



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

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
Grado Académico Ingeniero
Zootecnista

Proyecto de Investigación

“DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN VITRO* DE ENSILAJE DE
***ZEA MAYS* FORRAJERO YMAGUEY DE *THEOBROMA CACAO* L. EN**
DIFERENTES PROPORCIONES”

Autor:

Kevin Ariel Macias Palma

Director del Proyecto de Investigación:

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra. PhD

Quevedo-Los Ríos-Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Kevin Ariel Macias Palma**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

.....
Kevin Ariel Macias Palma
C.C.: 1208396927



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Kevin Ariel Macias Palma**, realizo el proyecto de investigación: “**Degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de ensilaje de *Zea mays* forrajero y maguey de *Theobroma cacao* L. en diferentes proporciones**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....
Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCION DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADEMICO

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra, Docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas y como director certifico que el proyecto de investigación del estudiante **Kevin Ariel Macias Palma**, titulada: “**Degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de ensilaje de *Zea mays* forrajero y maguey de *Theobroma cacao* L. en diferentes proporciones**”, fue ingresado a la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de 9%, lo cual está considerado dentro de los parámetros aceptables que establecen el reglamento e instructivos de la unidad de integración curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



Document Information

Analyzed document	RESULTADOS PARA URKUND.docx (D167188182)
Submitted	5/16/2023 6:48:00 PM
Submitted by	ITALO ESPINOZA
Submitter email	iespinoza@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	iespinoza.uteq@analysis.arkund.com

.....
Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de ensilaje de *Zea mays* forrajero y maguey de *Theobroma cacao* L. en diferentes proporciones”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Alexandra Barrera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Adolfo Sánchez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ricardo Bastidas

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco siempre a Dios, por guiarme en este proceso de mi vida profesional, siempre siendo uno de mis grandes anhelos, lo cual no fue nada fácil, pero tampoco imposible. Fueron muchas las travesías que pasé, pero siempre confié en mi perseverancia, constancia y lucha, y todo esto iba de la mano de las bendiciones de Dios. A mis padres, por aportar con un granito de arena en esta meta que siempre llevé presente lograr.

Total, gracias, al Ing. Jonathan Andrés Anchundia, por ser mi apoyo incondicional. Y estar siempre en todo momento, y dándome ánimos, cuando veía imposible llegar a la meta.

Muy agradecido con los docentes que impartieron parte de su conocimiento en mi día a día, para lograr ser un gran profesional.

DEDICATORIA

No triunfa quien no tuvo momentos difíciles. Triunfa aquel que pasó por ellos, luchó y no se rindió. Por ello, este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, ya que de una u otra manera me apoyaron en este trayecto de mi vida universitaria, también a mis hermanos/as.

RESUMEN

El uso de los residuos agroindustriales para la alimentación animal ha logrado obtener un valor ecológico ayudando a evitar la contaminación ambiental, sin embargo, estos subproductos pueden ser modificados para su preservación durante la escasez de alimentos aprovechando tanto el forraje como los residuos por medio de los ensilajes. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones. Los tratamientos evaluados fueron T1 (100% de Ensilaje de maíz forrajero), T2 (90% de ensilaje de maíz forrajero + 10% de polvo de maguey de cacao), T3 (80% ensilaje de maíz forrajero + 20% polvo de maguey de cacao), T4 (70% de ensilaje de maíz forrajero + 30% de polvo de maguey de cacao) y T5 (60% de ensilaje de maíz forrajero + 40% de polvo de maguey de cacao). Se un diseño completamente al azar, el cual constó de 5 tratamientos y 4 repeticiones. Para determinar las diferencias de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). Se utilizó ensilaje de maíz INIAP 551 adquirido en la ciudad del Carmen. La edad del ensilaje fue de 90 días. El maguey de cacao utilizado fue adquirido en polvo. Se extrajo 25 submuestras frescas de 250 g secadas en estufa a temperatura de 65 °C, por un período de 48 horas. Las muestras fueron utilizadas para obtener la degradabilidad *in vitro* previo al proceso de roturación de las bolsitas filtro F57 ANKOM®. Para las pruebas de digestibilidad *in vitro*, se colocaron de 0,3000 a 0,3050 g de muestras molidas de 2 mm dentro de una bolsa ANKOM F-57 con un tamaño de poro de 25 micras y dimensiones de 5 x 4 cm de poliéster/polietileno. A partir de las 96 h, incube el material a la inversa a las 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Para cada tratamiento se prepararon cinco muestras. Finalmente, las muestras fueron extraídas, enjuagadas con agua corriente y secadas en estufa Memmert a 65 °C por 48 horas, las cuales sirvieron para calcular la degradabilidad *in vitro* (DIV) de MS, respectivamente. Se realizó el análisis proximal del residuo de maguey de cacao deshidratado, pues, más conocido como placenta de cacao, especialmente por su contenido nutricional necesario para determinar la cantidad adecuada a incluir en la ración de los rumiantes y a ajustar el resto de los ingredientes de la dieta para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Palabras clave: Degradabilidad, residuos, digestibilidad, degradación efectiva.

ABSTRACT

The use of agro-industrial residues for animal feed have managed to obtain an ecological value helping to avoid environmental contamination, however, these by-products can be modified for their preservation during food shortages, taking advantage of both forage and residues through silages. The objective of this research work was to evaluate the in vitro rumen degradability and kinetics of forage corn silage with cocoa maguey residue in different proportions. The evaluated treatments were T1 (100% fodder corn silage), T2 (90% fodder corn silage + 10% cocoa maguey powder), T3 (80% fodder corn silage + 20% cocoa maguey powder). cocoa), T4 (70% fodder corn silage + 30% cocoa maguey powder) and T5 (60% fodder corn silage + 40% cocoa maguey powder). It was a completely randomized design, which consisted of 5 treatments and 4 repetitions. Tukey's multiple range test ($p < 0.05$) was used to determine the differences in the means. INIAP 551 maize silage purchased in the city of Carmen was used. The age of the silage was 90 days. The cocoa maguey used was purchased in powder form. Twenty-five fresh subsamples of 250 g were extracted, dried in an oven at a temperature of 65 °C, for a period of 48 hours. The samples were used to obtain the in vitro degradability prior to the breaking process of the ANKOM® F57 filter bags. For in vitro digestibility tests, 0.3000 to 0.3050 g of 2 mm ground samples were placed inside an ANKOM F-57 bag with a 25 micron pore size and dimensions of 5 x 4 cm polyester. /polyethylene. Starting at 96 h, incubate the material in reverse at 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, and 96 h. Five samples were prepared for each treatment. Finally, the samples were extracted, rinsed with running water and dried in a Memmert oven at 65 °C for 48 hours, which served to calculate the in vitro degradability (IVD) of MS, respectively. The proximal analysis of the dehydrated cocoa maguey residue, better known as cocoa placenta, was carried out, especially for its nutritional content necessary to determine the adequate amount to include in the ration of ruminants and to adjust the rest of the ingredients of the diet to meet their nutritional requirements.

Keywords: Degradability, residues, digestibility, effective degradation.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CODIGO DUBLIN	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la Investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Justificación	5
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Degradabilidad ruminal	8
2.1.2. Ensilaje	8
2.1.3. Maguey	8
2.1.4. Residuo	8
2.1.5. Subproducto agroindustrial.....	8
2.1.6. Fase anaeróbica.....	8

2.1.7. Fase aeróbica	9
2.1.8. Carbohidratos solubles	9
2.1.9. Oxígeno	9
2.1.10. Microorganismos	9
2.1.11. Digestibilidad.....	9
2.1.12. Cinética	10
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. Maíz forrajero	10
2.2.2. Valor nutricional.....	11
2.2.3. Usos del maíz forrajero.....	11
2.2.4. Maguey de cacao	11
2.2.5. Taxonomía del cacao	12
2.2.6. Residuos de cacao en la alimentación animal.....	12
2.2.7. Aprovechamiento de residuos del cacao.....	13
2.2.8. Ensilaje	13
2.2.9. Importancia del ensilaje	14
2.2.10. Comprensión del ensilaje.....	14
2.2.11. Proceso del ensilaje.....	14
2.2.12. Fases de la fermentación del ensilado.....	15
2.2.13. Tipos de ácidos que se presentan en la fermentación	17
2.2.14. Características organolépticas del ensilaje	17
2.2.15. Proceso del ensilado	19
2.2.16. Estado de la planta en el momento de cosecha.....	19
2.2.17. Intensidad del picado	19
2.2.18. Pisado de la masa a ensilar	20
2.2.19. Sellado del silo.....	20
2.2.20. Calidad del producto final	21
2.2.21. Características químicas y físicas de ensilajes de buena y mala calidad	21
2.2.22. Características nutricionales del ensilaje	22
2.2.23. Ensilaje de maíz forrajero	23
2.2.24. Características del ensilaje de maíz forrajero	23
2.2.25. Residuos agroindustriales empleado como alimento para animales.....	24
2.2.26. Degradabilidad in vitro	24

2.2.27. Investigaciones previas	25
CAPITULO III	28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Localización.....	29
3.2. Tipo de investigación.....	30
3.3. Métodos de investigación	30
3.3.1. Método de observación.....	30
3.3.2. Método analítico	30
3.3.3. Método exploratorio	30
3.4. Fuentes de recopilación de información	30
3.4.1. Fuentes primaria	30
3.4.2. Fuentes secundarias	31
3.5. Diseño de la investigación	31
3.6. Instrumentos de investigación	32
3.6.1. Procedimiento para la degradabilidad <i>in vitro</i>	32
3.6.2. Metodología para los análisis de las variables.....	33
3.6.3. Degradación ruminal	33
3.6.4. Cinética de la degradabilidad ruminal	34
3.7. Tratamientos de los datos	34
3.8. Recursos Humanos y materiales.....	35
3.8.1. Materiales y reactivos	35
CAPITULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS).....	38
4.2. Cinética ruminal <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS).....	39
4.3. Disponibilidad de contenido nutricional del Maguey de cacao deshidratado	41
CAPITULO V	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. Conclusiones.....	43
5.2. Recomendaciones	43
CAPÍTULO VI.....	44

BIBLIOGRAFÍA	44
6.1. Referencias Bibliográficas.....	45
CAPITULO VII.....	54
ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN	54
7.1. Análisis de varianza de las variables	55
7.2. Imágenes de la investigación	59

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química del maíz.	11
Tabla 2. Taxonomía del cacao.....	12
Tabla 3. Características químicas y físicas de ensilajes de buena y mala calidad.....	22
Tabla 4. Características meteorológicas del Campus Universitario “La María” UTEQ- Mocache	29
Tabla 5. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.31	
Tabla 6. Tratamientos de los datos.	34
Tabla 7. Degradación in vitro de la Materia Seca (%) del Ensilaje de Maíz Forrajero con niveles de inclusión de polvo de maguey de cacao a diferentes tiempos de incubación ruminal.	39
Tabla 8. Cinética de degradación in vitro de la materia seca de ensilaje de maíz forrajero con diferentes niveles de inclusión de polvo de maguey de cacao...	40
Tabla 9. Composición química de maguey de cacao deshidratado	41

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa del campus “La María” de la UTEQ.....	29
---	----

Índice de Anexos

Anexo 1. Análisis de varianza de la DVIMS a las 0 horas.....	55
Anexo 2. Análisis de varianza de la DVIMS a las 3 horas.....	55
Anexo 3. Análisis de varianza de la DVIMS a las 6 horas.....	55
Anexo 4. Análisis de varianza de la DVIMS a las 12 horas.....	56
Anexo 5. Análisis de varianza de la DVIMS a las 24 horas.....	56
Anexo 6. Análisis de varianza de la DVIMS a las 48 horas.....	56
Anexo 7. Análisis de varianza de la DVIMS a las 72 horas.....	56
Anexo 8. Análisis de varianza de la fracción A de materia seca.....	57
Anexo 9. Análisis de varianza de la fracción B de materia seca.....	57
Anexo 10. Análisis de varianza de la fracción c de materia seca.....	57
Anexo 11. Análisis de varianza de la fracción A + B de materia seca.....	57
Anexo 12. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 2% tasa de pasaje de materia seca	58
Anexo 13. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 5% tasa de pasaje de materia seca	58
Anexo 14. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 8% tasa de pasaje de materia seca	58
Anexo 15. Productos	59
Anexo 16. Preparación de materiales para la degradabilidad.	59
Anexo 17. Extracción del líquido ruminal y los diferentes pasos para la degradabilidad.	61
Anexo 18. Muestras durante y después de permanecer en las Daisy.	62
Anexo 33. Muestras en los crisoles y diferentes procesos para ceniza y materia orgánica	62

