



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

Proyecto de investigación previo a
la obtención del título de Ingeniera
Agropecuaria.

Título del Proyecto de Investigación:

“NIVELES DE ABONO ORGÁNICO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL Y PRODUCCIÓN
DE GAS *in vitro* EN MORINGA (*Moringa Oleífera*)”

Autora:

Melanie Tahis Meza Castro

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Carlos Javier Meza Bone, PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Meza Castro Melanie Tahis**, declaro que el presente trabajo investigativo descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; lo cual 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.

f. _____

Meza Castro Melanie Tahis
C.C # 0929038495

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 Meza Castro Melanie Tahis, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado: “Niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en moringa (*Moringa Oleífera*)”. 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

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA 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 “Niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en moringa (*Moringa Oleífera*) ”, de autoría del estudiante Melanie Tahis Meza Castro, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el sistema URKUND es de 9% 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.

Cordialmente;

	
Documento	NIVELES DE ABONO ORGÁNICO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL Y PRODUCCIÓN.doc (D150009956)
Presentado	2022-11-17 09:23 (-05:00)
Presentado por	Meza Bone Gary Alex (gmeza@uteq.edu.ec)
Recibido	gmeza.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	análisis de urkund Mostrar el mensaje completo
	9% de estas 43 páginas, se componen de texto presente en 4 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:

“Niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en moringa (*moringa oleífera*)”

Presentando a Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Ronald Cabezas Congo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Gary Meza Bone

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Juan Avellaneda Cevallos

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad técnica Estatal de Quevedo por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así también como a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día

Agradezco a mi Director de Tesis Dr. Carlos Meza Bone y a su vez al Dr. Gary Meza Bone por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, mis logros se los debo a ustedes, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional

DEDICATORIA

Llena de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mi hija Ainhoa Rosas Meza, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor

A mis padres Carlos Meza Bone y Marilú Castro Macías, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mi hermana Tarleth Meza Castro le agradezco no solo por estar presente aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me ha causado.

Gracias a mi pareja, por brindarme su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la carrera universitaria.

A mis tíos y primo por ser parte de mi familia y de mi vida, por demostrarme afecto y apoyarme en la realización de este proyecto.

A mis abuelos, que con la sabiduría de Dios me han enseñado a ser quien soy hoy. Gracias por su paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por sus consejos, por el amor que me han dado y por su apoyo incondicional en mi vida. Gracias por llevarme en sus oraciones porque estoy seguro que siempre lo hacen.

Melanie Tahis Meza Castro

RESUMEN

La investigación se realizó, en el Campus “La María” vía Mocache perteneciente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en Moringa (*Moringa Oleífera*). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (T1: *M. oleífera* 0 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹ y T4: *M. oleífera* 2310 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹), y 4 repeticiones. Las variables se analizaron utilizando PROC GLM del SAS. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey excepto la producción de gas *in vitro* de MS, la cual se realizó utilizando el programa Graphpad Prism 6. Dentro de las variables estudiadas tenemos la composición bromatológica (MS, MO, PC, FDN, FDA), digestibilidad *in vitro* (DIVMS, DIVFDN y DIVFDA) y en la producción de gas *in vitro* se evaluó la materia seca. En cuanto a la composición bromatológica en hojas presentó diferencias estadísticas siendo el mayor contenido de MS el T4 (22,71%), en PC el T3 (34,38%), siendo el de menor valor para la FDN el T4 y T3 (24,92 y 26,22%) y para la FDA el T2 (12,54%), a excepción de la MO la cual no presentó diferencias estadísticas, mientras que para tallos el mayor contenido de MS se obtuvo en el T4 (15,11%), en MO el T3 (91,72%), en PC el T3 y T4 (11,49 y 11,27%), en FDN y FDA se registró en el T4 (65,79 y 53,06%). En cuanto a la digestibilidad *in vitro* en hojas reportando la mayor digestibilidad de FDN el T2 y T1 (40,66 y 38,71%), en FDA el T1, T2 y T3 (31,93; 29,49 y 29,38%), en MS no presentó diferencias estadísticas, mientras que para tallos presentó diferencias estadísticas siendo el de mayor digestibilidad de MS el T1 (52,01%), en FDN el T1, T2 y T3 (40,35; 39,20 y 37,88%), en FDA el T1 y T2 (27,83 y 27,03). Por otro lado, la mayor producción de gas y la asíntota en tallos la reportó el T4 (326,88 mL gas y 56,18% h) y la tasa de producción de gas el T2 (0,92% h), mientras que para hojas la producción de gas *in vitro* no presentó diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos evaluados.

Palabras claves: forraje, arbórea, fertilizante, bromatología, digestibilidad.

ABSTRACT

The research was conducted at the Campus "La María" via Mocache belonging to the State Technical University of Quevedo. The objective of this work was to evaluate the levels of organic fertilizer on the nutritional value and gas production in vitro in Moringa (*Moringa oleifera*). A completely randomized design (CRD) with 4 treatments (T1: *M. oleifera* 0 g organic fertilizer plant-1 cutting-1; T2: *M. oleifera* 770 g organic fertilizer plant-1 cutting-1; T3: *M. oleifera* 1540 g organic fertilizer plant-1 cutting-1 and T4: *M. oleifera* 2310 g organic fertilizer plant-1 cutting-1), and 4 replications were used. The variables were analyzed using PROC GLM of SAS. Means were compared using Tukey's test except for in vitro DM gas production, which was performed using Graphpad Prism 6. Among the variables studied were bromatological composition (DM, OM, CP, NDF, FDA), in vitro digestibility (DIVMS, DIVFDN and DIVFDA) and in vitro gas production, dry matter was evaluated. As for the bromatological composition in leaves, there were statistical differences, with the highest DM content in T4 (22.71%), in CP in T3 (34.38%), and the lowest values for NDF in T4 and T3 (24.92 and 26.22%) and for FDA in T2 (12.54%). The highest DM content for stems was obtained in T4 (15.11%), for DM in T3 (91.72%), for CP in T3 and T4 (11.49 and 11.27%), and for NDF and FDA in T4 (65.79 and 53.06%). As for in vitro digestibility in leaves, T2 and T1 reported the highest NDF digestibility (40.66 and 38.71%), T1, T2 and T3 (31.93, 29.49 and 29.38%), and T1, T2 and T3 (31.93, 29.49 and 29.38%); 29.49 and 29.38%), in DM there were no statistical differences, while for stems there were statistical differences, with the highest DM digestibility in T1 (52.01%), in NDF in T1, T2 and T3 (40.35, 39.20 and 37.88%), and in FDF in T1 and T2 (27.83 and 27.03). On the other hand, the highest gas production and asymptote in stems was reported by T4 (326.88 mL gas and 56.18% h) and the rate of gas production by T2 (0.92% h), while for leaves, in vitro gas production did not show statistical differences between the means of the treatments evaluated.

Key words: forage, arboreal, fertilizer, bromatology, digestibility.

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Código dublín	xv
Introducción.....	1
 CAPÍTULO I	 3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 Problema de investigación.	4
1.1.1 Planteamiento del problema.	4
Diagnóstico.....	5
Pronóstico.....	5
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.1.3 Sistematización del problema.	5
1.2 Objetivos.	6
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivo Específicos.	6
1.3 Justificación.....	7
 CAPÍTULO II.....	 8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1 Marco conceptual.	9
2.2 Marco referencial	11
2.2.1. Origen y distribución de la <i>Moringa Oleífera</i>	11
2.2.2. Clasificación taxonómica de la moringa.	11
2.2.3. Morfología.....	11
2.2.4. Establecimiento.	12
2.2.5. Adaptación.	12
2.2.6. Alimento para rumiantes.	13
2.2.7. Composición química y valor nutritivo de la moringa.....	13
2.2.8. Uso de la moringa como forraje para ganado vacuno.....	14
2.2.9. Digestibilidad.	14
2.2.10. Digestibilidad <i>in vitro</i>	15
2.2.11. Digestibilidad en el DIGESTOR DAISY.....	16
2.2.12. Degradabilidad ruminal.....	16
2.2.13. Método (<i>in vitro</i>).	17
2.2.14. Fermentación ruminal.	18
 CAPÍTULO III	 19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19

3.1.	Localización y duración del experimento.	20
3.2.	Condiciones agroclimáticas.	20
3.3.	Tipo de investigación.	21
3.4.	Método de investigación.	21
3.4.1.	Método comparativo.	21
3.4.2.	Método experimental.	22
3.5.	Fuentes de recopilación de información.....	22
3.5.1.	Primarias.	22
3.5.2.	Secundarias.	22
3.6.	Diseño de investigación.	23
3.6.1.	Tratamiento bajo estudio.	24
3.6.2.	Análisis de abono orgánico.....	25
3.7.1.	Variables para estudiar.	25
3.7.2.	Materia seca.	25
3.7.3.	Materia orgánica.	26
3.7.4.	Proteína cruda (%).	26
3.7.5.	Fibra detergente neutra (%).	26
3.7.6.	Fibra detergente ácida (%).	27
3.7.7.	Cenizas.....	27
3.7.8.	Digestibilidad in vitro.	28
3.7.9.	Producción de gas in vitro.	28
3.8.	Recursos materiales de la investigación.....	29
3.8.1.	Materiales y equipo de campo.	29
3.8.2.	Materiales y equipos de oficina.	29
3.8.3.	Materiales de Laboratorio.....	29
3.8.4.	Reactivos.....	30
CAPÍTULO IV		31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		31
4.1.	Composición bromatológica en hojas.	32
4.1.1.	Materia seca (MS%).	32
4.1.2.	Materia orgánica (MO%).	32
4.1.3.	Proteína cruda (PC%).	33
4.1.4.	Fibra detergente Neutra (FDN%).	33
4.1.5.	Fibra detergente Ácida (FDA%).	34
4.2.	Composición bromatológica en tallos.	34
4.2.1.	Materia seca (MS%).	34
4.2.2.	Materia orgánica (MO%).	35
4.2.3.	Proteína cruda (PC%).	35
4.2.4.	Fibra detergente neutra (FDN%).	36
4.2.5.	Fibra detergente ácida (FDA%).	36
4.3.	Digestibilidad in vitro hojas.	37
4.3.1.	Digestibilidad in vitro materia seca (DIVMS%).	37
4.3.2.	Digestibilidad in vitro fibra detergente neutra.	38
4.3.3.	Digestibilidad in vitro fibra detergente ácida.	38
4.4.	Digestibilidad <i>in vitro</i> tallos.	39

