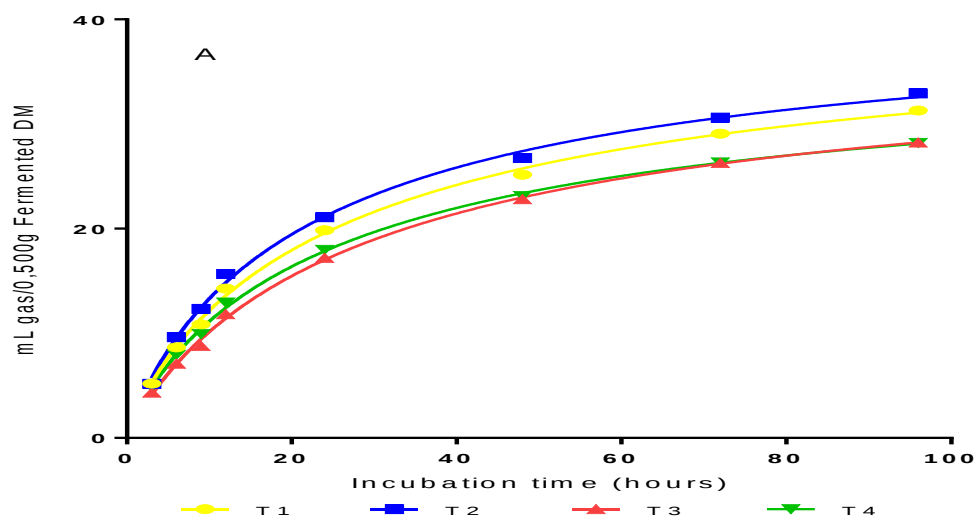
Tabla 10.

Parámetros de producción de gas in vitro (mL gas/0.500 g de fermentación de MS) en hojas de M. alba a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	PG	B	c
T1	41,36 a	27.22 a	0,88 a
T2	41,63 a	23.22 a	0,90 a
T3	38,28 a	30.84 a	0,92 a
T4	37,26 a	26.87 a	0,88 a
EEM	1.08	1.98	0.03
Valor P	0.3009	0.1121	0.7448

^a, Medias con letras distintas entre columnas difieren significativamente ($p < 0,05$); EEM= error estándar de la media. Producción de gas PG (mL gas), asíntota de producción de gas % h (B) y la tasa de producción de gas % h (c) se ajustaron a la ecuación $y = D (1 - e^{-k \cdot t})$ (Krishnamoorthy *et al.*, 1991).

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹



Figuras 1.

Fermentación de producción de gas *in vitro* [PG (mL gas)] en hojas de *Morus alba* cosechado a los 60 días. T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.

4.3.2 Producción de gas *in vitro* en tallos de *Morus alba*.

La producción de gas (PG), la asíntota de producción de gas (B) y la tasa de producción de gas (c) no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados (Tabla 11).

Tabla 11.

Parámetros de producción de gas *in vitro* (mL gas/0,500 g de fermentación de MS) de tallos en *Morus alba* cosechada a los 60 días.

Tratamientos	PG	B	c
T1	49.73 a	23.97 a	1,01 a
T2	51.97 a	18.27 a	1,79 a
T3	55.64 a	22.79 a	0,83 a
T4	55.51 a	23.04 a	0,83 a
EEM	2.66	2.36	0.45