CODIGO DUBLIN

Título:	“Degradabilidad y cinética ruminal <i>in vitro</i> de ensilaje de Zea mays forrajero y maguey de Theobroma cacao L. en diferentes proporciones”			
Autor:	Kevin Ariel Palma Macias			
Palabras claves:	Degradabilidad	Residuos	Digestibilidad	Degradación efectiva
Fecha de publicación:	2023			
Editorial	Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2023			
Resumen	<p>El uso de residuos agroindustriales para la alimentación animal ha logrado obtener un valor ecológico ayudando a evitar la contaminación ambiental, sin embargo, estos subproductos pueden ser modificados para su conservación durante la escasez de alimentos, aprovechando tanto forrajes como residuos a través de ensilajes. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la degradabilidad ruminal <i>in vitro</i> y la cinética del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones. Los tratamientos evaluados fueron T1 (100% ensilaje de maíz forrajero), T2 (90% ensilaje de maíz forrajero + 10% polvo de maguey de cacao), T3 (80% ensilaje de maíz forrajero + 20% polvo de maguey de cacao), T4 (70% ensilaje de maíz forrajero + 30% polvo de maguey de cacao) y T5 (60% ensilaje de maíz forrajero + 40% polvo de maguey de cacao). Para las pruebas de digestibilidad <i>in vitro</i>, se colocaron 0.3000 a 0.3050 g de muestras molidas de 2 mm dentro de una bolsa ANKOM F-57 con poro de 25 micras y dimensiones de poliéster de 5 x 4 cm. /polietileno.</p>			
Abstract	<p>The use of agro-industrial residues for animal feed have managed to obtain an ecological value helping to avoid environmental contamination, however, these by-products can be modified for their preservation during food shortages, taking advantage of both forage and residues through silages. The objective of this research work was to evaluate the <i>in vitro</i> rumen degradability and kinetics of forage corn silage with cocoa maguey residue in different proportions. The evaluated treatments were T1 (100% fodder corn silage), T2 (90% fodder corn silage + 10% cocoa maguey powder), T3 (80% fodder corn silage + 20% cocoa maguey powder), T4 (70% fodder corn silage + 30% cocoa maguey powder) and T5 (60% fodder corn silage + 40% cocoa maguey powder). For <i>in vitro</i> digestibility tests, 0.3000 to 0.3050 g of 2 mm ground samples were placed inside an ANKOM F-57 bag with a 25 micron pore size and dimensions of 5 x 4 cm polyester. /polyethylene.</p>			
Descripción	78 hojas: dimensiones 21x29,7 cm + CD-ROM			
URI:				

Introducción

En las últimas décadas, el crecimiento de la población ha llevado a la necesidad de crear fuentes alternativas de alimentación animal tanto el forraje como los residuos de cultivos y los subproductos suelen ser consumidos frescos por el ganado (1). En el país, en cambio, los productores utilizan distintos sustitutos de la alimentación de los animales dependiendo del clima y la zona geográfica en la que se ubican, la facilidad de acceso a los materiales y las posibilidades económicas (2).

La alternativa más viable es utilizar los residuos agroindustriales para la alimentación animal, logrando así un valor ecológico ya que ayuda a evitar la contaminación ambiental (3), sin embargo, estos subproductos se pueden modificar para preservarlos para uso futuro durante la escasez de alimentos (1). En este sentido una de las estrategias que permiten conservar y aprovechar el forraje y los subproductos son los ensilajes (4).

Varios estudios han considerado el ensilaje como una técnica de conservación de forraje verde de bajo costo que permite a los agricultores aprovechar los pastos que crecen durante la temporada de lluvias y almacenarlos para alimentar al ganado en épocas de escasez, como sequías y erupciones volcánicas (5). El ensilaje al ser un método de conservación de forrajes o subproductos agroindustriales posee un alto contenido de humedad (aproximadamente 60-70%) mediante la compactación, expulsión de aire y producción de un medio anaerobio en el cual se va a permitir el desarrollo de bacterias que acidifican el forraje (6).

El maíz es el principal cultivo temporal en el Ecuador porque, además de ser parte esencial de la dieta de gran parte de la población y relacionado con las costumbres y tradiciones locales, es una alternativa de producción económicamente rentable debido a sus usos ilimitados, especialmente en industria de alimentos y piensos (7). En 2021, el maíz fue sembrado en 355.000 hectáreas y se espera que la producción sea de 1,38 millones de toneladas, de las cuales el 78-80% es maíz duro y el 20-22% maíz blando. En las regiones costeras y amazónicas se cultiva maíz amarillo duro, especialmente maíz híbrido, con un rendimiento promedio de 4,64 t ha⁻¹ (8). La alimentación animal casi siempre contiene maíz como uno de los ingredientes principales. Su supuesto aporte energético, junto con sus niveles de inclusión (60-80%) y la baja variabilidad en su

composición química lo convierten en uno de los ingredientes preferidos por los fabricantes de alimentos para animales (9).

El cacao en el Ecuador ha tenido un rol muy esencial en la economía e historia en conjunto con el banano y el petróleo, ya que constituyen la triada más importante de los productos primarios de exportación (10). Durante los últimos 5 años se experimentado un crecimiento sostenido en la exportación del cacao ecuatoriano determinándose que en el 2021 se realizaron un total de 3567 inspecciones a nivel nacional (11). Algunos estudios realizados mencionan que entre los subproductos del cacao que tienen un potencial para ser incorporados en la alimentación animal, se consideran a la cáscara y la cascarilla, ya que actualmente del cacao se generan cientos de toneladas de estos residuos, los cuales podrían ser útiles (12).

La degradabilidad se refiere a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos constituyentes mediante procesos biológicos o químicos (13). Conocer sobre de la degradabilidad de un alimento es esencial para determinar su uso en términos de su valor nutricional; y, por lo tanto, para la formulación de dietas para rumiantes (14). En este sentido, la tendencia mundial hacia el uso de residuos y subproductos agrícolas para la alimentación de animales ha ido en aumento en los últimos años a medida que ha disminuido la disponibilidad de cereales. Dependiendo del tipo de cultivo y manejo de residuos, la calidad varía en términos de digestibilidad y contenido de proteína (15).

En base al contexto previo, se presenta este trabajo de investigación en donde se evaluó el nivel de inclusión de residuos de maguey de cacao, sobre la degradabilidad *in vitro* del ensilaje de maíz forrajero para determinar si existe una relación positiva en los parámetros de estudio.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Una de las limitantes más notorias que se refleja en la producción animal es la falta o escasez de forraje durante la época de sequía, la cual constituye uno de los problemas más serios que debe afrontar el productor (16). Se conoce que en el Ecuador existe una gran variedad de desechos agroindustriales, las cuales pueden ser utilizados como suplemento en la alimentación animal, sin embargo, no se han fomentado este tipo de actividades productivas como lo es el ensilaje el cual es un método viable de conservación de alimentos que puede ser usado por los pequeños y medianos productores, por lo cual se puede realizar silos con el uso de productos como maíz forrajero, pasto y residuos agrícolas que puedan cubrir en cierta parte las necesidades nutricionales de los animales (17).

Diagnóstico

El problema se limita en base a la baja disponibilidad de alimento en el trópico, especialmente en la época seca y el desconocimiento que existe a la hora de establecer los materiales vegetativos viables para la alimentación de los animales lo cual ha implicado frecuentes improvisaciones para poder solucionar estas dificultades debido a la escasez y así lograr alcanzar el rendimiento esperado en la producción.

Pronóstico

Los subproductos generados a base del cacao se han convertido en una alternativa de diversificación, en el cual el maguey es considerado un residuo a pesar de su composición nutricional, por lo cual se ha convertido en una alternativa para el uso eficiente de los residuos en la elaboración de un alimento nutricional factible su inclusión en la alimentación animal.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la degradabilidad *in vitro* del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones?

1.1.3. Sistematización del problema

¿La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (MS) del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones permitirá obtener mayor extensión de degradación por los microbianos ruminales?

¿La cinética ruminal *in vitro* de la materia seca (MS) del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones permitirá obtener mayor tasa de degradación de las fracciones en cada tratamiento?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la degradabilidad *in vitro* del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la degradabilidad *in vitro* de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones.
- Establecer la cinética ruminal *in vitro* de la materia ruminal de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones.
- Disponer del aporte de nutrientes del residuo de maguey de cacao deshidratado

1.3. Justificación

La producción animal, generalmente la ganadería en el Ecuador, siempre se ha basado en pastoreo y la producción de pastos, ya que estas dependen de las condiciones climáticas. Sin embargo, en la época seca el rendimiento y el valor nutricional del forraje es muy limitado y esto reduce el desempeño productivo de los animales. Por ello, para el productor se le ha hecho factible la alternativa de utilizar fuentes alimenticias a base de ensilaje, henolaje y otros subproductos agroindustriales que le han permitido cubrir la deficiencia nutricional a bajo costo.

El proceso del ensilaje permite principalmente conservar el forraje en un estado físico químico parecido al que tiene el momento de su recolección. La utilización del maíz forrajero para ensilar puede ser una alternativa viable debido a la gran disponibilidad de este tipo de forraje durante el año. Sin embargo, para alcanzar los valores nutricionales requeridos se puede agregar otros subproductos o residuos agroindustriales con el fin de mejorar el ensilaje.

Mediante esta investigación se pretende impulsar el uso del maguey de cacao en él, ensilaje con maíz forrajero para la elaboración de ensilaje lo cual agregaría un valor nutricional ya que este subproducto contiene fuente de fibra, carbohidratos, proteínas y micronutrientes convirtiéndolo en un residuo con las condiciones aptas para la formulación de dietas.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Degradabilidad ruminal

La evaluación de la degradación ruminal de especies forrajeras y concentrados brinda información que puede usarse para formular tablas de composición de alimentos y, por lo tanto, es esencial para formular dietas para animales (18).

2.1.2. Ensilaje

El ensilaje es un alimento elaborado a partir de material vegetal húmedo que se fermenta anaerómicamente mediante la formación de ácido láctico, reponiendo al ganado durante los períodos de sequía y asegurando la nutrición animal durante todo el año (19).

2.1.3. Maguey

Las venas cacao, también conocidas como maguey, son la parte jugosa que recubre las semillas del cacao y tienen un sabor agridulce (20).

2.1.4. Residuo

Es un sobrante obtenido de las materias primas utilizadas para procesar los alimentos, que suele ser desechado por la industria. En algunos casos, los residuos pueden tener un alto valor nutritivo y pueden obtenerse como alimento o utilizarse como materia prima para el procesamiento secundario mediante la aplicación de técnicas apropiadas (21).

2.1.5. Subproducto agroindustrial

Los subproductos agroindustriales son residuos sólidos o semisólidos derivados de las actividades agrícolas. Estos pueden provenir de una colección de productos o de un eslabón en una cadena industrial (22).

2.1.6. Fase anaeróbica

Se caracteriza porque el pH cae por debajo de cinco. Dura entre 24 a 72 hs, si se prolonga se pierde calidad y se degradan rápido durante la extracción. (Olor avinagrado y color oscuro indican anaerobiosis prolongada). Al desaparecer el oxígeno del silo y establecerse las condiciones de anaerobiosis, se favorece el desarrollo de las bacterias anaeróbicas beneficiosas. En primer lugar, las bacterias productoras de ácido acético disminuyen bruscamente el *pH* e incrementan la acidez del silo (23).

2.1.7. Fase aeróbica

Se caracteriza por el aumento de temperatura superando en 4° a 6°C la del ambiente. Si la T° es mayor indica pérdida de calidad por respiración excesiva. se desarrolla en presencia del oxígeno presente en el aire intersticial que contiene el silo, los carbohidratos solubles de la planta (azúcares) son metabolizados por las propias células de la planta y por microorganismos aeróbicos y convertidos en CO₂ (dióxido de carbono), agua y calor (productos metabólicos) (23).

2.1.8. Carbohidratos solubles

Son aquellos conformados por las pectinas, gomas y mucílagos. Ayudan a reducir los niveles de colesterol y controlan el azúcar en la sangre. Se encuentran en frutas y vegetales frescos y secos, avena, leguminosas y semillas. Las fibras solubles pueden ser fermentadas por las bacterias residentes y promueven la salud intestinal (definida como fibraprebiótica) (24).