4.4.1. Digestibilidad in vitro materia seca.	39
4.4.2. Digestibilidad in vitro fibra detergente neutra.	39
4.4.3. Digestibilidad in vitro fibra detergente ácida.	40
4.5. Producción de gas in vitro.	40
4.5.1. Producción de gas en hojas.	40
4.5.2. Producción de gas en tallos.	41
 CAPÍTULO V	 44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones.	45
5.2. Recomendaciones.	46
 CAPÍTULO VI	 47
BIBLIOGRAFÍA	47
6.1. Referencias bibliográficas.	48
 CAPÍTULO VII	 52
ANEXOS	52
7.1. ANDEVA.	53
7.2. Fotografías de la investigación.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de Moringa Oleífera.	12
Figura 2. Toma Satelital del Campus "La María".	20
Figura 3. Fermentación de producción de gas in vitro [PG (mL gas)] en hojas de Moringa oleífera cosechado a los 60 días.	41
Figura 4. Fermentación de producción de gas in vitro [PG (mL gas)] en tallos de Moringa oleífera cosechado a los 60 días.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de Moringa Oleífera.	11
Tabla 2. Condiciones agroclimáticas de la zona de muestreo.	21
Tabla 3. Esquema del experimento. Campus La María 2021.	23
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza. Campus La María 2021	24
Tabla 5 Análisis de abono orgánico (compost).	25
Tabla 6. Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	32
Tabla 7. Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	32

Tabla 8. Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	33
Tabla 9. Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	33
Tabla 10. Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	34
Tabla 11. Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	34
Tabla 12. Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	35
Tabla 13. Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	36
Tabla 14. Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	36
Tabla 15. Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	37
Tabla 16. Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	37
Tabla 17. Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	38
Tabla 18. Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	38
Tabla 19. Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	39
Tabla 20. Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	39
Tabla 21. Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca†	40
Tabla 22. Parámetros de producción de gas in vitro (mL gas/0.500 g de fermentación de MS) en hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca	41
Tabla 23. Parámetros de producción de gas in vitro (mL gas/0.500 g de fermentación de MS) en tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.....	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Modelo Matemático.....	23
Ecuación 2: Materia seca.....	25
Ecuación 3: Proteína cruda	26
Ecuación 4: Fibra detergente neutra.....	26
Ecuación 5: Fibra detergente ácida.....	27
Ecuación 6: Cenizas.....	28

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Pesaje de las muestras.	64
Fotografía 2. Crisoles colocados en la mufla.	64
Fotografía 3. Determinación de FDN y FDA.	64
Fotografía 4. Destilador de proteína.	65
Fotografía 5. Esterilización de tubos de ensayos.	65
Fotografía 6. Mezcla de saliva artificial.	65
Fotografía 7. Producción de gas.	65

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas <i>in vitro</i> en moringa (<i>Moringa Oleífera</i>).				
Autor:	Meza Castro Melanie Tahis				
Palabras clave:	Forraje	Arbórea	Fertilizante	Bromatología	Digestibilidad
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	La investigación se realizó, en el Campus “La María” vía Mocache perteneciente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas <i>in vitro</i> en Moringa (<i>Moringa Oleífera</i>). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (T1: <i>M. oleífera</i> 0 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T2: <i>M. oleífera</i> 770 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T3: <i>M. oleífera</i> 1540 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹ y T4: <i>M. oleífera</i> 2310 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹), y 4 repeticiones. Las variables se analizaron utilizando PROC GLM del SAS. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey excepto la producción de gas <i>in vitro</i> de MS, la cual se realizó utilizando el programa Graphpad Prism 6. Dentro de las variables estudiadas tenemos la composición bromatológica (MS, MO, PC, FDN, FDA), digestibilidad <i>in vitro</i> (DIVMS, DIVFDN y DIVFDA) y en la producción de gas <i>in vitro</i> se evaluó la materia seca. En cuanto a la composición bromatológica en hojas presentó diferencias estadísticas siendo el mayor contenido de MS el T4 (22,71%), en PC el T3 (34,38%), siendo el de menor valor para la FDN el T4 y T3 (24,92 y 26,22%) y para la FDA el T2 (12,54%), a excepción de la MO la cual no presentó diferencias estadísticas, mientras que para tallos el mayor contenido de MS se obtuvo en el T4 (15,11%), en MO el T3 (91,72%), en PC el T3 y T4 (11,49 y 11,27%), en FDN y FDA se registró en el T4 (65,79 y 53,06%). En cuanto a la digestibilidad <i>in vitro</i> en hojas reportando la mayor digestibilidad de FDN el T2 y T1 (40,66 y 38,71%), en FDA el T1, T2 y T3 (31,93; 29,49 y 29,38%), en MS no presentó diferencias estadísticas, mientras que para tallos presentó diferencias estadísticas siendo el de mayor digestibilidad de MS el T1 (52,01%), en FDN el T1, T2 y T3 (40,35; 39,20 y 37,88%), en FDA el T1 y T2 (27,83 y 27,03). Por otro lado, la mayor producción de gas y la asíntota en tallos la reportó el T4 (326,88 mL gas y 56,18% h) y la tasa de producción de gas el T2 (0,92% h), mientras que para hojas la producción de gas <i>in vitro</i> no presentó diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos evaluados.				

Abstract:	The research was conducted at the Campus "La María" via Mocache belonging to the State Technical University of Quevedo. The objective of this work was to evaluate the levels of organic fertilizer on the nutritional value and gas production in vitro in Moringa (<i>Moringa oleifera</i>). A completely randomized design (CRD) with 4 treatments (T1: <i>M. oleifera</i> 0 g organic fertilizer plant-1 cutting-1; T2: <i>M. oleifera</i> 770 g organic fertilizer plant-1 cutting-1; T3: <i>M. oleifera</i> 1540 g organic fertilizer plant-1 cutting-1 and T4: <i>M. oleifera</i> 2310 g organic fertilizer plant-1 cutting-1), and 4 replications were used. The variables were analyzed using PROC GLM of SAS. Means were compared using Tukey's test except for in vitro DM gas production, which was performed using Graphpad Prism 6. Among the variables studied were bromatological composition (DM, OM, CP, NDF, FDA), in vitro digestibility (DIVMS, DIVFDN and DIVFDA) and in vitro gas production, dry matter was evaluated. As for the bromatological composition in leaves, there were statistical differences, with the highest DM content in T4 (22.71%), in CP in T3 (34.38%), and the lowest values for NDF in T4 and T3 (24.92 and 26.22%) and for FDA in T2 (12.54%). The highest DM content for stems was obtained in T4 (15.11%), for DM in T3 (91.72%), for CP in T3 and T4 (11.49 and 11.27%), and for NDF and FDA in T4 (65.79 and 53.06%). As for in vitro digestibility in leaves, T2 and T1 reported the highest NDF digestibility (40.66 and 38.71%), T1, T2 and T3 (31.93, 29.49 and 29.38%), and T1, T2 and T3 (31.93, 29.49 and 29.38%); 29.49 and 29.38%), in DM there were no statistical differences, while for stems there were statistical differences, with the highest DM digestibility in T1 (52.01%), in NDF in T1, T2 and T3 (40.35, 39.20 and 37.88%), and in FDF in T1 and T2 (27.83 and 27.03). On the other hand, the highest gas production and asymptote in stems was reported by T4 (326.88 mL gas and 56.18% h) and the rate of gas production by T2 (0.92% h), while for leaves, in vitro gas production did not show statistical differences between the means of the treatments evaluated.
Descripción:	81 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

Introducción

En el trópico, la baja rentabilidad de los sistemas de producción pecuaria se debe a la escasez y baja calidad nutricional de los pastos, que se caracterizan por una menor concentración de proteína cruda (inferior al 8%) y digestibilidad (inferior al 50%). Esto determina en gran medida cómo responden al crecimiento, la producción de carne y leche (1), poniendo en riesgo la situación alimentaria de poblaciones en crecimiento (2).

El uso racional y sustentable de los recursos naturales es una opción viable para la obtención de beneficios en las actividades agropecuarias (3). Las variedades forrajeras de matorral son una importante fuente de nutrición, proporcionando piensos de alta calidad la mayor parte del año, mejorando las dietas de los animales y reduciendo el uso de concentrados en las explotaciones ganaderas (4).

Hay una serie de métodos que se pueden utilizar para evaluar el valor nutricional de los alimentos proporcionados al ganado, uno de los cuales es la técnica de producción de gas (5) que permite establecer el alcance y la cinética de la degradación del alimento por el volumen de gas producido en el transcurso del proceso fermentativo (6). Las variedades de forrajes se pueden aprovechar como una alternativa a la suplementación del ganado, reemplazando total o parcialmente los concentrados más costosos que no causan degradación ambiental (7).

La investigación sobre árboles y arbustos y su integración en los sistemas de producción de rumiantes ha permitido evaluar la utilidad de las especies lo cual no tiene ningún uso y ampliar la utilidad de las especies que a menudo tienen otros propósitos (8). Entre este gran grupo se puede mencionar a la *M. oleífera*, principalmente por su versatilidad, acelerado crecimiento y recuperación después del corte, además de su considerable rendimiento de biomasa durante los períodos de sequía (9).

La suplementación con forraje de moringa es una forma eficaz de mejorar la utilización de raciones basales de calidad baja a moderada porque este forraje es una planta tropical con el mayor potencial para aumentar el suministro de nutrientes y mejorar la fermentación microbiana del rumen (10).

La *Moringa oleífera* es considerada una fuente de minerales, contiene altos niveles de proteína cruda (PC), materia seca (MS) altamente degradable y materia orgánica (MO) altamente digestible (11). El objetivo de la investigación fue evaluar los niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en moringa (*Moringa oleífera*).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

En el litoral ecuatoriano los indicadores de producción ganadera se han mantenido inalterable en los últimos años debido a factores adversos como la disminución de la cantidad y calidad del forraje, la persistencia de monocultivos de pastos, sequías periódicas y la pérdida de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (12).