Valor P

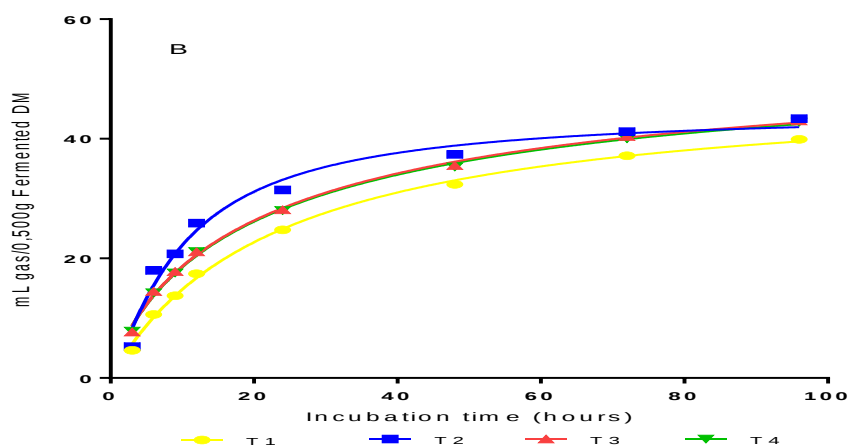
0.3618

0.3613

0.4215

^a Medias con letras distintas entre columnas difieren significativamente ($p < 0,005$); EEM= error estándar de la media; Producción de gas PG (mL gas), asíntota de producción de gas % h (B) y la tasa de producción de gas % h (c) se ajustaron a la ecuación $y = D (1 - e^{-k t})$ (Krishnamoorthy *et al.*, 1991).

T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.



Figuras 2.

Fermentación de producción de gas *in vitro* [PG (mL gas)] en tallos de *Morus alba* cosechado a los 60 días. T1= *M. alba* 0 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. alba* 770 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. alba* 1540 g compost planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. alba* 2310 g compost planta⁻¹ corte⁻¹.

DISCUSIÓN

La composición bromatológica (materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido) en hojas y tallos de morera presento una respuesta positiva a las dosis de abono orgánico (compostaje), estos resultados concuerdan con los manifestados por García *et al.*, (35) quienes manifiestan que la morera es una especie vegetal que con un suministro adecuado de nutrientes al suelo puede expresar su alto potencial productivo. Según lo manifestado por Figueroa *et al.*, (36) indican que la aplicación de abonos orgánicos al suelo, a más de mejorar las propiedades del suelo nos ofrecen una mejor asimilación de macronutrientes en la planta, lo cual implica directamente la obtención de componentes nutricionales como la MS.

De acuerdo con Bolio *et al.*, (37) quienes indican que el aporte de nitrógeno es esencial para esta planta forrajera, y que factores externos como el estado de crecimiento, prácticas de manejo y el clima hacen que varíe la producción y calidad nutritiva. Por otra parte, el contenido de PC registrado (35.29%) en esta investigación supero a los reportados por Vargas *et al.* (38) quienes obtuvieron un porcentaje de 30.5%, según Joromocoj (39) señala que a mayor contenido de nitrógeno mineralizado en el abono mayor será el contenido de PC presente en el forraje, aparte esto también es defendido por Ledea *et al.*, (40) quienes manifiestan una respuesta beneficiosa de la morera al ser sometida a importantes niveles de nitrógeno.

Para la digestibilidad *in vitro* en hojas se observaron diferencias estadísticas significativas entre las variables evaluadas demostrando que a medida que incrementan las dosis de compost aumenta el porcentaje de MS, FDN y FDA, mientras que, en la digestibilidad *in vitro* en tallos no se encontraron diferencias estadísticas. Méndez *et al.*, citado por Zapatier *et al.*, (41) menciona que la digestibilidad de los forrajes está influida por un grupo de factores como su estado de madurez, cantidad de hojas u tallos, edad de cosecha y características del alimento, y que es importante dilucidar las particularidades de cada especie para utilizar racionalmente la biomasa que aportan.

Por otra parte, la producción de gas *in vitro* en hojas y tallos, en ninguno de los parámetros evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas en la aplicación de las distintas

dos de compostaje, a pesar de esto se mostró una elevada producción de gas (Tabla 10 y 11), los parámetros de producción de gas se relacionan con la calidad nutricional del alimento debido a un mayor porcentaje de proteína cruda y bajos contenidos de fibra. Según Delgado *et al.*, (45) manifiesta que la mayor producción de gas se puede atribuir a su menor contenido de FDN y al elevado contenido de carbohidratos de fácil fermentación, mientras que las menores producciones de gas se pueden estar relacionadas con sus altos contenidos de fibra.