2.1.9. Oxígeno

El oxígeno (O) es un elemento químico no metálico, normalmente gaseoso, sumamente abundante en nuestra atmósfera (integra el 20,8% de su volumen actual) en su forma molecular (O₂) y el tercero más abundante del universo (25).

2.1.10. Microorganismos

Son seres vivos pequeños que no pueden ser observados a simple vista y por ello se utilizan equipos especializados como los microscopios, típicamente son organismos unicelulares, son considerados esenciales para la vida debido a su amplia diversidad y distribución en el planeta. Algunos de los organismos más estudiados pertenecen a grupos biológicos como lo son los protozoarios, algas, hongos y bacterias (26).

2.1.11. Digestibilidad

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales. Se define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no excreta con las heces y que, por lo tanto, ha sido absorbida. La digestibilidad de los forrajes y pajas por parte del animal depende de

su contenido de fibra bruta, que aumenta paralelamente al desarrollo de la planta por contener los tallos de las especies gramíneas de prado, y ciertas leguminosas como la alfalfa en particular, una mayor impregnación de lignina y cutina, haciéndolos menos digestibles (27).

2.1.12. Cinética

La cinética representa una energía que se encuentra en constante movimiento que involucra la fuerza (de fricción, de gravedad, muscular o de resistencia interna), que se precisa para incitar el incremento de un cuerpo que está en una etapa de reposo y ponerlo en movimiento. Nos permite obtener información sobre la rapidez de una reacción y sobre cuáles son los factores que influyen en la misma, así como también sobre la forma en que dicha reacción procede (28)

2.2. Marco referencial

2.2.1. Maíz forrajero

Gramínea anual, tallos de hasta 3 metros de altura, cilíndricos, con nudos y entrenudos, raíces a veces erráticas, racimos de raíces. Tiene hojas anchas con nervios centrales y lanceolados, y tiene dos tipos de flores, una en forma de pistola y otra en forma de espiga (29).

Es necesario señalar que, a nivel mundial, se utiliza el maíz forrajero para la alimentación de los animales, las formas más comunes está el grano, rastrojo o ensilaje. En cuanto a las propiedades nutritivas se tiene que, bajos contenidos de energía y proteína, con relación a la fibra en contenido es alto (30). El forraje de maíz se caracteriza por un alto contenido de fibra cruda se estima que su valor es de 0 a 18%, partiendo de que, cuenta con contenido digestibles de más de 70%. La conformación nutritiva del forraje presenta características distintas de grano, este cambia basándose en el fenotipo de la planta, genotipo y factores ambientales (31).

Presenta un contenido de fibra cruda igual o superior a 18%. Un contenido de proteína cruda que varía entre 6 a 12% y un contenido de nutrientes digestibles totales superior a 70% (32).

2.2.2. Valor nutricional

Muy rico en hidratos de carbono (60 a 70 % de almidón y azúcares) y un 8% de materia grasas. Los minerales que están presentes son magnesio, el fósforo, hierro y el potasio (Tabla 1). El maíz es considerado el alimento base o fundamental en muchas comunidades de pocos recursos, porque su consumo nos aporta las calorías diarias necesaria para nuestro organismo, como una importante cantidad de proteínas. Su riqueza en fibra aporta un estado de saciedad y lleno (sin sensación de hambre) por periodos prolongados. La presencia de vitaminas del grupo B, especialmente a B1 o la tiamina., B7 o biotina, B9 y ácido fólico. (33)

Tabla 1.

Composición química del maíz.

Componentes	Promedio
Materia seca (%)	89.5
Cenizas (%)	1.21
Proteína (%)	11.95
Fibra detergente neutra (%)	7.55
Fibra detergente acida (%)	3.6
Grasa	3.43
Almidón	68.53
Azúcares totales	1.12

Fuente: (34)

2.2.3. Usos del maíz forrajero

Es utilizado como fuente de energía en la alimentación animal con el objetivo de ser transformado en carne y leche. Se puede suministrar picado y por su alto contenido de carbohidratos se puede ensilar (30).

2.2.4. Maguey de cacao

También denominado placenta; residuo del cual se puede obtener alcohol, pastas y bebidas. El maguey provee el olor, sabor y color del producto que se elabora por sus sustancias pépticas, ácidos y azúcares, componentes necesarios para obtener un producto final de calidad. Para el aprovechamiento del maguey de cacao es importante tener en cuenta el estado de madurez, que permitirá obtener un excelente balance azúcar/ácido, color, sabor y aroma característico del producto (35).

2.2.5. Taxonomía del cacao

Schumann (36), en la Flora Brasiliensis, señala descripciones detalladas de 12 especies, las clasifica ubicándolas en las secciones Herrania y Eutheobroma. Cuatrecasas (37), en una revisión más precisa y crítica del género, establece la validez de las especies y su respectiva sinonimia mediante un estudio más exhaustivo, detallado y completo, tomando en cuenta tipo de germinación (hipogea y epigea), forma y pubescencia de las hojas, tipo de polen y fruto, que lo llevan a citar 22 especies válidas para Theobroma, ubicadas en seis secciones: Andropetalum, Glossopetalum, Oreanthes, Telmatocarpus, *Theobroma* y *Rythidocarpus*. En la Tabla 2, se presenta la taxonomía de la especie *T. cacao*, sin precisar la localidad exacta (38).

Tabla 2.

Taxonomía del cacao.

Reino	Plantae
Tipo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Genero	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>cacao</i> L.

Fuente: (38)

2.2.6. Residuos de cacao en la alimentación animal

Se ha informado que los subproductos del cacao (*Theobroma cacao* L.) son uno de los recursos alimentarios tropicales que pueden reemplazar las costosas y competitivas materias primas en la dieta del ganado (39).

El alto costo de los alimentos y la gestión de la alimentación siguen siendo desafíos que enfrentan la producción ganadera a nivel mundial. Más de la mitad del costo de producción está asociado con la alimentación; por lo tanto, es imperativo que la ciencia de la producción ganadera explore otros recursos menos conocidos (39).

La harina del grano de cacao, la cáscara del grano y la cáscara de mazorca son todos potenciales recursos nutritivos, pero no explotados, que pueden considerarse. Estos

componen más del 70% del fruto entero maduro del cacao y son los principales subproductos de las industrias de transformación del cacao (39).

2.2.7. *Aprovechamiento de residuos del cacao*

Investigaciones realizadas demuestran que la cáscara y la cascarilla del cacao presentan altos contenidos de fibra dietaria, mientras que el mucílago presenta más del 80% de fibra dietaria soluble (40). También se conoce que la cascarilla de cacao es rica en pectinas. Se han realizado estudios del uso del maguey y mucílago para la obtención de bebidas alcohólicas y mermeladas. Otros resultados obtenidos han demostrado el uso de los restos de la cosecha de cacao en la producción de bioabono y como alimento para animales (41).

2.2.8. *Ensilaje*

El ensilaje es un alimento fermentado resultante del almacenamiento de cultivos de alta humedad en condiciones anaeróbicas en una estructura llamada silo. En resumen, el ensilaje es un forraje de alta humedad que los agricultores utilizan para alimentar a sus animales domésticos, especialmente durante la estación seca. Compuestos de pasto, maíz, maíz y otros, los ensilajes se hacen cortando los cultivos en pedazos pequeños y luego almacenándolos (42).

Los métodos comunes utilizados para almacenar ensilajes son silos, búnkeres, bolsas de ensilaje y pacas de ensilaje. Los silos y tolvas se usan cuando hay grandes cantidades presentes, mientras que las bolsas y fardos se usan cuando solo hay pequeñas cantidades para almacenar y se pueden transportar al mercado/granjas cercanas en poco tiempo (42).

Algunas ventajas de un ensilaje es que representa una alternativa en periodos críticos de disponibilidad de pastos en la finca, es un buen alimento y es barato de elaborar, al tiempo que se puede aprovechar mejor el espacio. Dentro de las plantas adecuadas para ensilar se encuentra el maíz y las leguminosas como el manicillo, caupí, poró y madero negro, entre otras. Mezclando gramíneas con leguminosas se aumenta el valor nutricional del silo. Al compactar un silo, se asegura el buen funcionamiento del proceso fermentativo, y logra obtener una densidad de 1 tonelada por metro cúbico (43).

2.2.9. Importancia del ensilaje

En la alimentación del ganado, reemplazando el ensilaje de maíz y sorgo tradicional por la hierba ha despertado un mayor interés de los técnicos y ganaderos para ser una forma de almacenamiento de forraje que permite la conservación de la mayor parte de su valor nutricional. Gramíneas forrajeras tropicales, especialmente de *Brachiaria* y *Panicum* se han utilizado en los sistemas de manejo intensivo, promoviendo resultados alentadores. Sin embargo, cuando se realiza el ensilado en una etapa de crecimiento vegetativo temprano, estas plantas tienen alta calidad nutricional, pero tienen un bajo contenido de MS, alta capacidad de amortiguación (PT) y bajos niveles de hidratos de carbono (CS). Estos factores interfieren en el proceso de fermentación, evitando la rápida reducción del pH y permitiendo el crecimiento de la fermentación indeseable. Para el éxito de ensilado, es necesario asegurar la fermentación láctica e inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables, tales como clostridiales, enterobacterias, levaduras y hongos (44).

2.2.10. Compresión del ensilaje

La compresión generalmente se logra mediante la forma mecánica, es necesario para expulsar el aire y el establecimiento de las condiciones anaeróbicas dentro del silo. El aumento de la compresión adquiere una mayor importancia en la preservación del ensilaje. Otras técnicas utilizadas para mejorar la fermentación del ensilaje es el uso de aditivos tales como pulpa de cítricos, que ha sido incluido en muchos estudios con ensilado de hierba, por lo tanto, además de ser una fuente de nutrientes, proporciona hidratos de carbono solubles, que mejoran la calidad de la fermentación en el silo y tiene una alta capacidad absorbente (45).

2.2.11. Proceso del ensilaje

Hacer ensilaje significa conservar el forraje verde de cereal triturado en condiciones anaeróbicas mediante el método de fermentación. En condiciones anaeróbicas (sin aire dentro del pozo/tanque), con la ayuda de microorganismos, el azúcar contenido en el forraje verde se convierte en ácido láctico, que ayuda a conservar el forraje verde durante más tiempo (46).

2.2.12. Fases de la fermentación del ensilado

2.2.12.1. Fase 1

Esta fase comienza desde el momento de la cosecha del cultivo hasta el momento en que se agota el oxígeno del silo sellado. Debido a la respiración continua de las plantas, las enzimas de las plantas y las bacterias aeróbicas provocan pérdidas de nutrientes al degradar las proteínas de las plantas y convertir los azúcares en dióxido de carbono y agua, y generar calor. El calor aumenta la temperatura del ensilado de 15 ° a 20 ° F o más, dependiendo de la cantidad de aire disponible. Esta fase progresa hasta que se agota el oxígeno. Lo ideal es unas pocas horas, pero puede durar hasta 48 horas en ensilajes mal hechos. Cosechar en la madurez correcta de la planta, picar a la longitud de partícula correcta, empacar el silo herméticamente y sellar dentro de las 12 horas posteriores a la cosecha son claves para minimizar las pérdidas de nutrientes durante esta fase (47).

2.2.12.2. Fase 2

Esta fase comienza después de que se agota el oxígeno, cuando las bacterias anaeróbicas comienzan a fermentar los azúcares de las plantas en ácidos orgánicos, alcoholes, dióxido de carbono y compuestos nitrogenados. Los ácidos orgánicos reducen el pH del ensilaje de más de 6 a alrededor de 5. Si el pH del ensilaje desciende lentamente y la concentración de humedad es alta debido a una cosecha demasiado temprana, pueden crecer bacterias clostridiales. Estas bacterias degradan los azúcares y convierten el ácido láctico en ácido butírico, liberando fuertes olores desagradables. También descomponen las proteínas en nitrógeno no proteico y productos finales indeseables como las aminas. Estos cambios conducen a una mayor pérdida de materia seca y una menor palatabilidad y calidad del ensilaje (47).

Temprana. Se produce ácido fórmico y otros ácidos orgánicos como resultado del crecimiento de bacterias enterobacterias aeróbicas facultativas, consiguiendo durar este proceso 1 a 2 días (48).