Durante los períodos de sequía, los forrajes tropicales presentan características especiales en su composición física y química, siendo las más importantes las siguientes: baja proteína cruda, alta fibra detergente neutro y baja digestibilidad, la suma de estos factores da como resultado que el consumo de materia seca sea bajo y no es posible maximizar la capacidad productiva del rebaño, ya sea leche, carne o doble uso (13).

Los árboles y arbustos forrajeros, leguminosas o no, producen niveles más altos de proteína cruda y biomasa estacional que otros forrajes como las gramíneas y las leguminosas rastreras; esta calidad y rendimiento es función de la especie, la fisiología de la planta y la función de frecuencia de corte (14).

La especie arbustiva como la Moringa son un recurso ampliamente distribuido en el trópico con alto valor nutricional, tradicionalmente subutilizado en el Ecuador y puede ser una alternativa viable para la producción ganadera, sin embargo, en el país existe poca información sobre las propiedades productivas investigadas y el límite de producción de gas su uso potencial en la ganadería (15). Debido a la falta de comprensión entre los ganaderos de los beneficios de ciertos tipos de forrajes denso como fuente de alimento, es necesario investigar nuevas opciones de forraje para alimentar a los rumiantes precisamente en un momento en que la sequía y el pasto no pueden satisfacer las necesidades de consumo del ganado (9).

Diagnóstico.

En la época seca, existe una escasez de pasto forrajero para alimentar al ganado, lo que puede conducir a la desnutrición y la baja producción de leche y carne, afectando la economía de los ganaderos de la región.

Pronóstico.

La *Moringa oleífera* con diferentes dosis de abono orgánico (compost) busca mejorar su efectividad en la composición química, digestibilidad *in vitro* y producción de gas *in vitro* en los rumiantes , como estrategia que permitirá si existe un aumento o un decremento en los parámetros productivos y reproductivos

1.1.2 Formulación del problema.

¿Las diferentes dosis de abono orgánico (compost) suministrados en la *Moringa oleífera* podrán ser asimilados en los rumiantes durante el proceso de digestibilidad y producción de gas *in vitro* de manera eficiente?

1.1.3 Sistematización del problema.

¿Es posible que el uso de *Moringa oleífera* con diferentes dosis de compost mejorará la calidad nutricional?

¿El uso de *Moringa oleífera* reduciría los costos de producción en los rumiantes en comparación con los concentrados comerciales?

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Evaluar los niveles de abono orgánico sobre el valor nutricional y producción de gas *in vitro* en Moringa (*Moringa Oleífera*).

1.2.2 Objetivo Específicos.

Determinar la composición bromatológica de la Moringa (*Moringa Oleífera*) en hojas y tallos a diferentes dosis de abono orgánico en la época seca.

Estimar la digestibilidad *in vitro* de la Moringa (*Moringa Oleífera*) hojas y tallos a diferentes dosis de abono orgánico en la época seca.

Valorar la producción de gas *in vitro* en la Moringa (*Moringa Oleífera*) hojas y tallos a diferentes dosis de abono orgánico en la época seca.

1.3 Justificación.

La búsqueda constante de especies con potencial forrajero para la alimentación animal es un tema de gran interés científico, en este sentido de que el desarrollo ganadero puede participar directamente en la incorporación de forrajes densos, enfrentar déficits económicos y mejorar los sistemas de manejo agrícola (16).

Los forrajes para especies arbóreas y arbustivas se consideran una solución alternativa para la baja calidad y cantidad de pastos en el transcurso de los períodos secos debido a mejores rendimientos de biomasa y alto contenido de proteína. (17) mejorando la ración (18) y la digestibilidad ruminal (19) para satisfacer en última instancia las necesidades nutricionales de los rumiantes para mantener o aumentar la productividad durante las sequías (20).

Se considera que la *Moringa oleífera*, tiene propiedades nutricionales, “producción de biomasa, diversidad agronómica, aceptabilidad, tolerancia a la sequía y disponibilidad global, en paralelismo o comparación con otras gramíneas utilizadas tradicionalmente, lo que hace de esta planta una excelente candidata para los sistemas de ganadería intensiva” (21).

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto se desarrolló como una propuesta para evaluar el valor nutritivo y la producción de gas *in vitro* para comprender su viabilidad como recurso forrajero para la alimentación animal, contribuyendo así a la productividad, competitividad y sostenibilidad de los productores agropecuarios.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual.

Moringa (*Moringa Oleífera*).

Tiene una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones de suelo y clima. Se concede gran importancia a *M. oleífera* en la alimentación animal, ya que por los contenidos de proteína y vitaminas puede ser un suplemento de importancia en la ganadería de leche y de ceba, así como en la dieta de aves, peces y cerdos, siempre que haya un balance nutricional (22).

Rumiantes.

Los rumiantes al nacer presentan su estómago no desarrollado, siendo funcional sólo el abomaso producto de que su alimentación inicial es sólo leche; al ir creciendo y agregar alimento fibroso se estimula el desarrollo de los otros compartimientos del estómago. Los rumiantes eructan como un mecanismo para liberar los gases (metano y CO₂) producidos por la fermentación de los microorganismos presentes en el rumen, esto lo consiguen por la contracción y dilatación de los diferentes compartimentos (23).

Digestibilidad *in vitro*.

La técnica de digestibilidad *in vitro* (DIVMS) simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables. El inconveniente de esta técnica reside en la variabilidad de sus resultados, debido a que la microflora ruminal está influenciada por el tipo y cantidad de dieta proporcionada al animal (24).

Composición bromatológica.

La composición bromatológica de un forraje es de suma importancia para la elaboración de dietas correctamente balanceadas en la alimentación de animales principalmente rumiantes. El aporte de nutrimentos de los forrajes permite complementar con suplementos e ingredientes, los faltantes en la dieta, con el fin de suplir los requerimientos del animal y posteriormente este se desempeñe productiva, reproductiva y etiológicamente bien, así mismo, conserve un estado de salud óptimo (25)

Producción de gas *in vitro*.

La técnica de producción de gas *in vitro* permite determinar la modificación en la paja por los tratamientos químicos y biológicos, así como los efectos de compuestos secundarios en la actividad microbiana ruminal, describir la cinética de fermentación, analizar efectos asociativos de diversos alimentos, examinar el efecto de aditivos en la fermentación ruminal e identificar la composición de gases de la fermentación (26)

Proteína.

Son un grupo de compuestos orgánicos, unos 20 aminoácidos diferentes, estas son las partes principales de cada célula viva. árbol de Moringa (*Moringa oleífera*), que son ricas en proteínas en hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B y C, así como proteínas. Las semillas contienen de 30% a 42% de aceite, y su torta engloba el 60% de proteína (27)

2.2 Marco referencial.

2.2.1. Origen y distribución de la *Moringa Oleífera*.

Moringa oleífera es la especie más conocida del género *Moringa*. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta y en América Central; se conoce con diversos nombres comunes: palo jeringa, acacia y jazmín francés, entre otros (28).

2.2.2. Clasificación taxonómica de la moringa.

Tabla 1.

Taxonomía de Moringa Oleífera

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Brassicales
Clase	Eudicotyledoneae
Familia	Moringaceae
Género	<i>Moringa</i>
Especie	<i>Moringa oleífera</i>

Fuente: (29)

2.2.3. Morfología.

La *Moringa oleífera* es un pequeño árbol que puede alcanzar una altura de 10 a 12 metros. Se caracteriza por tener una copa en forma de sombrilla, raíces profundas, corteza grisácea con apariencia de corcho y ramas frágiles (30).

Las hojas de este árbol pueden fluctuar entre 7 a 60 cm de largo y elípticas. Sus inflorescencias son de 10 a 20 cm de largo y presentan flores fragantes, cigomórficas, de color crema. Sus frutos

están conformados por una cápsula de tres válvulas, de 10 a 60 cm de longitud. Los frutos maduros contienen entre 15 a 20 semillas oleosas de poco más de un centímetro de diámetro (30).

Figura 1.

Cultivo de Moringa Oleífera.



2.2.4. Establecimiento.

Esta apostura puede reproducirse mediante reproducción sexual y asexuado. Cuando el norte del cultivo es la obtención de forraje, la alternativa más usada es la gestación carnal. Los cereales se siembran manualmente a 2 cm de rebajamiento y germinan 10 días más tarde (32). La cantidad de granos por kg varía de 4 000 a 4 800 unidades y un solo árbol puede tallar de 15 000 a 25 000 granos por año. Los cereales germinan más tarde de cinco a siete días de sembradas. La grana tiene un porcentaje del 90% de brote, no necesita procesos pregerminativos. Su porcentaje de aparición disminuye cuando se almacena más de sesenta días (32)

2.2.5. Adaptación.

La *Moringa oleífera* es una leguminosa que se puede cultivar en todos los países tropicales, es una planta leguminosa de clima húmedos, secos y áridos, naturalmente tiene mejor crecimiento a menos de 50 msnm y no es muy productiva en altitudes superiores a los 1500 msnm (30).

Moringa (*Moringa oleífera*) necesita de suelos bien drenados, tipo francos-francos arcillosos, no favorable en suelos arcillosos o terrosos (30).

2.2.6. Alimento para rumiantes.

La Moringa (*Moringa oleífera*) como alimento para rumiantes; cuando se suministra por primera vez, es indispensable un periodo de tiempo para acondicionamiento, combinándolo con otros forrajes o suplementos de consumo habitual. La Moringa (*Moringa oleífera*) puede emplearse como un complemento proteico o como alimento exclusivo si se desea (33).

Las hojas de Moringa (*Moringa oleífera*) constituyen una alternativa para el complemento proteico en los sistemas de producción con rumiantes en África Occidental y puede ser utilizado como suplemento de dietas basadas en residuos de cultivos / malos forrajes. En Combinación con concentrado, pueden mejorar aún más la eficacia de la utilización del concentrado (34).