Machado *et al.*, (46) manifiestan que los forrajes con menor contenido de FDN tienen una tasa de producción de gas más alta al inicio de la fermentación, ello se debe a que los forrajes con mayor valor nutritivo permiten mayor colonización y degradación eficiente por los microorganismos, haciendo que la fermentación sea mayor y más rápida

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

De acuerdo con los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las distintas dosis de abono orgánico (compost) influyeron en la composición bromatológica de hojas y tallos de morera presentando una respuesta favorable en las variables evaluadas; MS, MO, PC, FDN y FDN.
- La digestibilidad *in vitro* en hojas de morera presentó una respuesta favorable a las diferentes dosis de abono orgánico, mientras que, la digestibilidad *in vitro* en tallos no presentó respuestas favorables a las diferentes dosis de abono orgánico aplicadas.
- Los parámetros de la producción de gas en las hojas y tallos no se vieron afectados por las dosis de abono orgánico.

5.2 Recomendaciones.

- Realizar la aplicación de abono orgánico (compost) durante la época lluviosa, con un periodo de corte a los 60 días, con el fin de evaluar desempeño de la *Morus alba*, tanto en la composición bromatológica, digestibilidad y producción de gas *in vitro*.
- Evaluar la digestibilidad *in vitro* durante la época seca, pero con un periodo de corte entre los 45 días, con el fin de determinar cuál sería el porcentaje de digestibilidad con relación al tallo debido a que en esta investigación no se obtuvieron resultados favorables.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA

6.1 Bibliografía.

1. Noda J, Martin G, Machado R. Rendimiento agronomico de la morera por efecto de diferentes alturas y frecuencias de corte. Pastos y forrajes. 2007.
2. Delgado M, Rodríguez C. Producción y valor nutricional del cultivo de morera (*Morus alba* L.) con intercalamiento de leguminosas. Ciencia y Agricultura. 2012.
3. Sánchez MD. Morera: Un forraje excepcional disponible mundialmente. Agroforestería. 2001.
4. Quintanilla J. Usos de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) en la alimentación de rumiantes. Agroproductividad. 2018.
5. Gachetá J. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica y química sobre la producción y calidad de pastos en Guatavita Cundinamarca. 2019.
6. Vásquez H, Maravi C. Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba* L.). 2017.
7. Gárces S. Efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad nutricional de *Lolium multiflorum* (Ryegrass) en el cantón Cevallos. 2017.
8. García DM, Dominguez C, Baldizan A, Humberto J, Cova L. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado de Trujillo, Venezuela.. Zootécnia tropical. 2006.
9. Gutiérrez Borroto O. La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2015.
10. Ramírez M. Técnica de producción de gas *in vitro* para estimar la producción de metano. [Online]; 2018. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/121>.

11. Ramos Agüero D&TAE. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales. 2014.
12. 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. Pastos y Forrajes. 2007.
13. Benavides J. La Agroforestería Ha Incorporado La Morera (*Morus Alba*) Como Alimento Para Animales de Alta Producción..
14. Datta R. Mulberry cultivation and utilization in India. In: Mulberry for animal production. Animal Production Health Paper N° 147. FAO. 2002..
15. Murgueitio E. Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. Revisión mundial de animales.. FAO. 1999.
16. Mora Valverde. Usos de La Morera (*Morus Alba*) En La Alimentación Del Conejo. Agronomía Mesoamericana. 2009.
17. Medina MG. Comportamiento agronómico de una asociación de *Morus alba* (Linn.) con *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado.. Pastos y Forrajes. 2004.
18. Pentón. “Crecimiento de *Morus alba* L. Durante La Etapa de 46 Establecimiento, a Partir Del Trasplante de Posturas Growth of *Morus Alba* L. during the Establishment Stage, since Seedling Transplant. Pastos y forrajes. 2012.
19. Benavides J, Lachaux M, Fuentes M. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus sp.*)”. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. 1993.
20. Sánchez MD. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In: Animal Production and Health Paper No. 147. FAO. 2002.
21. Cholo L, Delgado H. Formación de Callos En El Cultivo de La Morera (*Morus alba* L.). .
22. Benavides JE. Utilización de la Morera en sistemas de Producción Animal. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. CATIE. 1999; Vol 1.