Láctica. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las Bacterias Acido Lácticas (BAC) proliferará y se convertirá en la población

predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0 (48).

2.2.12.3. Fase 3

Una vez que el pH cae por debajo de 5, las bacterias productoras de ácido láctico (LAB) dominan la fermentación y reducen el pH a alrededor de 4 o 4,5 en ensilados y henificados bien elaborados (ensilaje de pacas redondas), respectivamente. El ácido láctico es más efectivo que otros ácidos orgánicos para reducir el pH. Por lo tanto, las LAB que fermentan azúcares a ácido láctico solo (LAB homolácticas) son más eficientes para provocar una caída rápida del pH y conservar los nutrientes que otras (LAB heterolácticas) que producen ácido láctico y otros productos. Esta fase puede durar de tres días a cuatro semanas y termina cuando se agotan los azúcares fermentables. Esta fase a menudo está limitada en pastos de estación cálida y otros forrajes con bajas concentraciones de azúcar (47).

2.2.12.4. Fase 4

Una vez que el pH cae a 4,0 o menos (4,5 en heno), el ensilaje se estabiliza y se evita el crecimiento de microbios indeseables. La calidad del ensilaje se puede mantener durante el resto de la duración del almacenamiento si el silo permanece sellado y el aire no penetra en el silo (47).

2.2.12.5. Fase 5

Esta fase comienza después de que se restablecen las condiciones aeróbicas una vez que se abre el silo durante la alimentación. Después de que ocurre la penetración del aire, las levaduras y los mohos que estaban inactivos durante la fermentación reviven. Estos hongos utilizan azúcares, ácido láctico y otros nutrientes para su crecimiento y producen dióxido de carbono y calor como subproductos. La acumulación excesiva de calor desnaturaliza las proteínas y otros nutrientes en el ensilaje. En conjunto, estos cambios aumentan las pérdidas de MS y reducen la calidad del ensilaje. Los mohos en el ensilaje también pueden producir micotoxinas que, cuando se consumen, reducen el rendimiento de los animales y causan diversas enfermedades (47).

2.2.13. Tipos de ácidos que se presentan en la fermentación

2.2.13.1. Ácido láctico

Las bacterias presentes, los lacto bacilos, son los más importantes para la obtención de un buen ensilaje, ya que son los encargados de producir el ácido láctico a partir de la glucosa (jugos dulces). Esto demuestra la necesidad de utilizar material jugoso. Es posible pensar en adiciones de melaza y agua de panela, para acelerar la producción de ácido láctico. Estas bacterias se desarrollan muy bien si se evita la producción de agua, que eleve la temperatura, ya que los lacto bacilos se desarrollan muy bien entre 20 y 25 °C (49).

2.2.13.2. Ácido acético

Es producido por bacterias del grupo coniformes cuya temperatura óptima es de 18 a grados centígrados (49).

2.2.13.3. Ácido butírico

Las bacterias que forman este ácido se desarrollan en temperaturas de 35 °C, pero no resiste el pH producido por el ácido láctico. Este ácido puede producir amoníaco y además de tener mal valor biótico, da mal sabor al futuro alimento para el ganado, por esta razón es importante mantener el pH en 4,2. Cuando los azúcares (jugos) son alcanzados por enzimas de la levadura, se produce alcohol que no puede pasar de un 2 ó 3 %, dando este un olor agradable al silaje. Al combinarse el alcohol con ácidos orgánicos como el ácido láctico, se forman ésteres, los cuales producen el olor tan agradable que tiene un ensilaje bien manejado (49).

2.2.14. Características organolépticas del ensilaje

Al respecto (50), propone y describe una metodología para evaluar la calidad de los ensilados por vía de los sentidos, analizando principalmente el olor, consistencia y color que presentan los forrajes conservados a través del proceso de ensilaje.

2.2.14.1. Ensilaje de Forrajes Puros

La calificación de los ensilajes elaborados según el autor mencionado se puede realizar con el análisis óculo- nasal y contempla básicamente:

a) Olor

Presenta un olor butírico débil, penetrante y aromático agradable a tostado

b) Consistencia

Las hojas quedan desprendidas de los tallos, es decir que se rompieron.

c) Color

Ligeramente desde amarillo hasta castaño, color verde claro a verde amarillento, poco alterado en relación con el forraje Pre-ensilaje (50).

2.2.14.2. *Ensilaje de Forrajes Combinados*

a) Olor

Presenta un olor aromático a fruta, olor ligero a vinagre, agradable, exento de ácido butírico.

b) Consistencia

Las hojas y los tallos se conservan sin muchos cambios, es decir no existe que se llega a conservar.

c) Color

Presenta un color semejante o casi igual al forraje pre-ensilado, color verde claro a verde amarillento (50).

2.2.14.3. *Ensilaje de Forrajes con adicción de Subproductos Concentrados*

a) Olor

Se llega a obtener un olor aromático a pan, exento de ácido butírico.

b) Consistencia

Las hojas y los tallos no sufren modificaciones, por lo que se llega a conservar.

c) Color

El color no lleva a variar por lo que se presenta un semejante al producto inicial, color verde amarillento (50).

2.2.15. Proceso del ensilado

Todas las prácticas recomendables a la hora de hacer un ensilado de forrajes tienen por objetivo el reducir en el tiempo la fase aerobia y favorecer la fermentación láctica en la fase anaerobia descrita (51).

Las claves para la correcta conservación del forraje de maíz, planta entera, mediante ensilado son:

2.2.16. Estado de la planta en el momento de cosecha

El objetivo a conseguir es que el conjunto de la masa a ensilar alcance un contenido en materia seca del 32 – 35 %. En esos momentos la mazorca y espigas presentan un contenido en materia seca en el entorno al 50 % y aportan un 55 % a la producción final de materia seca. El resto de planta tiene un contenido en materia seca en el entorno del 25 % aportando el 45 % de la producción final de materia seca (51).

Si se cosecha con un contenido total de materia seca inferior al 30 % las pérdidas de hidratos de carbono (energía) por la emisión de efluentes pueden llegar a ser importantes. Así mismo, la planta recolectada en esas condiciones todavía es capaz, en pie, de incrementar su producción y calidad por incremento del contenido de almidón en el grano.

Recolectar con materias secas superiores al 35 % supone un mayor cuidado en el “picado” del maíz para facilitar el “pisado”, menor calidad (digestibilidad, contenido en fibra) de la fracción de planta sin mazorca, mayor velocidad de avance del frente de ataque del silo al lograr romper todos los granos de maíz para facilitar su absorción en el tracto digestivo de los animales (51).

2.2.17. Intensidad del picado

El picado del maíz forrajero, planta entera, tiene dos motivaciones aparentemente contradictorias. Un picado muy fino favorece el apisonado de la masa a ensilar y la eliminación de bolsas de aire. El objetivo a conseguir es que no haya partículas que superen el tamaño de 20 mm y que la mayor parte de ellas estén por debajo de 10 mm. El tamaño de partículas deseable para conseguir un buen apisonado del silo varía en función de la materia

seca de la masa a ensilar, siendo deseable una mayor finura de picado cuanto mayor es la materia seca del producto (52).

Por otra parte, un picado excesivamente fino puede provocar trastornos digestivos (acidosis) en los animales alimentados con ese material debido a una falta del reflejo de rumia y una mala valoración de ese alimento en el tracto digestivo del rumiante. La forma en la que están afectados los granos de maíz después del “picado” para que sean bien metabolizados por el animal depende del estado fenológico en el momento de cosecha (52).

2.2.18. Pisado de la masa a ensilar

Tiene por objeto reducir al mínimo la presencia de aire dentro de la masa de silo. Una masa forrajera con un 30 % de materia seca encierra 1 litro de aire por kg de materia seca. Si la masa forrajera tiene un 35 % de materia seca el contenido en aire pasa a ser de 3 a 5 litros (53).

Se ensila en silos “montón” la colocación y apisonado de la masa de silo la pueden hacer tractores agrícolas o industriales, con peso suficiente, y dotados de pala cargadora frontal que no sea de cazo para áridos, sino dotada de púas largas y separadas entre sí para facilitar el extendido del forraje evitando la formación de “bolos” densos de material que dificultarían su apisonado (53).

2.2.19. Sellado del silo

Tiene por objeto evitar nuevas entradas de aire y agua a la masa ya ensilada. Si esto ocurre se reinician los procesos oxidativos indeseables ya descritos y con ellos las pérdidas de cantidad y calidad de la masa ensilada. El material de sellado suele ser plástico, generalmente polietileno. Debe ser nuevo, de primero y único uso, de buenas

características mecánicas (resistencia a la perforación y al estiramiento) y tratado frente a la exposición a los rayos ultravioletas del sol (54).

Si está expuesto directamente al sol es conveniente el plástico bicolor, con la parte blanca hacia el exterior para reflejar los rayos del sol y evitar el calentamiento y la condensación de la masa de silo próxima a la cubierta, y la negra al interior para impedir el paso de la luz y el desarrollo de algas dentro del silo (54).

2.2.20. Calidad del producto final

Un ensilaje de calidad se logrará cuando el contenido de ácido láctico predomine sobre el resto de los ácidos formados, debido a que la láctica es la fermentación ácida más eficiente y la que disminuye el pH del silo con mayor rapidez. Cuanto más rápido se complete la fermentación, mayor cantidad de nutrientes se logrará retener en el silo. La acidez alcanzada por la masa de forraje luego del proceso de conservación es en la mayoría de los casos un excelente indicador de la calidad del producto final. Valores cercanos a 3,5 son deseables cuando se ha conservado maíz o sorgo, En el caso de la alfalfa, no es posible alcanzar tales niveles de acidez debido a su baja concentración en carbohidratos solubles (55).

En general existen algunos parámetros de calidad del ensilaje que se podrían considerar comunes para cualquier tipo de forraje y que son indicadores de un buen o mal proceso y producto final. Así mismo, debe cumplir las siguientes características organolépticas:

- ✓ Color: Amarillo-verdoso a marrón verdoso. Marrón claro para maíz y sorgo.
- ✓ Olor: Agradable, avinagrado y picante.
- ✓ Textura: Muy firme. Es difícil desagregarlo.
- ✓ Acidez: pH 3,3 - 4,0.
- ✓ Aceptabilidad: Buena.
- ✓ Valor nutritivo: Similar al forraje verde (55).

2.2.21. Características químicas y físicas de ensilajes de buena y mala calidad

Los ensilajes deben poseer características excelentes para su uso en la alimentación es por ello que en la tabla 3 se identifican las características del ensilaje tanto de buena calidad como mala.

Tabla 3.*Características químicas y físicas de ensilajes de buena y mala calidad.*

Calidad	PH	Ac. Láctico	Ac. Acético	Ac. Butírico	NH₃
Buena	<4.2	5-9	<0.5	0	<1.0
Mala	>5.2	>3	>3.0	>0.8	>0.4

Fuente: (56)**2.2.22. Características nutricionales del ensilaje****2.2.22.1. Materia seca**

La materia seca es lo que queda del material una vez que se le saca el agua. A medida que la planta madura, disminuye el porcentaje de agua que la constituye y aumenta el de la materia seca (57).

2.2.22.2. Digestibilidad (DMS)

La digestibilidad se puede definir como la proporción de alimento que no es excretada con las heces y que se supone fue absorbida. A medida que aumenta el estado de madurez del forraje, disminuye la digestibilidad, como consecuencia de cambios químicos en los componentes de la materia seca (57).

2.2.22.3. Fibra detergente neutro (FDN)

Las plantas están formadas por células y las células estas constituidas por una pared celular (fibra o FDN) y por el contenido celular. El contenido celular se digiere casi en su totalidad (97%) en cambio la pared celular, que es la fibra, sufre una digestión más lenta y parcial dependiendo de la maduración, y el grado de lignificación. La fracción fibra (pared celular) influye en la digestibilidad tanto por su cantidad, como por su composición química. Al madurar el forraje, aumenta la fibra, hay lignificación de las paredes y por lo tanto baja la digestibilidad de los otros componentes (57).

2.2.22.4. Proteína (PB)

El porcentaje de proteína en el silo varía del 6 al 10% (57).

2.2.22.5. Almidón

Es importante que el silo contenga una elevada proporción de grano, siempre y cuando ello no signifique pérdida de digestibilidad del resto de la planta. Si el silo se hace en el momento adecuado el mismo será de elevada concentración de energía aportada por el almidón de los granos y la fibra de buena digestibilidad. El contenido de almidón en el silo está relacionado con el contenido de grano en la planta. Es importante que el silo tenga más del 20 % de almidón para permitir buenas ganancias de peso (57).