El follaje de Moringa (*Moringa oleífera*) puede ser utilizado como alternativa para reemplazar el concentrado convencional en la dieta de cabras en crecimiento por su alto nivel de proteínas y la gran digestibilidad de los nutrientes. Se recomienda reemplazar con follaje de Moringa (*Moringa oleífera*) el 75% del concentrado convencional (35).

La Moringa como una de las plantas de mayor importancia global para la nutrición animal, por su mayor contenido de proteína cruda y menor porcentaje de fibra frente a otras plantas como *Cenchrus ciliaris*, *Dichanthium annulatum*, *Sorghum halepense* (36).

2.2.7. Composición química y valor nutritivo de la moringa.

Según Makkar & Becker (1997), el forraje de Moringa puede ser una buena fuente de proteína para la alimentación animal ya que contiene entre 15.6 y 29% en base seca con un alto contenido de proteína sobrepasante, 47%, de la proteína total y la DIVMS es de 79% (37). El árbol recién cosechado tiene un contenido de 83% de humedad con un equivalente de 13-20 ton de PB/ha,

considerado como uno de los mejores vegetales perennes, sus hojas poseen un alto contenido en proteína, cantidades significativa de Ca y vit. C. (37).

Investigaciones realizadas en Venezuela bajo condiciones de bosque subhúmedo (1.1540 mm) con *M. oleífera*, mostraron resultados interesantes en su composición química: 39,0% MS; 18,8% proteína cruda (PC); 45,1% fibra neutro detergente (FND); 29,3% fibra ácido detergente; 24,1% carbohidratos solubles; 0,20% de fósforo y 12,2% cenizas, degradabilidad in situ (64,7% MS; 66,3% PC y 59,6% FND), metabolitos secundarios o factores anti nutricionales se presentan en contenidos mínimos: 3,52% fenoles totales; 1,66% taninos totales; 0,90% de taninos que precipitan las proteínas; 1,56% taninos condensados; 2,34% saponinas y 0,07% alcaloides totales (38).

El forraje fresco del árbol de guaireña presenta excelentes características nutritivas para el ganado. Sus hojas, ramas y tallos son ricos en proteína, caroteno, hierro y ácido ascórbico; las vainas son ricas en lisina; las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína (39).

2.2.8. Uso de la moringa como forraje para ganado vacuno.

El corte de los rebrotes se realiza en intervalos entre 35 y 45 días, estos en función de las condiciones de manejo del cultivo, pueden llegar a tener una altura de 1.20-1.5 m. El material cortado, tallos, ramas y hojas se pica y se suministra a los animales (40). Cuando se inicia la alimentación con Moringa es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado, concluyendo que la moringa se puede utilizar como un complemento proteínico o sustituto completo (40).

2.2.9. Digestibilidad.

El valor potencial de los diferentes nutrientes proporcionados por los alimentos puede determinarse mediante análisis químico; pero el verdadero valor de los animales solo puede conocerse después de tener en cuenta las pérdidas que se producen durante la digestión, la absorción y el metabolismo (41).

La degradabilidad ruminal, tiene un valor relativo de dos aspectos: velocidad de degradación y velocidad de tránsito ruminal, la primera se determina por la solubilidad y estructura molecular, y actividad de los microorganismos mientras que la digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad que no se excreta en heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal (42)

La digestibilidad del forraje y el bálago por ingrediente de los animales depende de su contenido de fibra cruda, que incrementa paralelamente al desarrollo del arbusto por coger los tallos de las especies granos de pradera, y ciertas leguminosas como la alfalfa en peculiar, una mayor impregnación de lignina y cutina, elaborándolos salvo digestibles (43)

2.2.10. Digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad de la materia seca depende del contenido de FDN y de la digestibilidad del FDN. Este último altera entre hojas y vainas, estado de ontogenia de la hoja, período durante el cual las hojas permanecen viables y longitud de la hoja. Esta información, junto con el método utilizado para valorar la digestibilidad, cómo se expresa (real o aparente) y la latencia, es fundamental para interpretar y comparar información de diferentes fuentes (44)

Actualmente, los programas en Digestor Daisy están reemplazando la tecnología Tilley y Terry en suficientes laboratorios en todo el país y el mundo. Con este aparato puedes medir verdadera digestibilidad, digestibilidad FDN y desaparición *in vitro*. Asimismo la digestibilidad aparente se puede calcular para resultados comparables a las 48 horas de incubación con la Tecnología TT (44)

Adicionalmente, algunos laboratorios no determinan la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD), sino que utilizan una fórmula basada en fibra detergente ácida (FDA) para estimarla. Se considera forraje de alta calidad cuando la digestibilidad *in vitro* es de aproximadamente 70% Materia seca (DIVMS), menos del 50% fibra detergente neutro (FDN) y más del 15% de proteína bruta (PB). Por el contrario, en baja calidad, DIVMS cae por debajo del 50 %, NDF sube por

encima del 65 % y CP cae por debajo del 8 %. El uso más común de DIVMS es estimar el contenido de energía metabolizable (EM) en cuanto al alimento. De acuerdo con las regulaciones alimentarias, la conversión se realiza de manera simplificada, con la siguiente ecuación (45)

$$\% \text{ DIVMS} = 88.9 - (\% \text{FDA} \times 0.779) = \text{EM} = 3.61 \times \text{DIVMS}$$

2.2.11. Digestibilidad en el DIGESTOR DAISY.

La digestibilidad verdadera de MS (DvMS) y la digestibilidad de FDN (DFDN) se miden en este dispositivo. La digestibilidad aparente (DaMS) se puede calcular a partir de DvMS disminuyendo 18 del factor metabólico de Van Sost de 11,9. El dispositivo también autoriza el estudio de la cinética *in vitro*, o el cálculo de la desaparición de MS en tiempos fijos. (46)

Según el manual del equipo, al igual que con la técnica TT, el tiempo de incubación es de 48 horas, en este tiempo de incubación los resultados de los dos métodos fueron comparables. A diferencia de la técnica TT, el tiempo de incubación de DIGESTOR DAISY puede variar, y cada vez se prefiere más de 24 o 30 horas. 8-10 toneladas de proteína cruda por hectárea por año después de la siembra (46). Rendimientos superiores de forraje con altas densidades de siembra y de 4 a 6 reducciones por año cualquier otro tipo de alimento (46)

2.2.12. Degradabilidad ruminal.

El valor de la degradabilidad ruminal depende de dos aspectos fundamentales, como son la tasa de degradación y la tasa de paso ruminal, la cual depende de la solubilidad, estructura molecular y actividad de los microorganismos los cuales son afectados por el pH, tamaño de partícula y relación forrajera, (concentración) y otros factores como la ingesta agua o materia seca, modificando la degradabilidad del rumen (42)

Para entender la degradabilidad de los alimentos existen métodos matemáticos que, proponen fijar una contribución de pasaje y ascendiendo poco a poco la ración de alimentos la cual es degradada en el transcurso del periodo de incubación. Las estimaciones de la degradabilidad efectiva (DE) de

las fracciones potencialmente degradables en el rumen son probablemente los cálculos más importantes en los estudios cinéticos del rumen, ya que permiten establecer proporción de nutrientes degradados a nutrientes no utilizados para la degradación del rumen (42).

2.2.13. Método (*in vitro*).

La degradabilidad *in vitro* es el proceso de digestión de los alimentos por preparados microbianos o enzimáticos que realizan funciones similares a las presentes en el tracto digestivo de los animales. Es una técnica que simula la digestibilidad del tracto digestivo de los rumiantes a través de un transcurso de laboratorio, haciendo esta técnica lo más realista posible. Los métodos *in vitro* para estimar la digestibilidad son favorables porque proporcionan resultados más rápidos, sencillos y al mismo tiempo menos costosos que los métodos de digestibilidad *in vivo* (47)

El procedimiento propuesto por (47) está ligeramente modificado y es el más utilizado en la mayoría de los laboratorios. Sin embargo, la técnica desarrollada por Van Soest y sus colaboradores representa una alternativa al método de Tilley y Terry, ya que permite una evaluación más rápida de los productos alimenticios sin afectar negativamente a la precisión de los valores obtenidos (48). Este procedimiento consiste en incubar el alimento con fluido o líquido ruminal por 48 h a 39°C, y luego tratar el residuo obtenido con una solución neutro-detergente a 770°C por 1 h, el valor obtenido se consideró como la digestibilidad real del alimento (45).

La desventaja de las técnicas *in vitro* es la variabilidad de sus resultados, ya que la microflora del rumen está influenciada por el tipo y la cantidad de dieta proporcionada al animal. La justificación de estos ensayos es que la extracción con solventes del nitrógeno soluble del alimento a lo largo del tiempo, la degradación se ve afectada por varios factores relacionados con el solvente y el proceso de extracción. Las razones principales de la mala relación entre la solubilidad y la degradación en el rumen son tres, la cual es una combinación de factores: Posibilidad de contaminación microbiana del alimento no digerido, la degradabilidad del componente N y la degradabilidad asociada con la configuración y estructura de la proteína varían ampliamente. (49).

2.2.14. Fermentación ruminal.

El rumen es una cámara de fermentación anaeróbica. La población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos, y manteniendo unas condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento microbiano. Estos microorganismos dependen del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento, y el rumiante depende de los productos de fermentación anaeróbica del alimento fibroso que ingiere y de la actividad biosintética microbiana, para cubrir sus propias necesidades nutritivas (50).

El metabolismo del rumiante está enfocado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los ácidos grasos volátiles (AGV), sin embargo, no todos los productos de la fermentación microbiana son útiles para el rumiante, también los hay de inútiles como el metano, o incluso nocivos como el amoníaco y los nitratos (51).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y duración del experimento.

La presente investigación se realizó en el Campus Universitario “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, cuyas coordenadas geográficas son 79°47', longitud occidental y 01°32' de latitud sur, 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 (52). El trabajo de investigación tuvo una duración de 60 días. (52).

Figura 2.

Toma Satelital del Campus "La María".