23. Condo J. Estudio de Factibilidad de un banco de Proteína a partir de Morera (*Morus alba*). 2012.
24. Garro , Sierra Tobón D. El Suelo y Los Abonos Orgánicos. Sector Agro Alimentario: 182. 2017.
25. Jiménez E. Aplicación de biol y fertilizacion química en la rehabilitación de praderas. Escuela Politécnica del Ejército. 2011.
26. Arango M. Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Corporación Universitaria Lasallista. 2017.
27. Tilley J, Terry R. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and Forage Science. 1963.
28. INIAP. [Online].; 2016.. Disponible en: Disponible en: HYPERLINK "Estación Experimental Tropical Pichilingue. Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas. Km 5 carretera Quevedo-El Empalme-Ecuador."
29. INAMHI. Republica Del Ecuador Instituto Nacional De Meteorologia E Hidrologia Boletin Climatologico Anual.; 2015.
30. Sanchez. Composición química y degradabilidad ruminal in situ Quevedo; 2016.
31. Ponce Zamora J. Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. 2019.
32. Ganchozo J. Composición química del ensilaje de pasto; 2019.
33. Marco. Estimación de la calidad de los forrajes; 2011.
34. Theodorou , Williams , Dhanoa , McAllan , France. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Anim Feed Sci Technol 48. 1994.

35. 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 en Investigación Agropecuaria [Internet]. 2006;: p. 55 - 72.
36. Figueroa R, Delgado M, Berumen S, Salazar E. Rendimiento y calidad de forrajes en alfalfa (*Medicago sativa*) con fertirrigación y ácidos húmicos. 2021.
37. Bolio Osés RE, Lara y Lara PE, Magaña Magaña MÁ, Sanginés García JR. Producción forrajera del tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*) según intervalo de corte y densidad de siembra. Técnica Pecuaria en México. 2006; 44(3).
38. Vargas C, Montes C, Flores A, Del Socorro M. Efecto del abono orgánico líquido mineralizado en la producción de biomasa de morera (*Morus alba*)..
39. Joromocoj E. Evaluación del contenido de proteína y biomasa en la morera (*Morus alba*, L; Moraceae) con la aplicación de tres fuentes orgánicas de fertilización..
40. Ledea J, Rosell R, Benítez D, Crucito R, Ray J. Rendimiento forrajero y sus componentes según la frecuencia de corte de *Moringa oleifera*, variedad Criolla. Agron Mesoam. 2018.
41. Zapatier Santillan D, Meza Bone C, Avellaneda Cevallos J, Meza Castro M, Vivas Arturo W, Meza Bone G. Evaluación agronómica y valor nutricional de la Morera (*Morus alba*). Revista Ciencia y Tecnología. 2021; 14(1).
42. Benavides JE. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. Pastos y Forrajes. 2000.
43. 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 en Investigación Agropecuaria. 2006.
44. Luna Murillo RA, Murillo Limonez RK, Chacón Marcheco E, Álava Murillo AG, Macías Pettao RK, Parra Gallardo GP, et al. Calidad y microorganismos asociados de cuatros especies forrajeras en una región del Ecuador. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2016; 17(12): p. 1 - 9.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1 ANDEVA.

Análisis de la varianza

Composición bromatológica hojas

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.86	0.83	1.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.64	3	1.88	24.60	<0.0001
TRATAMIENTO	5.64	3	1.88	24.60	<0.0001
Error	0.92	12	0.08		
Total	6.56	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58030

Error: 0.0764 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 100 COMPOST	22.41	4	0.14 A
MORERA 0 COMPOST	22.18	4	0.14 A
MORERA 300 COMPOST	21.19	4	0.14 B
MORERA 200 COMPOST	21.05	4	0.14 B

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

MO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	16	0.87	0.84	0.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.24	3	3.41	27.15	<0.0001
TRATAMIENTO	10.24	3	3.41	27.15	<0.0001
Error	1.51	12	0.13		
Total	11.75	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.74444