2.2.23. Ensilaje de maíz forrajero

El ensilaje de maíz es un forraje popular para los animales rumiantes porque tiene un alto contenido de energía y digestibilidad y se adapta fácilmente a la mecanización desde la cosecha hasta el momento de la alimentación (58).

El ensilaje de maíz debe tener un olor ligero y agradable con solo un ligero olor a vinagre. Debe ser ligeramente marrón a verde oscuro. Si es de color marrón oscuro o tiene un olor afrutado, a levadura, quemado o rancio (ácido butírico), se ha producido un calentamiento excesivo o una fermentación inadecuada. El conocimiento del proceso de ensilaje a menudo explica por qué algunos ensilajes pueden ser de mala calidad (58).

Para ensilar el maíz se cosecha cuando el elote este lechoso, ya que tiene gran cantidad de azúcares fermentables y baja proteína, por lo que es importante su asocio con una leguminosa alta en proteína. Al compactar bien un silo, se pueden obtener densidades de 1 t/m³ , y se puede ensilar mediante trinchera, bolsas plásticas, estañones plásticos y tanques de fibrocemento, cemento o plástico utilizando el material picado y muy bien mezclado, agregando aditivos y los microorganismos eficientes (EM) (43).

2.2.24. Características del ensilaje de maíz forrajero

El ensilado de maíz tiene un contenido de fibra de alta calidad, además de una alta densidad de energía. Es uno de los forrajes más económicos que los productores pueden cultivar con base en el rendimiento y el valor energético. También es uno de los forrajes más fáciles de ensilar. Para maximizar la calidad del forraje, el maíz debe ser cosechado en la

etapa de madurez adecuada y con el contenido de materia seca (MS) adecuados. Adicionalmente, tomar las decisiones correctas respecto a la altura de corte, longitud de corte y procesamiento del grano es crítico para el rendimiento y la calidad del ensilado resultante (59).

2.2.25. Residuos agroindustriales empleado como alimento para animales

Son materias primas en estado sólido o líquido que son generados a partir del consumo directo de productos primarios o derivados de la industria, y estos son de utilidad para el proceso del que fueron generados pero que son susceptibles del aprovechamiento o transformación para generar otro producto de interés social, comercial y económica (60).

El uso de los residuos agrícolas e industriales de frutas tropicales en asociación con ensilajes de pastos tropicales y maíz forrajeros puede contribuir a evitar la contaminación del medio ambiente cuando se utilizan de una manera adecuada, por otra parte, estos residuos para la alimentación ofrecen la ventaja de ser un recurso alimentario de bajo costo y valor nutritivo aceptable (61).

2.2.26. Degradabilidad in vitro

En el rumen las bacterias representan entre el 60 y 90% de la masa microbial, los protozoarios entre el 10 y 40% y los hongos entre 5 y 10% con múltiples interacciones entre ellos, que modifican la estructura del sistema, así como la composición bacteriana (62).

Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por varios métodos. Debido a que en los estudios in vivo los alimentos sólo pueden ser evaluados en raciones totales y al hecho de que tales estudios requieren considerables recursos y son difíciles de estandarizar, en los últimos años varias técnicas han sido desarrolladas considerando una variante de la metodología *in vitro* la técnica de producción de gases según (63) y método de digestibilidad enzimática (enzima celulasa del hongo *Penicillium funiculosum*) (64,65) y una de la más difundida es la degradabilidad *in vitro* con la metodología DAISY II (66).

2.2.27. Investigaciones previas

Palomino, (67) en su investigación sobre la Degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca), utilizadas en alimentación de rumiantes tuvo como objetivo determinar la degradabilidad y cinética ruminal de los residuos agroindustriales del maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca). Se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (100 % cáscara de maíz, 100% pelusa de maíz, 100% panca de maíz y 100% tusa de maíz), tres repeticiones y 7 tiempos de incubación (0,3,6,12,24,48 y 72 horas) y para las diferencias entre las medias Tukey ($p < 0.05$). Se evaluaron la cinética de la degradabilidad *in vitro* y el pasaje ruminal de las fracciones nutricionales de la MS de los cuatro residuos del maíz determinando una mejor eficiencia en el T2 pelusa de maíz con (41,2) fue superior a los (T1, T3 y T4) y una tasa de pasaje de 3%.

Mejía, (68) en su investigación sobre Degradabilidad y Cinética Ruminal *in situ* de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base el objetivo de estudio fue establecer la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base. Los tratamientos evaluados fueron T1=50% ensilaje de maíz; 0% cáscara de plátano verde, T2=45% ensilaje de maíz; 5% de cáscara de plátano verde, T3=40% ensilaje de maíz; 10% cáscara de plátano verde, T4=35% ensilaje de maíz; 15% cáscara de plátano verde, T5=30% ensilaje de maíz; 20% cáscara de plátano verde. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos cuatro repeticiones. Se utilizaron residuos de cáscara de plátano, polvillo de arroz, pasta de soya y sales minerales. El proceso de fermentación anaeróbica duro 30 días, las muestras fueron secadas en una estufa con aire forzado a 65°C por 48 horas para determinar la humedad y materia seca parcial, se molió en un molino Thomas Willy con criba de 2 mm. Se desecó en estufa a 65 °C por 48 h. La DISMS y la DISMO se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon en cuatro bovinoscastrados y fistulados del rumen. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que tuvo cada una 10 g de muestra molida, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. La digestibilidad *in situ* de MS y MO se incrementó con el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde con una degradación efectiva del 57,80 y 57,47% con una tasa de pasaje ($k = 0.02$). Los parámetros de

degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y materia orgánica del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde, es una alternativa viable utilizando el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde debido a la dinámica de degradación ruminal de la MS y MO.

Jimenez, (69) en su investigación sobre la Degradabilidad y cinética ruminal *in situ* de una mezcla de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays*) y residuos de banano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base el objetivo fue determinar la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del ensilaje de maíz forrajero y residuo de banano verde en diferentes proporciones en una dieta base. Los tratamientos fueron T1, ensilaje de maíz 50% RB 0%; T2 ensilaje de maíz 45% RB 5%; T3 ensilaje de maíz 40% RB 10%; T4 ensilaje de maíz 35% RB 15% y T5 ensilaje de maíz 30% RB 20%. Se aplicó un DBCA con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para las diferencias de las medias se utilizó Tukey ($P > 0,05$). Se recolectó el material a ensilar a los 90 días de edad (Etapa Vegetativa V8). Se utilizó residuos de banano verde, polvillo de arroz, pasta de soya y sales minerales. El proceso de fermentación anaeróbica duro 30 días, las muestras secadas en una estufa con aire forzado a 65°C por 48 horas, se molió en un molino Thomas Willy con criba de 2 mm. Se desecó en estufa a 65 °C por 48 h. Para DISMS y la DISMO se utilizó bolsa de nylon en cuatro bovinos castrados y fistulados del rumen. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, con 10 g de muestra molida, con 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. La digestibilidad *in situ* de MS y MO se incrementó con el 20% de inclusión de este residuo con una degradación efectiva del 57,23 y 57,05% en una tasa de pasaje ($k = 0.02$).

Araiza *et al*, (13) en su investigación sobre la Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza el objetivo fue evaluar el efecto de la adición de manzana de desecho (ripio) y melaza en ensilados de maíz sobre las características nutricionales y de digestibilidad *in vitro* (digestibilidad verdadera *in vitro*, IVTD) e *in situ* (DISMS), de acuerdo a un arreglo de tratamientos factorial (4x3), con cuatro niveles de manzana (0, 25, 50, y 75%) y tres niveles de melaza (0, 5, y 10%). Se determinó el contenido de MS, PC, EE, FC, Cenizas, ELN, FDN, FDA y se calculó el TND, ED y EM de las mezclas. IVTD consistió en la incubación de las muestras con líquido ruminal durante 48 h, seguida del tratamiento del residuo con una solución neutro detergente. DISMS se realizó en dos vacas fistuladas con tiempos de incubación de 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 y 144 h. Los datos

obtenidos se ajustaron al modelo de Orskov & McDonald (1979) para establecer las fracciones soluble (A), insoluble (B), la tasa constante de degradación (kd), la degradabilidad potencial (DP = A+B) y efectiva (DE). Los tratamientos con 75% de manzana registraron mayores valores de IVTD (76.3%) y de los parámetros “kd” (0.055* h⁻¹), “DE” (64.9%) y “DP” (85.6%). El uso de 0, 5 y 10% de melaza aumentó la IVTD (66.7b , 70.1a , y 72.2a %), la fracción “A” (40.9b , 43.2b , 47.2a %), “DP” (81.11c , 84.00b y 85.21a %), “DE” (55.88b , 62.55a y 64.59a %), pero redujo la fracción “B” (47.25a , 41.63b y 38.76c %), respectivamente.

Rosero *et al*, (70) en su investigación sobre la Cinética de degradación ruminal del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vinaza el objetivo fue determinar el efecto de la adición de vinaza en el ensilaje de maíz sobre la cinética de degradación de la MS, PC, FDN, FDA y HEM. La inclusión de vinaza de caña en la elaboración de ensilajes de maíz disminuyó la fracción soluble y la degradabilidad efectiva de la MS, debido al bajo contenido de carbohidratos solubles presentes en estos ensilajes. La adición de vinaza de caña, en todas sus concentraciones, en el ensilaje de maíz aumentó la degradabilidad efectiva y el porcentaje de degradabilidad a través de tiempo de la proteína cruda, favoreciendo su disponibilidad para el desarrollo y crecimiento microbiano en el rumen. Se evaluaron cuatro tratamientos, un tratamiento control que consistió en el ensilaje de maíz sin la adición de vinaza (VIN0) y tres tratamientos en los cuales el maíz fue ensilado con vinaza incluida al 9% con respecto a la masa verde a ensilar en tres niveles de concentración (v/v): 10% (VIN10); 20% (VIN20) y 30% (VIN30). Cada tratamiento contó con tres repeticiones, la inclusión de vinaza de caña en la elaboración de ensilajes de maíz disminuyó la fracción soluble y la degradabilidad efectiva de la MS, debido al bajo contenido de carbohidratos solubles presentes en estos ensilajes. La adición de vinaza de caña, en todas sus concentraciones, en el ensilaje de maíz aumentó la degradabilidad efectiva y el porcentaje de degradabilidad a través de tiempo de la proteína cruda, favoreciendo su disponibilidad para el desarrollo y crecimiento microbiano en el rumen; estos ensilajes podrían ser una buena opción para la suplementación animal si se complementan con un buen aporte energético dentro de la dieta.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología en el Campus Universitario La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo con una duración de dos meses, localizada en el km 7.5 vía Quevedo-El Empalme, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos (Figura 1). La ubicación geográfica es de 10 6' 28'' de longitud Oeste, a una altura de 72 msnm, las condiciones meteorológicas y zona ecológica donde se ejecutó la investigación se exponen en la tabla 4.

Figura 1.

Mapa del campus universitario "La María" de la UTEQ.



Tabla 4.

Características meteorológicas del Campus Universitario "La María" UTEQ-Mocache.

Parámetros meteorológicos	Promedios
Temperatura (°C)	28
Humedad relativa (%)	73
Precipitación (mm anual)	3190
Heliofanía (horas/luz/año)	2461
Zona ecológica	Bosque húmedo-tropical (bh-T)
Topografía	Ligeramente ondulada

Fuente: (71)

3.2. Tipo de investigación

La unidad curricular de investigación fue de tipo experimental, la cual permitió evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de ensilaje Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) con residuo de maguey de cacao en diferentes proporciones adaptándose a la línea 2 de investigación agrícola de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral Ecuatoriano.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método de observación

Los métodos observacionales permitieron determinar las propiedades físicas y fermentativas del ensilaje como referencia frente a las cuales microorganismos no deseados pueden causar problemas de contaminación.

3.3.2. Método analítico

Se utilizó el método analítico durante la investigación para estudiar los procesos, factores y condiciones que afectan las propiedades organolépticas del ensilaje durante la fase de fermentación del ensilaje.

3.3.3. Método exploratorio

El uso de este enfoque exploratorio es muy útil para tomar muestras de ensilaje en donde se estableció y determinó las características físicas y, a través del análisis correspondiente se determinó el progreso del ensilaje.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primaria.