3.2. Condiciones agroclimáticas.

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

Tabla 2.*Condiciones agroclimáticas de la zona de muestreo (2021).*

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: (53)

3.3. Tipo de investigación.

La investigación es catalogada de tipo exploratoria, puesto que se evaluó cómo influye la dosis de abono orgánico (compost) en las hojas y tallos de *Moringa oleífera*, en la composición bromatológica, la digestibilidad y la producción de gas *in vitro* (52). 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 (52).

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 enviadas al Laboratorio de Suelos Tejidos Vegetales y Aguas perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

3.4. Método de investigación.

3.4.1. Método comparativo.

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

3.4.2. 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 ($p \leq 0,05$).

3.5. Fuentes de recopilación de información.

3.5.1. Primarias.

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

3.5.2. 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.

3.6. Diseño de investigación.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos, T1: *M. oleífera* 0 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹ y T4: *M. oleífera* 2310 g abono orgánico planta⁻¹ corte⁻¹

Las variables se analizaron según el diseño empleado utilizando PROC GLM del SAS. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Excepto la producción de gas *in vitro* de la MS, se analizó 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 de los tratamientos de la composición bromatológica, la digestibilidad y la producción de gas *in vitro* para las hojas y tallos en moringa.

Tabla 3.

Esquema del experimento. Campus La María 2021.

Tratamiento	Descripción	Rep.	UE	Total
T1	0 g Compost ha ⁻¹	4	1	4
T2	770 g Compost ha ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
T3	1540 g Compost ha ⁻¹ corte ⁻¹	4	1	4
T4	2310 g Compost ha ⁻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 2021.

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

Elaborado: Autor

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 para estudiar.

Composición bromatológica:

3.7.2. Materia seca.

El porcentaje de materia seca se obtuvo mediante la extracción de muestras, que se colocaron en una estufa a 65°C durante 48 horas (54). Para realizar el respectivo cálculo se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 2: *Materia seca.*

$$MS(\%) = \frac{M_{Inicial} - M_{Final}}{M_{Inicial}} \times 770$$

3.7.3. Materia orgánica.

Se siguió las normas establecidas por la AOAC (1990). 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 MO

3.7.4. Proteína cruda (%).

Se obtuvo mediante el método de Kjeldahl utilizando la siguiente fórmula (55).

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 lavando a 770 °C durante 1 hora a los 60 – 65 °C se colocaron 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 (56). El cálculo de esta variable se realizó ejecutando la siguiente ecuación (56).

Ecuación 4: *Fibra detergente neutra.*

$$FDN(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS(\%)} \times 770$$

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 ácida (%).

Se ejecutó mediante el protocolo implantado por ANKOM Technology, el cual consistió lavar la muestra con una solución ácida a una temperatura de 770 °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, con un reposo de 10 minutos y se secó con la ayuda de una estufa durante 48 horas a una temperatura de 65 °C. Para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación (56).

Ecuación 5: *Fibra detergente ácida.*

$$FDA(\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS(\%)} \times 770$$

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.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{cenizas}) - (\text{peso crisol vacío})}{\text{peso muestra seca}} \times 770$$

3.7.8. Digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibradetergente 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 fístula con cánula en el rumen (57). La incubación se la realizó utilizando un DaisyII® (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA 15400), con bolsas FN° 57, tamaño de poro de 25 μm (57).

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 (6). De cada tratamiento se recolectó en botellas de vidrio de 100 ml de capacidad nominal 0,3 g de materia seca (MS) (6).

Posteriormente se añadió 60 ml de inóculo ruminal (70:30 medio/inóculo 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, Los datos se ajustaron a la ecuación. $Y = D (1 - e^{-k \cdot t})$ (6).

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 equipo de campo.

- ✓ Material vegetativo (*Moringa Oleífera*)
- ✓ Machete
- ✓ Botas
- ✓ Carretón

3.8.2. Materiales y equipos de oficina.

- ✓ Esfero
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Cámara

3.8.3. Materiales de Laboratorio.

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| ✓ Mandil | ✓ Mufla |
| ✓ Mascarilla | ✓ Bomba calorimétrica |
| ✓ Estufa | ✓ Espátula pequeña |
| ✓ Balanza gramera | ✓ Microsilos |
| ✓ Desecador | ✓ Fundas plásticas y de papel |

- ✓ Pinzas
- ✓ Crisoles
- ✓ Hilo de algodón
- ✓ Tijeras
- ✓ Balanza analítica

- ✓ Gasas
- ✓ Guantes descartables
- ✓ Mecheros de Bunsen
- ✓ Algodón
- ✓ Envases de plástico

3.8.4. 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
- ✓ 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
- ✓ Líquido ruminal

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición bromatológica en hojas.

4.1.1. Materia seca (MS%).

La materia seca presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T4 (22,71%) y menor el T1 (13,43%), respectivamente. Ver Tabla 6.

Tabla 6.

Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.

Tratamientos	MS
T1	13,43 d
T2	20,90 c
T3	21,72 b
T4	22,71 a
EEM	0,08
Valor P	0,0001

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.1.2. Materia orgánica (MO%).

La materia orgánica no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados, ver tabla 7.

Tabla 7.

Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.

Tratamientos	MO
T1	90,04 a
T2	89,67 a
T3	89,83 a
T4	89,53 a
EEM	0,63
Valor P	0,9451

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.1.3. Proteína cruda (PC%).

La proteína cruda presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T3 (34,38%) y menor el T1 (29,52%) respectivamente. Tabla 8

Tabla 8.

Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca.

Tratamientos	PC
T1	29,52 d
T2	32,10 b
T3	34,38 a
T4	30,26 c
EEM	0,12
Valor P	0,0001

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.1.4. Fibra detergente Neutra (FDN%).

La fibra en detergente neutra presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos siendo el de menor valor el T4 y T3 (24,92 y 26,22%) respectivamente, ver Tabla 9.

Tabla 9.

Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	FDN
T1	28,39 a
T2	26,77 ab
T3	26,22 b
T4	24,92 b
EEM	0,46
Valor P	0,0016

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.1.5. Fibra detergente Ácida (FDA%).

La fibra detergente ácida presentó diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre las medias de los tratamientos, registrando el valor más bajo el T2 (12,54%), ver Tabla 10.

Tabla 10.

Composición bromatológica de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	FDA
T1	14,16 a
T2	12,54 b
T3	13,88 ab
T4	13,64 ab
EEM	0,34
Valor P	0,0262

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.2. Composición bromatológica en tallos.

4.2.1. Materia seca (MS%).

La materia seca existió diferencia estadística significativa al ($P<0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor T4 (15,11%) y el menor T1 (12,38%), ver Tabla 11.

Tabla 11.

Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	MS
T1	12,38 d
T2	13,58 c
T3	14,03 b
T4	15,11 a

EEM	0,08
Valor P	0,0001

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.2.2. Materia orgánica (MO%).

La materia orgánica presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T3 (91,72%) y menor el T2 (89,93%) respectivamente. Tabla 12.

Tabla 12.

Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	MO
T1	90,79 b
T2	89,93 c
T3	91,72 a
T4	90,94 b
EEM	0,16
Valor P	0,0001

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje ha⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje ha⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje ha⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje ha⁻¹

4.2.3. Proteína cruda (PC%).

La proteína cruda presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T3 y T4 (11,49 y 11,27%) y menor el T1 (9,69%), respectivamente. Tabla 13.

Tabla 13.*Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca*

Tratamientos	PC
T1	9,69 c
T2	10,54 b
T3	11,49 a
T4	11,27 a
EEM	0,08
Valor P	0,0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la mediaT1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.2.4. Fibra detergente neutra (FDN%).

La fibra en detergente neutra presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T4 (65,79%) y menor el T1 (59,19%), respectivamente. Tabla 14.

Tabla 14.*Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca*

Tratamientos	FDN
T1	59,19 c
T2	63,90 b
T3	62,63 b
T4	65,79 a
EEM	0,41
Valor P	0,0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la mediaT1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.2.5. Fibra detergente ácida (FDA%).

La fibra en detergente ácida presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T4 (53,06%) y menor el T1 (46,13%), respectivamente. Tabla 15.

Tabla 15.*Composición bromatológica de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca*

Tratamientos	FDA
T1	46,13 c
T2	47,65 b
T3	48,38 b
T4	53,06 a
EEM	0,29
Valor P	0,0001

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la mediaT1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.3. Digestibilidad in vitro hojas.

4.3.1. Digestibilidad in vitro materia seca (DIVMS%).

La digestibilidad *in vitro* materia seca no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados, ver Tabla 16

Tabla 16.*Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca*

Tratamientos	DIVMS
T1	70,55 a
T2	71,17 a
T3	73,11 a
T4	69,77 a
EEM	1,29
Valor P	0,3471

^a Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la mediaT1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.3.2. Digestibilidad in vitro fibra detergente neutra.

La digestibilidad *in vitro* fibra detergente neutra presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados, reportando la mayor digestibilidad el T2 y T1 (40,66 y 38,71%), respectivamente, ver Tabla 17

Tabla 17.

Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	DIVFDN
T1	38,71 a
T2	40,66 a
T3	36,35 ab
T4	29,24 b
EEM	1,92
Valor P	0,0063

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.3.3. Digestibilidad in vitro fibra detergente ácida.

La digestibilidad *in vitro* fibra detergente ácida presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados, reportando las mejores digestibilidades el T1, T2 y T3 (31,93; 29,48 y 29,38%) respectivamente, ver Tabla 18.

Tabla 18.

Digestibilidad in vitro aparente de hojas de M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	DIVFDA
T1	31,93 a
T2	29,48 a
T3	29,38 a
T4	24,98 b
EEM	0,82
Valor P	0,0005

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.4. Digestibilidad *in vitro* tallos.

4.4.1. Digestibilidad *in vitro* materia seca.

La digestibilidad *in vitro* materia seca presentó diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre las medias de los tratamientos, siendo mayor para el T1 (52,01%) y menor el T4 (40,80%), respectivamente. Tabla 19.

Tabla 19.

Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	DIVMS
T1	52,01 a
T2	45,54 b
T3	45,11 b
T4	40,80 c
EEM	0,56
Valor P	0,0001

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.4.2. Digestibilidad *in vitro* fibra detergente neutra.