Error: 0.1257 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 100 COMPOST	84.68	4	0.18 A
MORERA 0 COMPOST	84.38	4	0.18 A
MORERA 300 COMPOST	83.59	4	0.18 B
MORERA 200 COMPOST	82.61	4	0.18 C

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

PC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC	16	0.96	0.95	1.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60.60	3	20.20	90.60	<0.0001
TRATAMIENTO	60.60	3	20.20	90.60	<0.0001
Error	2.68	12	0.22		
Total	63.28	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.99131

Error: 0.2230 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MORERA 200 COMPOST	35.20	4	0.24	A
MORERA 100 COMPOST	33.85	4	0.24	B
MORERA 300 COMPOST	31.61	4	0.24	C
MORERA 0 COMPOST	30.17	4	0.24	D

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.75	0.69	3.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35.51	3	11.84	11.92	0.0007
TRATAMIENTO	35.51	3	11.84	11.92	0.0007
Error	11.91	12	0.99		
Total	47.43	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.09170

Error: 0.9927 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
MORERA 300 COMPOST	29.04	4	0.50	A
MORERA 100 COMPOST	27.24	4	0.50	A B
MORERA 200 COMPOST	26.51	4	0.50	B C
MORERA 0 COMPOST	24.89	4	0.50	C

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.90	0.88	3.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	41.56	3	13.85	36.80	<0.0001
TRATAMIENTO	41.56	3	13.85	36.80	<0.0001
Error	4.52	12	0.38		
Total	46.07	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.28792

Error: 0.3764 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 300 COMPOST	17.38	4	0.31 A
MORERA 200 COMPOST	16.58	4	0.31 A
MORERA 0 COMPOST	14.48	4	0.31 B
MORERA 100 COMPOST	13.34	4	0.31 B

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

Análisis de la varianza

Composición bromatológica tallos

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.88	0.84	0.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.96	3	1.32	28.19	<0.0001
TRATAMIENTO	3.96	3	1.32	28.19	<0.0001
Error	0.56	12	0.05		
Total	4.52	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45434

Error: 0.0468 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 100 COMPOST	25.97	4	0.11 A
MORERA 0 COMPOST	24.95	4	0.11 B
MORERA 300 COMPOST	24.88	4	0.11 B
MORERA 200 COMPOST	24.70	4	0.11 B

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

MO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MO	16	0.86	0.83	0.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.49	3	0.83	25.47	<0.0001
TRATAMIENTO	2.49	3	0.83	25.47	<0.0001
Error	0.39	12	0.03		
Total	2.88	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.37920

Error: 0.0326 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 300 COMPOST	93.27	4	0.09 A
MORERA 100 COMPOST	93.19	4	0.09 A
MORERA 200 COMPOST	93.09	4	0.09 A
MORERA 0 COMPOST	92.28	4	0.09 B

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

PC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC	16	0.98	0.98	1.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.72	3	5.91	212.56	<0.0001
TRATAMIENTO	17.72	3	5.91	212.56	<0.0001
Error	0.33	12	0.03		
Total	18.06	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34999

Error: 0.0278 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 200 COMPOST	12.46	4	0.08 A
MORERA 300 COMPOST	11.35	4	0.08 B
MORERA 100 COMPOST	10.19	4	0.08 C
MORERA 0 COMPOST	9.77	4	0.08 D

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.79	0.74	1.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22.22	3	7.41	14.93	0.0002
TRATAMIENTO	22.22	3	7.41	14.93	0.0002
Error	5.95	12	0.50		
Total	28.18	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.47876

Error: 0.4962 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 300 COMPOST	56.86	4	0.35 A
MORERA 200 COMPOST	55.62	4	0.35 A B
MORERA 100 COMPOST	54.91	4	0.35 B C
MORERA 0 COMPOST	53.60	4	0.35 C

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.96	0.95	1.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.69	3	15.56	89.87	<0.0001
TRATAMIENTO	46.69	3	15.56	89.87	<0.0001
Error	2.08	12	0.17		
Total	48.77	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.87361