Mediante la observación directa en campo, nos permitió obtener información precisa sobre el problema de la investigación. Se midió el efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la materia seca, adquiriendo datos cuantitativos.

3.4.2. Fuentes secundarias

Las fuentes de información secundarias correspondieron a citas bibliográficas obtenidas a través de:

- Libros.
- Tesis.
- Documentos.
- Artículos científicos.
- Buscadores académicos.

3.5. Diseño de la investigación

La investigación se realizó con un diseño completamente al azar, el cual constó de 5 tratamientos y 4 repeticiones, las cuales se encuentran detalladas en la tabla 5.

Tabla 5.
Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamientos	t-1	4
Error experimental	t (r-1)	15
Total	t. 1-1	19

Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} = Es la observación de J-ésima unidad de estudios de i-ésimo tratamiento.

μ = Es la medida de i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Es el error experimental de la unidad ij.

3.6. Instrumentos de investigación

En la presente investigación se utilizó ensilaje de maíz INIAP 551 adquirido en la ciudad del Carmen. La edad del ensilaje fue de 90 días. El maguey de cacao utilizado fue adquirido en polvo. Del ensilaje de maíz adquirido se extrajo 25 submuestras frescas de 250 g secadas en estufa a temperatura de 65 °C, por un período de 48 horas. Posterior al secado se molieron con la ayuda de un molino de laboratorio Thomas Arthur provisto de una criba de 2.0 mm. Después, las muestras se colocaron en fundas de papel cerradas con grapas para su almacenamiento y su posterior utilización en el establecimiento de los cinco tratamientos.

El contenido de los tratamientos fueron T1 (100% de Ensilaje de maíz forrajero), T2 (90% de ensilaje de maíz forrajero + 10% de polvo de maguey de cacao), T3 (80% ensilaje de maíz forrajero + 20% polvo de maguey de cacao), T4 (70% de ensilaje de maíz forrajero + 30% de polvo de maguey de cacao) y T5 (60% de ensilaje de maíz forrajero + 40% de polvo de maguey de cacao). La materia seca total se determinó por el método AOAC (72), se utilizaron 10 crisoles, 2 por cada tratamiento, añadiendo la cantidad de 0.3050 gramos.

Estas muestras fueron utilizadas para obtener la degradabilidad *in vitro* previo al proceso de roturación de las bolsitas filtro F57 ANKOM[®], enumerándolas del 1 al 140 (1 bolsita x tratamiento x tiempo=1x5x7x4 pomos) secadas en la estufa a una temperatura de 65°C por 48 horas para eliminar la humedad ambiental, luego de este tiempo se dejó reposar y enfriar en el desecador por 20 minutos. Se añadió a las funditas filtro F57 ANKOM[®] 0.3000 a 0.3050 g de las muestras. Ç

3.6.1. Procedimiento para la degradabilidad *in vitro*

Se utilizó líquido ruminal de 4 animales Brahman con un peso vivo de 500 ± 25 kg que fueron castrados y fistulados en el rumen. El fluido ruminal se extrae con un sistema de succión al vacío y se conserva en termos aclimatados con agua a 40 °C. Las soluciones A y B se preparan de antemano. Se utilizó una proporción (3:2) de solución buffer: líquido ruminal. Antes de la incubación, se enciende el sistema ANKOM DAISY II para mantener la temperatura deseada de 40°C ± 0,5. La temperatura y las condiciones simulan el estado del rumen *in vivo*. Para mantener las condiciones anaeróbicas, la mezcla se mantuvo en presencia de CO₂ para evitar la pérdida de microorganismos anaeróbicos.

Para las pruebas de digestibilidad *in vitro*, se colocaron de 0,3000 a 0,3050 g de muestras molidas de 2 mm dentro de una bolsa ANKOM F-57 con un tamaño de poro de 25 micras y dimensiones de 5 x 4 cm de poliéster/polietileno. A partir de las 96 h, incube el material a la inversa a las 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Para cada tratamiento se prepararon cinco muestras. Finalmente, las muestras fueron extraídas, enjuagadas con agua corriente y secadas en estufa Memmert a 65 °C por 48 horas, las cuales sirvieron para calcular la degradabilidad *in vitro* (DIV) de MS, respectivamente.

3.6.2. Metodología para los análisis de las variables

3.6.2.1. Contenido de la Materia seca (MS)

Para la obtención de la materia seca se procedió al secado de cada subproducto antes y después de la incubación, donde se utilizaron muestras a la estufa de aire forzado con una temperatura de 65°C por 48 horas.

Para determinar el porcentaje de MS se usó la siguiente formula:

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

Donde:

MS (%): Porcentaje de Materia Seca.

M. Inicial: Muestra inicial antes del secado.

M. Final: Muestra final posterior al secado

3.6.3. Degradación ruminal

Se determinó la degradación ruminal de la materia seca (DIVMS), de acuerdo con lo planteado por (66) de la materia orgánica (DIVMO) a cada tratamiento en los 7 tiempos de incubación, con la siguiente fórmula:

$$DIS MS; MO; MI (\%) = \frac{M_{pre} - M_{post}}{M_{pre}} * 100$$

Donde:

DIV% MS; MO; MI: Porcentaje de degradación in situ de la MS, MO.

Mpre: Materia pre-incubada

Mpost: Materia post-incubada

3.6.4. Cinética de la degradabilidad ruminal

Se empleó la función Solver de Microsoft Excel de acuerdo con lo descrito por (73) con base a la ecuación, Orozco y McDonald citado por los mismos autores.

Dónde:

P: Por ciento de degradabilidad a tiempo t.

A: Fracción soluble que se obtiene por lavado de las bolsas a la hora cero.

B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable.

c: Tasa de degradación de B.

t: Tiempo de incubación.

A + B: Degradabilidad potencial de la muestra para t igual a 72 horas.

3.7. Tratamientos de los datos

Se evaluaron las siguientes variables de los subproductos (Tabla 6) antes y posterior a la degradabilidad ruminal.

Tabla 6.

Tratamientos de los datos.

Tratamiento	Descripción
T1 Ensilaje de maíz forrajero 100%	MF 100%
T2 Ensilaje de maíz forrajero 90% + 10 % residuo maguey de cacao	MF 90% + 10% MC
T3 Ensilaje maíz forrajero 80% + 20 % residuo maguey de cacao	MF 80% + 20% MC
T4 Ensilaje maíz forrajero 70% + 30 % residuo maguey de cacao	MF 70% + 30% MC
T5 Ensilaje maíz forrajero 60% + 40 % residuo maguey de cacao	MF 60% + 40% MC

3.8. Recursos Humanos y materiales

Las personas que contribuyeron con la realización del presente proyecto de investigación:

- Director del proyecto de investigación Dr. Ítalo Espinoza.
- Estudiante y autor del proyecto de investigación. Kevin Ariel Macias Palma.

3.8.1. *Materiales y reactivos*

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales y reactivos.

Material de campo

- Ensilaje de maíz forrajero
- Residuos de maguey de cacao
- Bovinos canulados
- Balanza (Ohaus Scale Corporation Unión, New Jersey, USA)
- Machete
- Libreta de campo
- Picadora de pasto (Modelo JF 50, Brasil)
- Marcadores
- Botas
- Guantes

Material de laboratorio

- Muestras
- Estufa
- Crisoles
- Mufla
- Desecador
- Bolsas de Nylon
- Balanza analítica (Ohaus Adventures Pro Av264. Ohaus Corporation, Pines Brook, New Jersey, USA)
- Reactivos
- Fundas de papel
- Marcadores
- Grapadora
- Grapas

Reactivos

- Hidróxido de sodio.
- Ácido sulfúrico.
- Fosfato de sodio, di básico anhídrido.
- Bicarbonato de sodio.
- Cloruro de sodio.
- Cloruro de potasio.
- Cloruro de calcio.
- Cloruro de magnesio 900 mg

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

Los resultados obtenidos en la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del ensilaje de maíz forrajero con la inclusión de polvo de maguey de cacao (Tabla 7), a las 0; 3; 6; y 12 horas existen diferencias significativas en los tratamientos ($p < 0.05$) mientras que a las 24, 48 y 72 horas no existen diferencias significativas en los tratamientos ($p > 0.05$). Los resultados también indican que la degradación fue mayor al incluir en el 80% del ensilaje de maíz el 20% de polvo de maguey de cacao obteniendo un porcentaje de 62,87% a las 72 horas de incubación ruminal.

Cabe señalar que los resultados de la degradabilidad *in vitro* de la MS del ensilaje de maíz forrajero con niveles de inclusión de polvo de maguey de cacao son superiores a los obtenido por Pérez (62) en donde reporta que a las 48 y 72 horas de incubación con el 40% de inclusión de cascara de maracuyá, mientras que Viera *et al* (74) a las 48 y 72 horas encontraron mayor degradabilidad al incluir el 80% de cascara de maracuyá, sin embargo Junior *et al* (75) encontró el 62,11% de degradabilidad al incluir el mismo subproducto. No obstante, Palomino (67) encontró mayor degradabilidad a las 48 y 72 horas al incluir pelusa de maíz. Otros autores como Fuentes *et al* (76) determinaron mediante la digestibilidad *in vitro* de la MS del rastrojo de maíz resultados superiores obteniendo 64,67% a las 72 horas, mientras que Martínez *et al* (77) en su estudio de la degradabilidad de la panca de maíz con urea y sin urea obtuvieron contenidos de 60,82% hasta 65,82% en las 72 horas de la incubación ruminal.

En este sentido, la placenta de cacao puede considerarse como un subproducto nutricional interesante para rumiantes, contiene proteínas, fibra y otros nutrientes que pueden ser aprovechados de manera adecuada en la alimentación diaria. El maguey de cacao considerado como placenta de cacao deshidratado aporta con más del 90% de materia seca (MS). Sin embargo, es importante destacar que la placenta de cacao debe ser procesada y deshidratada correctamente para garantizar su seguridad y evitar la presencia de posibles contaminantes (78).

Tabla 7.

Degradación in vitro de la Materia Seca (%) del Ensilaje de Maíz Forrajero con niveles de inclusión de polvo de maguey de cacao a diferentes tiempos de incubación ruminal.

Horas de incubación	T1 (100% de EMF)	T2 (90% de EMF + 10% de PMC)	T3 (80% de EMF + 20% de PMC)	T4 (70% de EMF + 30% de PMC)	T5 (60% de EMF + 40% de PMC)	EEM	CV. (%)	P<
0	22,40 a	26,94 ab	27,70 b	27,32 b	24,49 ab	1,08	8,37	0,0150
3	22,86 a	25,74 ab	26,93 b	28,66 b	27,91 b	0,783	6,28	0,0016
6	26,16 a	26,89 ab	30,31 ab	30,65 b	30,77 b	1,02	7,02	0,0102
12	31,86 a	34,82 ab	37,25 b	36,25 b	36,56 b	0,76	4,27	0,0011
24	46,30 a	45,90 a	49,41 a	47,65 a	45,64 a	0,92	3,91	0,0588
48	54,26 a	57,09 a	56,61 a	56,67 a	55,68 a	0,80	2,85	0,1437
72	57,62 a	61,83 a	62,87 a	62,06 a	59,98 a	2,23	7,34	0,4956

P<: Probabilidad; ^{ab} Promedios en cada fila con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p > 0.05$). EMF: Ensilaje de Maíz Forrajero. PMC: Polvo de Maguey de Cacao. EEM: Error estándar de la media.

4.2. Cinética ruminal *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

En los resultados obtenidos en base a la cinética de degradación se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la fracción soluble (A) el cual puede estar relacionado con la inclusión de los niveles de polvo de maguey de cacao, el mayor porcentaje se obtuvo del tratamiento T5 con 25,76%, mientras, el promedio más bajo se obtuvo del T1 con 19,87%. La fracción soluble (B) no arrojó diferencias significativas ($p > 0.05$) en donde el T5 con 51,80% presentó mayor degradabilidad. La constante o tasa de degradación (c) se expresa en %hora y no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$), sin embargo, el ensilaje con 40% de inclusión de polvo de maguey de cacao (T5) fue de mayor degradación (37,35%).