La fibra en detergente neutra presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos, siendo los de mayor digestibilidad el T1, T2 y T3 (40,35; 39,20 y 37,88%) respectivamente, Tabla 20

Tabla 20.

Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	DIVFDN
T1	40,35 a
T2	39,20 a
T3	37,88 a
T4	30,10 b
EEM	1,66

Valor P	0,0037
---------	--------

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.4.3. Digestibilidad in vitro fibra detergente ácida.

La digestibilidad *in vitro* de la fibra en detergente ácida presentó diferencia estadística ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos, siendo para el T1 y T2 (27,83 y 27,03%) respectivamente, ver Tabla 21

Tabla 21.

Digestibilidad in vitro aparente de tallos en M. oleífera a diferentes dosis de abono orgánico durante la época seca

Tratamientos	DIVFDA
T1	27,83 a
T2	27,03 a
T3	25,61 ab
T4	18,86 b
EEM	1,74
Valor P	0,0130

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

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.5. Producción de gas in vitro.

4.5.1. Producción de gas en hojas.

La producción de gas (PG), la asíntota (B) y la tasa de producción de gas (c) no presentó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados, ver Tabla 22.

Tabla 22.

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

Tratamientos	PG	B	c
T1	1540,78 a	31,25 a	0,78 a
T2	164,60 a	20,88 a	0,81 a
T3	158,55 a	32,86 a	0,86 a
T4	191,68 a	37,41 a	0,79 a
EEM	13,75	5,29	0,05
Valor P	0,1381	0,2109	0,6588

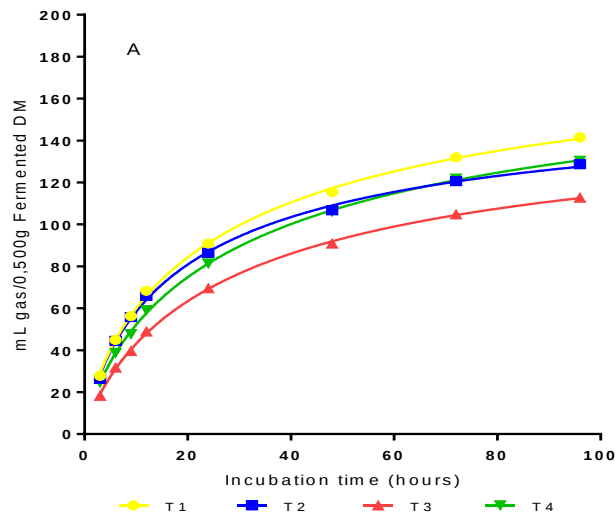
^{abcd} Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p < 0.05$); EEM: error estándar de la media

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 $y = D (1 - e^{-k})$ (Krishnamoorthy *et al.*, 1991)

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

Figura 3.

Fermentación de producción de gas in vitro [PG (mL gas)] en hojas de *Moringa oleífera* cosechado a los 60 días.



T1= *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

4.5.2. Producción de gas en tallos.

La mayor ($P>0.05$) producción de gas (PG) y la asíntota (B) la reportó el tratamiento T4 (326,88 mL gas y 56,18% h) respectivamente y la tasa de producción de gas (c) el tratamiento T2 (0,92% h), ver Tabla 23.

Tabla 23.

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

Tratamientos	PG	B	c
T1	251,03 b	29,82 b	0,87 ab
T2	266,55 ab	39,37 b	0,92 a
T3	298,13 ab	40,36 b	0,83 b
T4	326,88 a	56,18 a	0,84 b
EEM	16,27	3,23	0,02
Valor P	0,0280	0,0008	0,0160

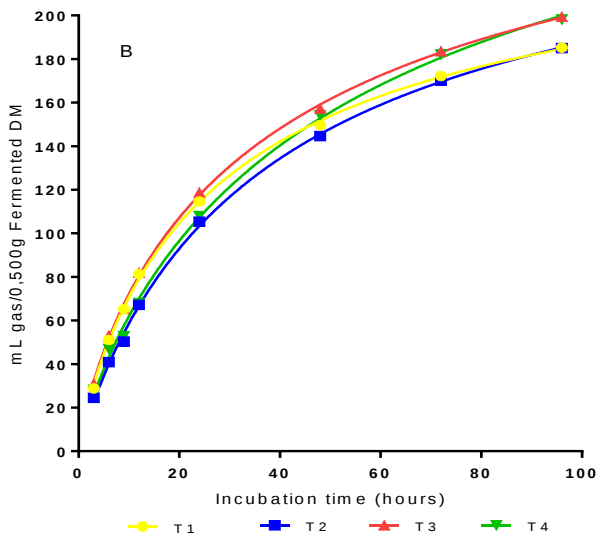
^{abcd} Medias con letras distintas dentro de columna difieren significativamente ($p<0.05$); EEM: error estándar de la media

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 $y = D(1 - e^{-kt})$ (Krishnamoorthy et al., 1991)

T1: *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2: *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3: *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4: *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

Figura 4.

*Fermentación de producción de gas in vitro [PG (mL gas)] en tallos de *Moringa oleífera* cosechado a los 60 días.*



T1= *M. oleífera* 0 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T2= *M. oleífera* 770 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T3= *M. oleífera* 1540 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹; T4= *M. oleífera* 2310 kg compostaje planta⁻¹ corte⁻¹

DISCUSIÓN

La composición bromatológica (MS, MO, PC, FDN y FDA) en las hojas y tallos, la DIVFDN en hojas y la producción de gas *in vitro* en los tallos, tuvo un efecto positivo a medida que se incrementaron las dosis del compostaje. Esto se deba posiblemente a las condiciones ambientales, a la humedad que existe en el suelo, a la época, manejo del cultivo y a la mineralización del abono orgánico, lo que concuerda con Castillo et al., (1983) (58) quienes mencionan que la humedad del suelo favorece la disponibilidad de un fertilizante habiendo una mejor absorción de los nutrientes por parte de las plantas aumentando así la productividad, su composición bromatológica y la digestibilidad *in vitro*. Así mismo Barreto (1976) (59) y Salazar (1979) (60) indican que la calidad de un forraje puede ser afectada por la precipitación pluvial, la temperatura, la edad de la planta y la heliofanía. De igual forma Ladha et al., (2005) (61) menciona que el uso eficiente del nitrógeno orgánico va a depender del tipo de abono y de factores relacionados con el suelo, la planta, el clima y el manejo.

Espinoza (1996) (62) y Boschini et al., (1998) (63) manifiestan que la calidad nutricional de un forraje está íntimamente relacionada con las altas luminosidad tipos de suelos y de precipitaciones medias o altas. Elizondo (2007) (64) indica que el nitrógeno orgánico influye de manera eficiente en la proteína cruda. Mejía et al., (2020) (65) y Pinedo et al., (2017) (66) mencionan que las dosis crecientes de fertilización mejoran el rendimiento y la calidad de los forrajes. La fertilización orgánica promueve la actividad fotosintética aumentando el contenido de carbohidratos y la proteína soluble totales Latsague et al., (2014) (67)

Balta et al., (2015) (68) y Romero et al., (2017) (69) mencionan que la producción del forraje y la calidad nutricional va a depender de la proporción de elementos nutricionales que absorbe una planta y al efecto de otros factores como suelo, clima y el cultivar. Sin embargo, la cantidad y la calidad de los nutrientes pueden ser influenciada por el cultivar, la región en la cual se cultiva y las prácticas agronómicas que se le aplican Latsague et al., (2014) (67); Pinedo et al., (2017) (66).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Se concluye que las dosis del compostaje influyeron en la composición bromatológica de los (MS, PC, FDN y FDA) en las hojas.

Las dosis del compostaje influyeron en la composición bromatológica de los (MS, MO y PC) en los tallos.

El abono orgánico no influyó en la MO en las hojas, así mismo, la FDN y FDA para los tallos.

La dosis del compostaje no influyó en la digestibilidad *in vitro* de los nutrientes (MS, FDN y FDA) en las hojas y tallos

La dosis del compostaje influyó en la producción de gas *in vitro* en los tallos

La dosis del compostaje no se vio afectada por la producción de gas *in vitro* en las hojas

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda realizar trabajos en la época lluviosa bajo los mismos criterios evaluados en esta investigación, para demostrar si influye o no el valor nutricional en la moringa.

Realizar trabajos para medir los gases de efecto invernadero (CH_4 y CO_2).

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas.

1. Ku-Vera , Briceño , Ruiz , Mayo , Aguilar , Solorio. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: Opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. 2015.
2. Jarquin , Rocha , Reyes , Mendieta. Degradabilidad ruminal del follaje de Moringa oleifera a tres diferentes edades de rebrote. Revista Científica La Calera, Volumen 13 (21): 76-81. 2013.
3. FAO. Use of lesser-known plants and plant parts as animal feed resources in tropical regions, by Emmanuel S. Quansah & Harinder P.S. Makkar. Animal Production and Health Working Paper. No. 8. Rome. 2012.
4. De Andrade CMS,VJF,CJ&VFA. Growth of tropical forage grasses and legumes under shade. Pesq. Agropec. Bras. 39:263. 2004.
5. Posada , Noguera. Técnica in vitro de producción de gases: una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. 2005.
6. 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: 185-197. doi: 10.1016/0377-8401(94)90171-6. 1994.
7. Rodríguez. Alimentación de vacas lecheras con Moringa oleifera fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad. 2011.
8. Mata M, Hernández D,CM, Ortega M, Mendoza GyAJ. Comportamiento productivo y fermentación ruminal de corderos suplementados con harina de cocoíte (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*). Revista Científica, FCV-LUZ 16(3): 249-256. 2006.
9. García DMM, 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., 24 (4): 401- 415. 2006.
10. Astutia D, Babab A, Wibawanc. Rumen fermentation, blood metabolites, and performance of sheep fed tropical browse plants. 2011.
11. Debela E, Tolera A. Nutritive value of botanical fractions of Moringa oleifera and Moringa stenopetala grown in the mid-rift valley of southern. 2013.
12. Izaguirre F, Martínez T. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. Tecnología en Marcha 21: 2-40. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835697>. 2008.
13. Sánchez L, Lizarraga S, Castro S. Evaluación agronómica de especies arbóreas para la producción de forrajes en la Península de Yucatán. Centro de Investigación Agrícola Tropical, Santa Cruz Bolivia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. 2001.
14. Wagner J. Árboles forrajeros como alternativa alimenticia de ovinos y caprinos en República Dominicana. IV Congreso Iberoamericano. Universidad Autónoma de Santo Domingo. UASD. Santo Domingo, RD. 2005.
15. Cifuentes , Kee-Wook. Manual técnico de sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS, Colombia. 438 p. 1998.