Error: 0.1732 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 300 COMPOST	41.66	4	0.21 A
MORERA 200 COMPOST	41.27	4	0.21 A
MORERA 0 COMPOST	39.15	4	0.21 B
MORERA 100 COMPOST	37.42	4	0.21 C

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

Análisis de la varianza

Digestibilidad in vitro hojas

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.55	0.44	4.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	139.57	3	46.52	4.91	0.0188
TRATAMIENTO	139.57	3	46.52	4.91	0.0188
Error	113.61	12	9.47		
Total	253.19	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.45963

Error: 9.4679 gl: 12

TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.	
MORERA HOJAS 300 COMPOST			79.58	4	1.54	A
MORERA HOJAS 200 COMPOST			77.08	4	1.54	A B
MORERA HOJAS 100 COMPOST			73.28	4	1.54	A B
MORERA HOJAS 0 COMPOST			72.21	4	1.54	B

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.52	0.39	12.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	399.58	3	133.19	4.26	0.0289
TRATAMIENTO	399.58	3	133.19	4.26	0.0289
Error	375.18	12	31.26		
Total	774.76	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.73836

Error: 31.2646 gl: 12

TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.	
MORERA HOJAS 300 COMPOST			53.41	4	2.80	A
MORERA HOJAS 100 COMPOST			43.84	4	2.80	A B
MORERA HOJAS 200 COMPOST			43.45	4	2.80	A B
MORERA HOJAS 0 COMPOST			39.94	4	2.80	B

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.93	0.91	2.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	159.85	3	53.28	54.07	<0.0001
TRATAMIENTO	159.85	3	53.28	54.07	<0.0001
Error	11.83	12	0.99		
Total	171.67	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.08403

Error: 0.9855 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA HOJAS 300 COMPOST	44.86	4	0.50 A
MORERA HOJAS 200 COMPOST	41.88	4	0.50 B
MORERA HOJAS 100 COMPOST	39.59	4	0.50 C
MORERA HOJAS 0 COMPOST	36.23	4	0.50 D

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

Análisis de la varianza

Digestibilidad in vitro tallos

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.19	0.00	3.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.43	3	3.14	0.93	0.4562
TRATAMIENTO	9.43	3	3.14	0.93	0.4562
Error	40.54	12	3.38		
Total	49.97	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.85876

Error: 3.3786 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA TALLOS 100 COMPOST..	57.36	4	0.92 A
MORERA TALLOS 300 COMPOST..	56.82	4	0.92 A
MORERA TALLOS 0 COMPOST	55.93	4	0.92 A
MORERA TALLOS 200 COMPOST..	55.38	4	0.92 A

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.30	0.13	6.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43.44	3	14.48	1.74	0.2113
TRATAMIENTO	43.44	3	14.48	1.74	0.2113
Error	99.67	12	8.31		
Total	143.11	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.05024

Error: 8.3059 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA TALLOS 300 COMPOST..	45.59	4	1.44 A
MORERA TALLOS 100 COMPOST..	44.88	4	1.44 A
MORERA TALLOS 200 COMPOST..	43.92	4	1.44 A
MORERA TALLOS 0 COMPOST	41.25	4	1.44 A

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.38	0.22	11.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	73.13	3	24.38	2.41	0.1175
TRATAMIENTO	73.13	3	24.38	2.41	0.1175
Error	121.29	12	10.11		
Total	194.42	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.67429

Error: 10.1076 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA TALLOS 300 COMPOST..	29.84	4	1.59 A
MORERA TALLOS 200 COMPOST..	27.86	4	1.59 A
MORERA TALLOS 100 COMPOST..	26.25	4	1.59 A
MORERA TALLOS 0 COMPOST	24.02	4	1.59 A

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

Análisis de la varianza

Producción de gas in vitro en hojas

PG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PG	16	0.51	0.39	5.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57.71	3	19.24	4.16	0.3009
TRATAMIENTO	57.71	3	19.24	4.16	0.3009
Error	55.49	12	4.62		
Total	113.20	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.51451

Error: 4.6244 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 100 COMPOST	41.63	4	1.08 A
MORERA 0 COMPOST	41.36	4	1.08 A
MORERA 200 COMPOST	38.28	4	1.08 A
MORERA 300 COMPOST	37.26	4	1.08 A