La suma de las fracciones A y B la cual es considerada como la degradabilidad potencial (A+B), se relaciona con el nivel de inclusión del polvo de maguey de cacao siendo este no significativo ($p > 0.05$) mostrando el T5 76,98%; en cuanto a la tasa de degradación y tasa de pasaje las cuales expresan el tránsito de degradabilidad efectiva obtuvieron diferencias significativas en las k 0,05 y 0,08 ($p < 0.05$) en donde en las k 0,02; 0,05 y 0,08 se obtuvieron 51,14; 40,97 y 36,63%, respectivamente.

Guimarães *et al.* (87) menciona la importancia de la correcta estimación de los parámetros de cinética ruminal en base a la valoración nutritiva de los alimentos en los

rumiantes. Mientras Espinoza *et al* (88) en el estudio de degradabilidad y cinética ruminal de tres residuos de variedades de maracuyá obtuvo tratamientos con valores significativos siendo estos inferiores a los obtenidos en esta investigación en donde en la fracción soluble (A) obtuvo 10,09%, en la fracción (B) con 57,27% mientras, la tasa de velocidad de la degradación ruminal (c) obtuvo un rápido tránsito con valores similares a 0,50 en todos los tratamientos, en el potencial de degradación ruminal (A+B) obtuvo 62,01 y en la k 0,02; 0,05 y 0,08 aportó con 46,03; 33,88 y 27,47 respectivamente.

Sin embargo, Mejía (68) en la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del ensilaje de maíz y cascara de plátano verde los valores obtenidos fueron superiores en donde la fracción soluble (A) obtuvo 34,10%, la fracción soluble (B) 34,97%, en la tasa de velocidad de degradación (c) se obtuvo 0,05, en el potencial de degradación ruminal (A+B) obtuvo 67,31% y en la (k 0,02; 0,05 y 0,08) 57,18; 49,88 y 46,01 respectivamente. A su vez Espinoza *et al* (89) en la cinética de la degradabilidad *in vitro* del ensilado de pasto elefante y cascara de maracuyá obtuvo valores inferiores en la fracción soluble (A) con 12,29%, en la fracción soluble (B) obtuvo 80,4%, en la tasa de velocidad de degradación (c) se obtuvo 0,02, en el potencial de degradación ruminal (A+B) obtuvo 92,07%, y en la (k 0,02; 0,05 y 0,08) 37,47; 27,17 y 20,47% respectivamente.

Tabla 8.

Cinética de degradación in vitro de la materia seca de ensilaje de maíz forrajero con diferentes niveles de inclusión de polvo de maguey de cacao.

	T1 (100% de EMF)	T2 (90% de EMF + 10% de PMC)	T3 (80% EMF + 20% PMC)	T4 (70% de EMF + 30% de PMC)	T5 (60% EMF + 40% de PMC)	EEM	CV. (%)	P<
A	19,87 b	23,66 a	24,21 a	25,18 a	25,76 a	0,72	6,03	0,0003
B	40,97 a	42,79 a	44, 31 a	48,40 a	51,80a	6,66	29,19	0,7815
c	23,02 a	27,94 a	29,94 a	34,82 a	37,35 a	6,87	44,88	0,6170
A+B	62,66 a	65,19 a	70,06 a	72,06 a	76,98 a	6,87	19,8	0,6170
k 0.02	46,54 b	48,79 ab	49,58 ab	50,32 ab	51,14 a	1,04	4,21	0,0594
k 0.05	37,00 a	39,01 b	39,69 bc	40,61 bc	40,97 c	0,44	2,24	0,0001
k 0.08	32,51 ac	34,57 b	35,53 ab	36,43 ab	36,63 a	0,45	2,56	0,0001

A: Degradación de la fracción soluble. B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable. c: Tasa de degradación en % por hora. A+B: Potencial de degradación ruminal. DE: Degradación efectiva. k: tasa de pasaje al 0.02. 0.05 y 0.08%. P<: Probabilidad; ab Promedios en cada fila con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey p>0.05). EMF: Ensilaje de Maíz Forrajero. PMC: Polvo de Maguey de Cacao. EEM: Error estándar de la media.

4.3. Disponibilidad de contenido nutricional del Maguey de cacao deshidratado

Se realizó el análisis proximal del residuo de maguey de cacao deshidratado, pues, más conocido como placenta de cacao, especialmente por su contenido nutricional (Tabla 9), necesario para determinar la cantidad adecuada a incluir en la ración de los rumiantes y a ajustar el resto de los ingredientes de la dieta para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Según Morejón (82) en las características fisicoquímicas del maguey de cacao deshidratado obtuvo valores similares a este estudio, humedad 12,12%, materia seca 87,88%, y superiores en proteína 9,91%, fibra 23,13%, grasa 8,90% y energía 2889 Kcal. Por otra parte Jiménez y Bonilla (35) obtuvieron resultados inferiores de 11.62% de humedad para el maguey de cacao Nacional. En los alimentos el contenido de materia seca permite extender la vida útil del producto, es decir mientras menor sea la actividad de agua disminuirá el crecimiento bacteriano Veloz (83). Quimbita *et al* (84) en la caracterización de la placenta de cacao Trinitario el maguey deshidratado osmóticamente presentó un porcentaje de cenizas de 0.36%. Jiménez y Bonilla (35) obtuvieron 8.86% de proteína. Abarca (85) en la composición proximal (%BS) de residuos de cacao en los sectores de Taura y Cone obtuvieron 36.14 y 35.66% de fibra cruda para la cáscara, 23.10 y 23.19%

Tabla 9.

Composición química de maguey de cacao deshidratado

Componentes	Contenido (%)
Humedad	12,30
Materia seca	87,70
Proteína	11,20
Fibra	22,30
Grasa	6,20
Energía (Kcal/kg)	2800

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los parámetros de degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de maíz forrajero y maguey de cacao en diferentes proporciones es una alternativa viable si se utiliza al 20% encontrando un incremento de este indicador con respecto al nivel del maguey de cacao.
- La digestibilidad *in vitro* de MS del ensilaje de maíz forrajero y maguey de cacao en diferentes proporciones se incrementó con el 40% de inclusión de maguey de cacao obteniendo una degradación efectiva de 51,14% con una tasa de pasaje k 0,02 para MS.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar trabajos de investigación con mayores intervalos de conservación, determinar las características fermentativas como el pH y temperatura.
- Se recomienda evaluar los niveles de inclusión de maguey de cacao en el ensilaje con otros pastos formulando raciones alimenticias ya que estos subproductos presentan digestibilidad y disponibilidad para las bacterias ruminales.
- Se recomienda realizar pruebas de campo con animales mayores de producción incrementando los tiempos de incubación.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias Bibliográficas

1. Vanegas , Codero O. Ensilaje como una fuente alterna de alimentacion del ganado bovino en la produccion lechera. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal. 2019; 3(2): p. 129-162.
2. Pallarez M. Alternativas modernas y tradicionales para la alimentación del ganado. Bogota ;; 2016.
3. Vargas Y, Perez L. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2018; 14(1): p. 59-72.
4. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Alternativas para enfrentar una sequia prolongada en la Ganaderia Colombiana. Bogotá;; 2012.
5. CINA. Ensilado: una alternativa para la alimentación de ganado en épocas críticas. Revista de Ciencia y Tecnología. 2017; 3(1): p. 1-6.
6. Tecnologia Agricola. Que es el ensilaje y cual es el proceso de elaboracion. Guanajuato;; 2020.
7. Albán G, Caviedes G, Zambrano J. Memorias del I Simposio Ecuatoriano del Maíz: USFQ PRESS; 2021.
8. Chávez A, Guillen W, Escoba F. Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz.: Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2022.
9. DACSA. Beneficios del maíz para la alimentación animal. Valencia;; 2019.
10. Abad A, Acuña , Naranjo E. El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. Revista Internacional de Administracion: Estudios de la Gestión. 2020; 3(7): p. 59-83.
11. Agrocalidad. Boletin informativo. Informe tecnico de exportacion de cacao. Quito;; 2021.

12. Agrosavia. Subproductos del cacao con potencial para la alimentación animal. Barcelona;; 2021.
13. Araiza E, Delgado E, Carrete F, Medrano H, Medrano A, Murillo M, et al. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad n vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. Revista de Avances en Investigacion Agropecuaria. 2013; 17(2): p. 79-96.
14. Ramírez R. Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos. Revista de las Sedes Regionales. 2013; 3(2): p. 128-153.
15. Gómez J, Yepes S, Barahona R. Caracterización nutricional del residuo del cultivo de la seta *Agaricus bisporus* como alimento potencial para bovinos. Revista de Med. Vet. Zootec. 2013; 8(1): p. 37-59.
16. Vásquez M. Escasez del forraje. Buenos Aires;; 2010.
17. Espinoza I, Medina M, Barrera A, Ronald V, Montenegro L. Efecto de inclusión de cáscara de plátano en la degradabilidad in situ de ensilaje de maíz forrajero. Revista Ingeniería e Innovación. 2020; 8(1).
18. Contreras J, Pariona , Cordero A, Jurado M, Huamán R. Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2019; 30(4): p. 1-8.
19. Flippi. Ensilaje: su importancia y cómo prepararlo. Revista de Genética Bovina. 2018; 4(1): p. 18-22.
20. Perez K. Industrializacion del maguey o venas del cacao para la elaboracion de mermelada mediate diferentes porcentajes de azucar y pectina. Santo Domingo;; 2010.
21. Rezende J. Aproveitamiento tecnológico de resíduos de acerola: farinhas e barras de cereais. ; 2013.
22. Jimenez H. Conozca el valor nutricional de algunos subproductos agroindustriales. Bogota;; 2016.

23. Ferrari C, Alarcón A. Ensilaje. Centro Regional. Chaco;; 2016.
24. Escudero E. Así son las fibras solubles, insolubles y resistentes. California;; 2020.
25. Etecé. Definicion y características del oxígeno. Texas;; 2020.
26. Mayoral S, Reyes D. ¿Qué son los microorganismos? Bogotá;; 2018.
27. Barros M, Silva J. Fermentación ruminal in vitro y cinética de degradación ruminal in situ de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*). Ambato;; 2017.
28. Definición xyz. Concepto de Cinética. Caracas;; 2017.
29. Instituto Nacional Tecnológico. Manual del protagonista: Pastos y forraje: JICA; 2016.
30. Ministerio de Agricultura y Riego. Situación actual de las actividades de crianza y producción. Lima;; 2019.
31. Fassio A, Ibañez W, Fernández E, Cozzolino D, Pérez O, Restaino E, et al. El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. ; 2018.
32. Elizondo J. Calidad nutricional y consumo de forraje de maíz (*Zea mays*) y forraje de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. Revista de Nutrición Animal Tropical. 2015; 9(2): p. 11-26.
33. Badillo A. Evaluación del aporte de gallinaza fresca. Loja;; 2016.
34. Guardia M, Palacios I, Medina H. Composición química del grano de maíz (*Zea mays*). Chocó;; 2016.
35. Jiménez F, Bonilla M. Aprovechamiento de mucílago y maguey de cacao (*Theobroma cacao*) fino de aroma para la elaboración de mermelada. Guayaquil;; 2012.

36. Schumann K. Sterculiaceae. Martius Flora brasiliensis. 1886; 12(3): p. 2-114.
37. Cuatrecasas J. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contr. U. S. Natl. Herb.. 1964; 35(6): p. 379-607.
38. Dostert N, Roque J, Cano A, Torre M, Weigend M. Hoja botánica: Cacao: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.; 2011.
39. Cerisuelo A. Subproductos del cacao: potencial recurso en la alimentación del ganado. Barcelona;; 2021.
40. Abarca D, Martínez R, Muñoz J, Torres M, Vargas G. Residuos de café, Cacao y Clododio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. Rev Tecnológica ESPOL -RTE. 2010; 23(2): p. 63-69.
41. Baena L, Garcia N. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de la industria chocolatera colombiana. Pereira;; 2012.
42. Cornext. ¿Qué es el ensilaje? Cundinamarca;; 2010.
43. Campos J, Campos G. Sistema Unificado de Información Institucional: Aspectos Básicos del Ensilaje. San José;; 2017.
44. Coan R, Reis R, Garcia G, Schocken R, Ferreira D, Resende F, et al. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. Rev. Bras. Zootec.. 2017; 36(1): p. 1502-1511.
45. Tavares V, Pinto J, Evangelista A, Figueiredo H, Ávila C. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010; 38(1): p. 40-49.
46. Singh R. Procedimiento para la realizacion del ensilaje y medidas preventivas para el control del deterioro del ensilaje. Cajamarca;; 2020.
47. Packer. Fases de la fermentación del ensilado. New York;; 2016.