16. Bargas J, Alvarez A, Quintana Y, Vallejos M, Ledesma L. Comportamiento productivo de tres especies arbustivas forrajeras en la unidad experimental “La María”, Quevedo, Ecuador REDVET Rev. Electrón. vet.. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> Volumen 16 N° 12 - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121215.html>. 2015.
17. Sosa E, Pérez D, Reyes L, Zapata G. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos forrajeros tropicales para la alimentación de ovinos. Rev. Cient. (México). Técnica pecuaria en México. Vol 42, no 002.. 2004.
18. Petit S. Parklands with fodder trees: a Fulbe response to environmental and social changes. Applied Geography 23, 205–225. En línea: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622803000213>. 2003.
19. Rubanza CDK, Shem MN, Bakengesa SS, Ichinohe and Fujihara T. Effects of *Acacia nilotica*, *A. polyacantha* and *Leucaena leucocephala* leaf meal supplementation on performance of Small East African goats fed native pasture hay basal forages. Small Ruminant Research 70, 165-173. En línea: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448806000654>. 2007.
20. Turcios H. Evaluación del proceso de toma de decisiones para adopción de bancos de proteína de leucaena (*Leucaena leucocephala*) y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doblepropósito en el Chal, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.. 2008;; p. 125.
21. Medina M, García D, González M, Cova L, Moratinos P. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Trop. 2009;; p. 121-134.
22. Garavito. Moringa oleifera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. 2008.
23. Davila. Aparato digestivo de los rumiantes. 2017.
24. Tilley , Terry. Comparacion de la tecnicas in situ, in vitro para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. 1963.
25. Martinez M, J A. Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Repositorio institucional de la universidad de costa rica. 2019.
26. Posada S, Noguera R. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. Scielo. 2005.
27. Arenales. Utilizacion del marango (Moringa Oleífera) como forraje fresco para ganado. Retrieved from: [http://www.agrobit.com/Documentos/E_3_Producci/477_ga000012pr\[1\].htm](http://www.agrobit.com/Documentos/E_3_Producci/477_ga000012pr[1].htm). 1978.
28. Foidl. Utilización del marango (Moringa oleifera) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. 1999.
29. Lyndad. Taxonomía vegetal. Retrieved from <http://danyenede.blogspot.com/2018/11/moringa.html>. 2018 Noviembre.
30. Olson. Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2011;; p. 79.
31. Finqueros. Retrieved from ABC del Finkero. [Online].; 2015. Available from: <http://abc.finkeros.com/moringa-cultivo-y-aprovechamiento/>.

32. Sharma , Rains. Propagation techniques of Moringa oleifera Lam. In: Improvement of forest biomass. 1982.
33. Foild. Utilización del marango (Moringa oleífera) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". 1998;; p. 72.
34. Nouala. The influence of Moringa oleifera leaves as substitute to conventional concentrate on the in vitro gas production and digestibility of groundnut hay. 2006;; p. 75-79.
35. Sultana. The feeding value of Moringa (Moringa oleifera) foliage as replacement to conventional concentrate diet in Bengal goats. Anim Vet. 2015;; p. 164-173.
36. Meza , Olivares , Gutierrez , Bernal , Aranda , Vasquez , et al. Crecimiento y producción de biomasa de moringa bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. 2016;; p. 143-153.
37. Makkar , Becker. Nutrients and ant quality factors in different morphological pars of the Moringa oleífera tree. Journal of agriculture science, Cambridge 128. 1997;; p. 311-332.
38. Garcia D, Medina M, Clavero T, Cova L, Dominguez C, Baldizan A. García D, Medina M, ClaverCaracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles poli fenólicos. Rev Cient FCV-LUZ. 2008;; p. 188-196.
39. Foidl N, Makkar H, Becker K. The potential of Moringa oleifera for agricul tural and industrial uses. In: The Miracle Tree. Fuglie LJ (ed). CTA, Wageningen, Netherlands and CWS, New York, USA. October 20-Novembre 02. pp. 45-76. In: The Miracle Tree. Fuglie LJ (ed). 2001;; p. 45-76.
40. Foild N, Mayorga L, Vasquez W. Utilizacion de moringa oleifera como forraje fresco para ganado. 1996;; p. 5.
41. Bochi Brum O, Carro D, Valdes C, Gonzalez J, Lopez S. BDigestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. 1999;; p. 51-61.
42. Noguera R, Posada S. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes.. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20. 2007;; p. 174-182.
43. McDonald P. Nutrición Animal. Aurora Pérez: Editorial Aribia Zaragoza, España. 1969.
44. Saravia G. Calidad de los forrajes Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. 2011.
45. Soest V, Wine R, Moore L. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. 1966.
46. Giraldo L. In comparación de dos técnicas in vitro. Medellín, Colombia. 2007.
47. Tilley J, Terry R. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc., 18. 1963;; p. 104-111.
48. Soest V. Nutritional Ecology of the Ruminants 2nd ed. Cornell University Press. 1994.
49. Gonzáles Álvarez J. Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados. 1999.
50. Yokohama , Johnson. Microbiología del rumen e intestino. Fisiología digestiva y nutrición. Editorial acribial. Zaragoza, España. 1988;; p. 137-158.
51. Owens F, Goetsch A. Digesta passage and microbial protein synthesis. Control of digestión and metabolism in ruminants. 1986;; p. 196-226.

52. INIAP. [Online].; 2016. Available from: Disponible en: HYPERLINK "Estación Experimental Tropical Pichilingue. Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas. Km 5 carretera Quevedo-El Empalme-Ecuador."
53. Loayza E. Evaluación del efecto de los anabólicos. escuela superior politécnica de chimborazo facultad de ciencias pecuarias escuela de ingeniería zootécnica. 2012.
54. Sanchez. Composición química y degradabilidad ruminal in situ Quevedo; 2016.
55. Ponce Zamora J. Composición química, degradabilidad y cinética ruminal in situ del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos de corte. 2019.
56. Ganchozo J. Composición química del ensilaje de pasto; 2019.
57. Marco. Estimación de la calidad de los forrajes; 2011.
58. Castillo E, Coward J, Sanchez J, Jimenez C, Lopez C. Efecto de la Fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad in vitro del pasto Kikuyo bajo pastoreo en el Cantón de Coronado. Agron. Costarr. 1983.
59. Barreto M. Efecto de la frecuencia de corte y altos niveles de fertilización nitrogenada sobre la composición química y digestibilidad in vitro de la materia seca del pasto *Brachiaria ruziziensis*. 1976.
60. Salazar M. Efecto de la frecuencia de corte y de cuatro niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*). 1979.
61. Ladha J, et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*. 2005.
62. Espinoza E. Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de morera en Costa Rica. 1996.
63. Boschini C. Producción de biomasa de la morera (*Morus alba*) en la Meseta Central de Costa Rica, establecida y cosechada a diferentes distancias de siembra, altura y frecuencias de poda. *Agronomía Mesoamericana*. 1998.
64. Elizondo J. Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus Alba*) fertilizada con diferentes abonos. *Agronomía Mesoamericana*. 2007.
65. Mejía R, Gómez L, Pinedo R, Mendoza H, Pajuelo C. Niveles de fertilización inorgánica en tres variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en Ancash, Perú. 2020.
66. Pinedo R, Soto G, Valverde N. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. *Aporte Santiaguino*. 2017.
67. Latsague M, Sáez P, Mora M. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook. 2014.
68. Balta R, Rodríguez del Castillo A, Guerrero R, Cachique D, Alva E, Arévalo L, et al. Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos. 2015.
69. Romero C, Ocampo J, Sandoval E, Navarro H, Franco O, Calderón F. Fertilización orgánica-mineral del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. ANDEVA.

Análisis de la varianza

Composición bromatológica hojas

ms

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ms	16	1.00	1.00	0.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	215.55	3	71.85	2909.61	<0.0001
tratamiento	215.55	3	71.85	2909.61	<0.0001
Error	0.30	12	0.02		
Total	215.84	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32989

Error: 0.0247 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 300	22.71	4	0.08	A
moringa 200	21.72	4	0.08	B
moringa 100	20.90	4	0.08	C
moringa 0	13.43	4	0.08	D

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

mo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mo	16	0.03	0.00	1.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.58	3	0.19	0.12	0.9451
tratamiento	0.58	3	0.19	0.12	0.9451
Error	19.03	12	1.59		
Total	19.61	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.64354

Error: 1.5857 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 0	90.04	4	0.63	A
moringa 200	89.83	4	0.63	A
moringa 100	89.67	4	0.63	A
moringa 300	89.53	4	0.63	A

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

pc

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pc	16	0.99	0.98	0.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56.49	3	18.83	307.93	<0.0001
tratamiento	56.49	3	18.83	307.93	<0.0001
Error	0.73	12	0.06		
Total	57.23	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51915

Error: 0.0612 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 200	34.38	4	0.12	A
moringa 100	32.10	4	0.12	B
moringa 300	30.26	4	0.12	C
moringa 0	29.52	4	0.12	D

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

fdn

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
fdn	16	0.71	0.63	3.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24.83	3	8.28	9.65	0.0016
tratamiento	24.83	3	8.28	9.65	0.0016
Error	10.29	12	0.86		
Total	35.12	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.94391

Error: 0.8574 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 0	28.39	4	0.46	A
moringa 100	26.77	4	0.46	A B
moringa 200	26.22	4	0.46	B
moringa 300	24.92	4	0.46	B

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

fda

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
fda	16	0.52	0.40	5.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.06	3	2.02	4.40	0.0262
tratamiento	6.06	3	2.02	4.40	0.0262
Error	5.51	12	0.46		
Total	11.57	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.42211

Error: 0.4589 gl: 12

tratamiento Medias n E.E.