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

B

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	16	0.38	0.23	14.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	116.37	3	38.79	2.47	0.1121
TRATAMIENTO	116.37	3	38.79	2.47	0.1121
Error	188.60	12	15.72		
Total	304.97	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.32269

Error: 15.7169 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 200 COMPOST	30.84	4	1.98 A
MORERA 0 COMPOST	27.22	4	1.98 A
MORERA 300 COMPOST	26.87	4	1.98 A
MORERA 100 COMPOST	23.22	4	1.98 A

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

c

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
c	16	0.09	0.00	6.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.2E-03	3	1.4E-03	0.42	0.7448
TRATAMIENTO	4.2E-03	3	1.4E-03	0.42	0.7448
Error	0.04	12	3.3E-03		
Total	0.04	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.12146

Error: 0.0033 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 200 COMPOST	0.92	4	0.03 A
MORERA 100 COMPOST	0.90	4	0.03 A
MORERA 300 COMPOST	0.88	4	0.03 A
MORERA 0 COMPOST	0.88	4	0.03 A

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

Análisis de la varianza

Producción de gas in vitro tallos

PG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PG	16	0.23	0.03	9.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99.23	3	33.08	1.17	0.3618
TRATAMIENTO	99.23	3	33.08	1.17	0.3618
Error	339.28	12	28.27		
Total	438.52	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.16274

Error: 28.2736 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 200 COMPOST	55.64	4	2.66 A
MORERA 300 COMPOST	55.51	4	2.66 A
MORERA 100 COMPOST	51.97	4	2.66 A
MORERA 0 COMPOST	49.73	4	2.66 A

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

B

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	16	0.23	0.03	21.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78.07	3	26.02	1.17	0.3613
TRATAMIENTO	78.07	3	26.02	1.17	0.3613
Error	266.61	12	22.22		
Total	344.68	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.89529

Error: 22.2175 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 0 COMPOST	23.97	4	2.36 A
MORERA 300 COMPOST	23.04	4	2.36 A
MORERA 200 COMPOST	22.79	4	2.36 A
MORERA 100 COMPOST	18.27	4	2.36 A

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

c

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
c	16	0.20	2.3E-03	81.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.51	3	0.84	1.01	0.4215
TRATAMIENTO	2.51	3	0.84	1.01	0.4215
Error	9.92	12	0.83		
Total	12.43	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.90881

Error: 0.8267 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORERA 100 COMPOST	1.79	4	0.45 A
MORERA 0 COMPOST	1.01	4	0.45 A
MORERA 200 COMPOST	0.83	4	0.45 A
MORERA 300 COMPOST	0.83	4	0.45 A

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

7.2 Fotografías de la investigación.



Fotografía 1. *Pesaje de las muestras.*



Fotografía 2. *Determinación de FDA y FDN.*



Fotografía 3. *Destilador de proteína.*



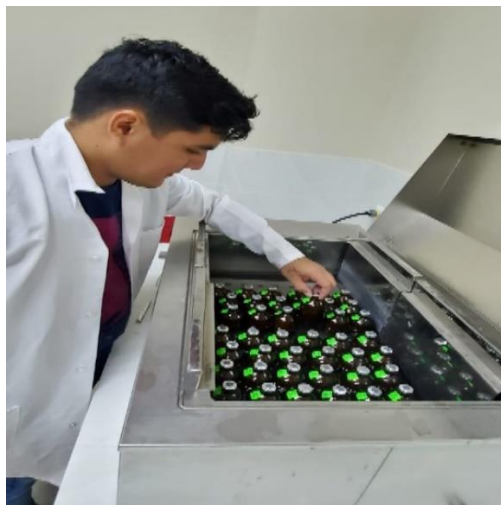
Fotografía 4. *Esterilización de tubos de ensayos.*



Fotografía 5. *Preparación de saliva artificial.*



Fotografía 6. *Secado de bolsas.*



Fotografía 7. *Etiquetado de muestras.*



Fotografía 8. *Producción de gas.*