48. Trujillo G. Guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales para la alimentación de bovinos. Huila;; 2010.
49. Gallardo M. Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los forrajes conservados. Rafaela-Santa Fe,;; 2013.
50. Gualoto A. Evaluacion del contenido nutricional del ensilaje de maiz en forma de microsilos inoculado con bacterias acido lacticas. Tesis de grado. Quito;; 2013.
51. Garcia G. Ensilado de forrajes. Publicaciones de extensión Agraria. 2012;; p. 5-47.
52. Gregorini. uso de silaje de maíz de diferente tamaño de picado como base de dietas de vacas lecheras en lactancia media. Balcarse;; 2012.
53. Herrera J. La avena cultivo, ensilado y aprovechamiento. Durango;; 2013.
54. INTA. últimos avances en el Proceso de Ensilado. Mexicali;; 2011.
55. Campos J. Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz. Revista Agronómica. 2010; 2(2): p. 133-146.
56. Checa J. Los Procesos de fermentación dentro del Silo. Revista de Pastos y Forrajes. 2010; 4(12): p. 15-21.
57. Aba M. Características de un buen silo de maíz. Buenos Aires;; 2019.
58. Martz F, Meinershagen F, Sewell H. Ensilaje de Maíz. Missouri;; 2012.
59. Lallemand. Ensilado de maíz. New Jersey;; 2019.
60. Perez K, Botello A, Mauro A, Rivera F, Viana M, Cuello M. Composición Química de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) cosechada con harinas vegetales como alimento para animales.. Revista de Ciencia y Agricultura. 2019; 16(2).
61. Caicedo W, Moya C, Tapuy A, Caicedo M, Perez M. Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en

- estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2019; 30(2).
62. Perez C. Degradabilidad ruminal in vitro de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusion de cascara de maracuya (*Passiflora edulis* Sims.). Quevedo; 2015.
63. Posada S, Noguera R. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 2014; 17(36).
64. Arce C, Arbaiza T, Carcelén F, Lucas O. Estudio Comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 2013; 14(1): p. 7-12.
65. Barchiesi C, Alomar D, Miranda H. Pepsin-Cellulase digestibility of pasture silages: Effects of pasture type, maturity stage, and variations in the enzymatic method. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2011; 71(2): p. 249-257.
66. ANKOM Technology. ANKOM Technology, Macedon, NY. New York; 2018.
67. Palomino A. Degradabilidad y cinética ruminal in vitro de residuos de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cascara, pelusa, tusa y panca) utilizadas en la alimentación de rumiantes. Quevedo; 2020.
68. Mejía J. Degradabilidad y Cinética Ruminal in situ de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base. Quevedo; 2022.
69. Jimenez K. Degradabilidad y cinética ruminal in situ de una mezcla de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays*) y residuos de banano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base. Quevedo; 2022.
70. Rosero R, Rendon , Posada S. Cinética de degradación ruminal del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vinaza. *Revista de Ciencias Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 2013; 8(2): p. 42-51.

71. INAMHI. Condiciones meteorológicas. Ecuador. Quito; 2020.
72. AOAC. Official methods of analysis, 17th ed.: Chemists, Gaithersburg, MD.; 2000.
73. Peña M. Composición química y degradabilidad in situ de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género *Pleurotus*. Quevedo; 2012.
74. Viera C, Vasquez H, Silva J. Composição Químico-Bromatológica e Degradabilidade In Situ da Matéria Seca, Proteína Bruta e Fibra em Detergente Neutro da Casca do Fruto de Três Variedades de Maracujá (*Passiflora* spp). Rev. bras. zootec. 1999 Marzo; 25(5).
75. Júnior J, Costa J, Neiva J, Rodríguez N. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos doprocessamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. Revista Ciência Agronômica. 2006 Septiembre ; 37(1).
76. Fuentes J, Magaña C, Suárez L, Peña R, Rodríguez S, Ortiz B. Análisis químico y digestibilidad in vitro de rastrojo de maíz. Agronomía Mesoamericana. 2001; 12(2).
77. Martínez G, Ortega M, Landois L, Pineda A, Pérez J. Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2012; 3(6): p. 1157-1170.
78. Godoy D, Daza La Plata R, Fernández C, Layza M, Roque A, Hidalgo L, et al. Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Peru. Cienc. Tecnol. Agropecuaria. 2020; 21(2): p. e1374.
79. Guimarães J, Gonçalves L, Maurício R, Pereira L, Tomich T, Pires D. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. Arq. Bras. Med. Ve Zootec. 2008; 60(5): p. 1174-1180.
80. Espinoza I, Barrera A, Montenegro , Sánchez , Alvarez G, Romero D. Degradabilidad y cinética ruminal in situ de tres residuos de variedades de

- maracuya *Passiflora edulis*). Revista de Investigación Talentos. 2021 Diciembre; 8(2).
81. Espinoza I, Barrera A, Montenegro L, Sánchez A, Romero D, Alvarez. Composición química Y Cinética De Degradación Ruminal Del Ensilado De Pasto Elefante Con inclusión De Cáscara De Maracuyá. Revista Científica Facultad de Ingeniería e Innovación. 2022; 10(1).
 82. Morejón R. Valor nutricional del maguey deshidratado de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional para la elaboración de barras nutricionales de uso alimentario. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo ; 2016.
 83. Veloz A. Utilización de cáscara de chontaduro (*Bactris gasipaes*) fermentada en estado sólido para la elaboración de barras energéticas. Puyo: Universidad Estatal Amazónica; 2015.
 84. Quimbita F, Rodríguez P, Vera E. Uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos. Rev. Tecnológica ESPOL. 2013 Diciembre; 26(1): p. 8-15.
 85. Abarca D. Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Complejo nacional por trinitario. Loja : Universidad Técnica Particular de Loja; 2010.
 86. Sánchez L, Torres N, Espinoza G, Montenegro V, Barba C, García M. Valoración nutricional in situ de dietas con harina de maracuyá (*Passiflora edulis*) en sustitución del maíz (*Zea mays*). Rev Inv Vet Perú. 2019; 30(1): p. 149-157.
 87. Caraballo A, Betacourt M, Florio J. Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Revista Ciencias. 2007; 15(1): p. 35-46.
 88. Torres G, Arbaiza T, Carcelén F, Lucas O. Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. Rev Inv Vet Perú. 2009; 73: p. 578-582.

89. Navarro C, Díaz J, Roa M, Cuellar E. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. Rev Sist Prod Agroecol. 2011; 2(2): p. 2-24.
90. Chacha O. Degradabilidad ruminal in situ del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) con la inclusión de subproductos de piña (*Ananas comosus* L.) y emoliente de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.). Quevedo : Universidad Tecnica Estatal de Quevedo ; 2016.
91. Gómez J, Filho S, Detmann E, Pina D, Pereira L, Oliveira K. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. RCA. 2011; 40(2).
92. Medina M. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Santo Domingo: Universidad Tecnológica Equinoccial; 2015.
93. Acaro E. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq) con la inclusión de cuatro subproductos agroindustriales. Quevedo : Universidad Tecnica Estatal de Quevedo ; 2016.
94. Varas D. Composición química y degradabilidad ruminal in situ de subproductos de piña (*Ananas comosus* L.) y palma aceitera (*Elaeis sinensis* Jacq.). Quevedo : Universidad Tecnica Estatal de Quevedo ; 2015.

CAPITULO VII

ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. Análisis de varianza de las variables

Anexo 1.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 0 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	81,83	4	20,46	4,40	0,0150
Error experimental	69,79	15	4,65		
Total	151,62	19			

Anexo 2.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 3 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	82,51	4	20,63	7,50	0,0016
Error experimental	41,25	15	2,75		
Total	123,76	19			

Anexo 3.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 6 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	80,42	4	20,11	4,87	0,0102
Error experimental	61,94	15	4,13		
Total	107,66	19			

Anexo 4.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 12 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	73,44	4	18,36	8,05	0,0011
Error experimental	34,21	15	2,28		
Total	107,66	19			

Anexo 5.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 24 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	39,02	4	9,76	2,89	0,0588
Error experimental	50,65	15	3,38		
Total	89,67	19			

Anexo 6.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 48 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	20,59	4	5,15	2,02	0,1437
Error experimental	38,29	15	2,55		
Total	58,88	19			

Anexo 7.

Análisis de varianza de la DVIMS a las 72 horas.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	70,78	4	17,70	0,89	0,4956
Error experimental	299,43	15	19,96		
Total	370,21	19			

Anexo 8.

Análisis de varianza de la fracción A de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	85,58	4	21,40	10,43	0,0003
Error experimental	30,77	15	2,05		
Total	116,35	19			

Anexo 9.

Análisis de varianza de la fracción B de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	308,76	4	77,19	0,43	0,7815
Error experimental	2662,99	15	177,53		
Total	2971,75	19			

Anexo 10.

Análisis de varianza de la fracción c de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	2,904	4	7,205	0,83	0,5280
Error experimental	1,303	15	7,705		
Total	1,603	19			

Anexo 11.

Análisis de varianza de la fracción A + B de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	512,83	4	128,21	0,68	0,6170
Error experimental	1831,59	15	188,77		
Total	3344,41	19			

Anexo 12.

Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 2% tasa de pasaje de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	49,54	4	12,38	2,88	0,0594
Error experimental	64,56	15	4,30		
Total	114,10	19			

Anexo 13.

Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 5% tasa de pasaje de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	39,69	4	9,92	12,67	0,0001
Error experimental	11,75	15	0,78		
Total	51,43	19			

Anexo 14.

Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 8% tasa de pasaje de materia seca.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de la media	F-Valor	P>valor
Tratamiento	45,17	4	11,29	13,94	0,0001
Error experimental	12,15	15	0,81		
Total	57,32	19			

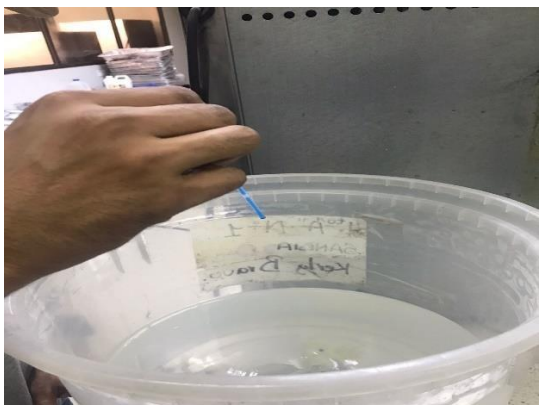
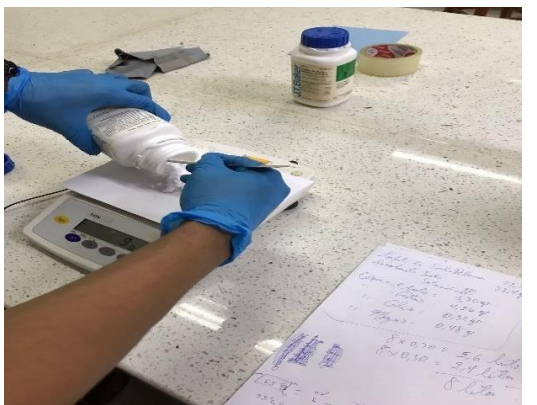
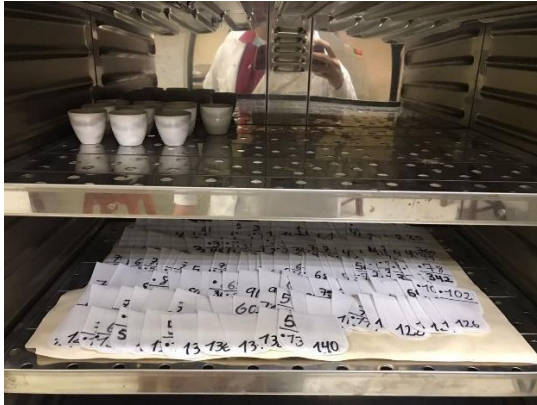
7.2. Imágenes de la investigación

Anexo 15. Productos.



Anexo 16. Preparación de materiales para la degradabilidad.







Anexo 17. Extracción del líquido ruminal y los diferentes pasos para la degradabilidad.





Anexo 18. Muestras durante y después de permanecer en las Daisy.



Anexo 19. Muestras en los crisoles y diferentes procesos para ceniza y materia orgánica.