moringa 0	14.16	4	0.34	A
moringa 200	13.88	4	0.34	A B
moringa 300	13.64	4	0.34	A B
moringa 100	12.54	4	0.34	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	0.98	0.98	1.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.35	3	5.12	214.98	<0.0001
tratamiento	15.35	3	5.12	214.98	<0.0001
Error	0.29	12	0.02		
Total	15.63	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32383

Error: 0.0238 gl: 12

tratamiento Medias n E.E.

moringa 300	15.11	4	0.08	A
moringa 200	14.03	4	0.08	B
moringa 100	13.58	4	0.08	C
moringa 0	12.38	4	0.08	D

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

mo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mo	16	0.85	0.81	0.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.44	3	2.15	22.00	<0.0001
tratamiento	6.44	3	2.15	22.00	<0.0001
Error	1.17	12	0.10		
Total	7.61	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.65579

Error: 0.0976 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 200	91.72	4	0.16	A
moringa 300	90.94	4	0.16	B
moringa 0	90.79	4	0.16	B
moringa 100	89.93	4	0.16	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	1.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.98	3	2.66	99.59	<0.0001
tratamiento	7.98	3	2.66	99.59	<0.0001
Error	0.32	12	0.03		
Total	8.31	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34321

Error: 0.0267 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.	
moringa 200	11.49	4	0.08	A
moringa 300	11.27	4	0.08	A
moringa 100	10.54	4	0.08	B
moringa 0	9.69	4	0.08	C

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

fdn

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
fdn	16	0.92	0.90	1.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92.70	3	30.90	45.05	<0.0001
tratamiento	92.70	3	30.90	45.05	<0.0001
Error	8.23	12	0.69		
Total	100.93	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.73869

Error: 0.6859 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.
moringa 300	65.79	4	0.41 A
moringa 100	63.90	4	0.41 B
moringa 200	62.63	4	0.41 B
moringa 0	59.19	4	0.41 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	0.96	1.17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	107.30	3	35.77	109.52	<0.0001
tratamiento	107.30	3	35.77	109.52	<0.0001
Error	3.92	12	0.33		
Total	111.22	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.19971

Error: 0.3266 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.
moringa 300	53.06	4	0.29 A
moringa 200	48.38	4	0.29 B
moringa 100	47.65	4	0.29 B
moringa 0	46.13	4	0.29 C

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

Análisis de la varianza

Digestibilidad hojas

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.23	0.04	3.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24.38	3	8.13	1.21	0.3471
TRATAMIENTO	24.38	3	8.13	1.21	0.3471
Error	80.40	12	6.70		
Total	104.78	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.43399

Error: 6.7000 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	73.11	4	1.29 A
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	71.17	4	1.29 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	70.55	4	1.29 A
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	69.77	4	1.29 A

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.63	0.54	10.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	298.77	3	99.59	6.78	0.0063
TRATAMIENTO	298.77	3	99.59	6.78	0.0063
Error	176.27	12	14.69		
Total	475.04	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.04597

Error: 14.6891 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	40.66	4	1.92 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	38.71	4	1.92 A
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	36.35	4	1.92 A B
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	29.24	4	1.92 B

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.76	0.70	5.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100.43	3	33.48	12.58	0.0005
TRATAMIENTO	100.43	3	33.48	12.58	0.0005
Error	31.93	12	2.66		
Total	132.36	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.42444

Error: 2.6608 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	31.93	4	0.82 A
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	29.48	4	0.82 A
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	29.38	4	0.82 A
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	24.98	4	0.82 B

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

Análisis de la varianza

Digestibilidad tallos

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	16	0.94	0.93	2.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	256.01	3	85.34	66.90	<0.0001
TRATAMIENTO	256.01	3	85.34	66.90	<0.0001
Error	15.31	12	1.28		
Total	271.32	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.37106

Error: 1.2756 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	52.01	4	0.56 A
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..	45.54	4	0.56 B
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..	45.11	4	0.56 B
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..	40.80	4	0.56 C

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

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	16	0.66	0.58	8.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	257.61	3	85.87	7.82	0.0037
TRATAMIENTO	257.61	3	85.87	7.82	0.0037
Error	131.79	12	10.98		
Total	389.40	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.95720

Error: 10.9826 gl: 12

TRATAMIENTO			Medias		n	E.E.
MORINGA TALLOS 0 COMPOST			40.35	4	1.66	A
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..			39.20	4	1.66	A
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..			37.88	4	1.66	A
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..			30.10	4	1.66	B

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

FDA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	16	0.58	0.47	14.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	200.31	3	66.77	5.51	0.0130
TRATAMIENTO	200.31	3	66.77	5.51	0.0130
Error	145.53	12	12.13		
Total	345.84	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.31085

Error: 12.1276 gl: 12

TRATAMIENTO			Medias		n	E.E.
MORINGA TALLOS 0 COMPOST			27.83	4	1.74	A
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..			27.03	4	1.74	A
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..			25.61	4	1.74	A B
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..			18.86	4	1.74	B

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

Análisis de la varianza

PGIV hojas

PG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PG	16	0.492	0.307	14.277

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6937.918	4	1734.479	2.659	0.0897
TRATAMIENTO	6937.918	4	1734.479	2.659	0.0897
Error	7175.803	11	652.346		
Total	14113.720	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=69.10838

Error: 652.3457 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	222.550	2	18.060 A
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	191.675	4	12.771 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	179.000	2	18.060 A
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	164.600	4	12.771 A
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	158.550	4	12.771 A

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

B

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	16	0.386	0.163	33.889

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	743.646	4	185.912	1.729	0.2136
TRATAMIENTO	743.646	4	185.912	1.729	0.2136
Error	1182.913	11	107.538		
Total	1926.559	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=28.05898

Error: 107.5375 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	37.540	2	7.333 A
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	37.413	4	5.185 A
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	32.855	4	5.185 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	24.960	2	7.333 A
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	20.883	4	5.185 A

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

c

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
c	16	0.157	0.000	12.502

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.021	4	0.005	0.513	0.7281
TRATAMIENTO	0.021	4	0.005	0.513	0.7281
Error	0.112	11	0.010		
Total	0.133	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.27329

Error: 0.0102 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA HOJAS 200 COMPOST	0.858	4	0.051 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	0.812	2	0.071 A
MORINGA HOJAS 100 COMPOST	0.810	4	0.051 A
MORINGA HOJAS 300 COMPOST	0.786	4	0.051 A
MORINGA HOJAS 0 COMPOST	0.742	2	0.071 A

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

Análisis de la varianza

PGIV tallos

PG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PG	16	0.527	0.355	11.785

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13907.869	4	3476.967	3.068	0.0633
TRATAMIENTO	13907.869	4	3476.967	3.068	0.0633
Error	12466.230	11	1133.294		
Total	26374.099	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=91.08840

Error: 1133.2936 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..	326.875	4	16.832 A
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..	298.125	4	16.832 A
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..	266.550	4	16.832 A
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	258.650	2	23.804 A
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	243.400	2	23.804 A

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

B

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	16	0.758	0.670	15.724

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1464.803	4	366.201	8.630	0.0021
TRATAMIENTO	1464.803	4	366.201	8.630	0.0021
Error	466.794	11	42.436		
Total	1931.597	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.62617

Error: 42.4358 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..	56.178	4	3.257 A
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..	40.358	4	3.257 A B
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..	39.370	4	3.257 A B
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	32.715	2	4.606 B
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	26.915	2	4.606 B

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

C

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
c	16	0.592	0.444	4.425

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.023	4	0.006	3.995	0.0306
TRATAMIENTO	0.023	4	0.006	3.995	0.0306
Error	0.016	11	0.001		
Total	0.040	15			

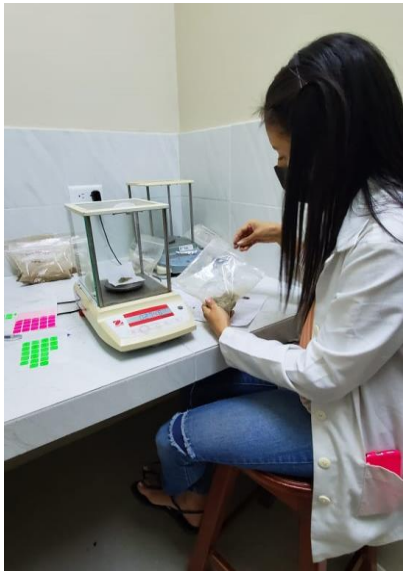
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10370

Error: 0.0015 gl: 11

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
MORINGA TALLOS 100 COMPOST..	0.925	4	0.019 A
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	0.887	2	0.027 A
MORINGA TALLOS 0 COMPOST	0.853	2	0.027 A
MORINGA TALLOS 300 COMPOST..	0.844	4	0.019 A
MORINGA TALLOS 200 COMPOST..	0.826	4	0.019 A

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

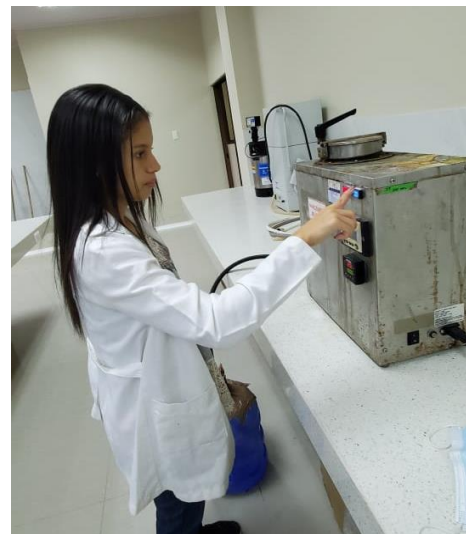
7.2. Fotografías de la investigación.



Fotografía 1. *Pesaje de las muestras.*



Fotografía 2. *Crisoles colocados en la mufla.*



Fotografía 3. *Determinación de FDN y FDA.*



Fotografía 4. *Destilador de proteína.*



Fotografía 5. *Esterilización de tubos de ensayos.*



Fotografía 6. *Mezcla de saliva artificial.*



Fotografía 7. *Producción de gas.*