



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de integración curricular
Previo a la obtención del Título
de Ingeniera Agropecuaria

Unidad de integración curricular:

“DEGRADABILIDAD RUMINAL *in vitro* DE ENSILAJE DE MAÍZ
FORRAJERO (*Zea mays* L.) CON CUATRO NIVELES DE INCLUSIÓN
DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims)”.

AUTORA:

Adriana Mercedes Quevedo Loja

AUSPICIO ACADÉMICO:

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Adriana Mercedes Quevedo Loja**, 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.



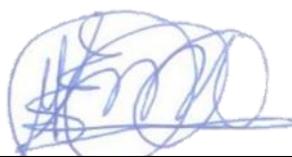
Adriana Mercedes Quevedo Loja

C.I. 120510859-9

AUTORA

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

La suscrita, **Dr. Ítalo Espinoza Guerra** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la egresada **Adriana Mercedes Quevedo Loja**, realizó la Unidad de Integración Curricular: “DEGRADABILIDAD RUMINAL *in vitro* DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.) CON CUATRO NIVELES DE INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims)” , previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Dr. Ítalo Espinoza Guerra.

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

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

Dr. Ítalo Espinoza Guerra, docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y como directora certifico que la unidad de integración curricular de la estudiante **Adriana Mercedes Quevedo Loja**, titulada: “DEGRADABILIDAD RUMINAL *in vitro* DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.) CON CUATRO NIVELES DE INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims)”, fue ingresado a la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de un % , 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.



Dr. Ítalo Espinoza Guerra.

DIRECTOR DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

“DEGRADABILIDAD RUMINAL *in vitro* DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.) CON CUATRO NIVELES DE INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims)”

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Bolívar Montenegro Vivas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Meza Bone

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gary Meza Bone

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme dirigido por sendero correcto, por permitirme culminar la Carrera con salud, sabiduría y felicidad. A mi madre Patricia Loja Muñoz, a mi abuela Juana Muñoz Avilés, a mis tíos Miriam Onofre Muñoz y Luis Ángel Loja, por ser mi ejemplo a seguir y apoyarme en todo momento, gracias a todos sus esfuerzos, amor y ayuda incondicional. Agradezco a Jaime Benítez Piguave, a quien quiero como a un padre por estar siempre a mi lado brindándome su cariño y soporte para culminar una de mis más anheladas metas.

A mi padre, Roberto Quevedo Ibarra, por todo su cariño y bondad. A mi hija Ainhoa Jalca Quevedo, por haber sido la inspiración fundamental en este logro. A mi compañero de vida Christian Jalca Zambrano, por haber compartido esta etapa profesional y estar apoyándonos en los buenos y malos momentos.

Al Dr. Ítalo Espinoza Guerra, director de este proyecto de investigación, a la Ing. Alexandra Barrera Álvarez, por la asesoría, ayuda y motivación de la misma. Agradezco a Jaime Vergara Álvarez, compañero de triunfos y fracasos en nuestra trayectoria universitaria y por la colaboración en la realización de esta investigación. A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), por ser un pilar fundamental en mi vida y haberme permitido formarme en ella.

A mis compañeros, Mirella conforme, Nathaly Alcívar, José Santana, Melanie Casanova, Mónica Castillo, Geovanny Litardo, por apoyarnos mutuamente durante la etapa de nuestra formación profesional y a Carolina Méndez por la colaboración en la etapa de realización de laboratorio.

Finalmente agradezco a cada uno de mis maestros, por formar parte de nuestra preparación académica.

DEDICATORIA

A **Dios**, por todas las bendiciones recibidas por ser mi luz y guiarme por el camino correcto ya que, gracias a él, he logrado concluir mi carrera profesional.

A mi madre Patricia Loja, ya que con sus esfuerzos, valores, paciencia y amor junto con mi abuela Juana Muñoz y mi tía Miriam Onofre, me han inculcado y educado y me han forjado como la persona que soy en la actualidad, y si no las tuviera en mi vida esta meta no fuera posible, porque su motivación constante hace que yo pueda alcanzar todos mis anhelos.

A mi hermosa hija, que es mi orgullo e inspiración, su afecto y amor me llenan de mi felicidad y fuerzas para seguir adelante y no flaquear para que la vida nos depare un mejor destino.

A mi compañero de vida, por siempre brindarme su apoyo incondicional, estar constantemente a mi lado para alcanzar cada una de mis metas.

A mis familiares, amigos, compañeros y profesores que sin brindar nada a cambio compartieron alegrías, tristezas y conocimiento durante este tiempo para que este sueño se haga realidad.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” del campus “La María”, perteneciente a la UTEQ. El objetivo fue evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Para conocer la degradabilidad *in vitro* de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero los siguientes tratamientos: T1: MF 100 %; T2: MF 75 % + CM 25%; T3: MF 50 % + CM 50 %; T4: MF 25 % + CM 75 % Y T5: CM 100 %. Los ensilajes se realizaron en silos experimentales PVC fermentados por 35 días y la degradabilidad con el sistema de incubación *in vitro* DAISY II ® con periodos de incubación de 0; 3; 6; 12, 24; 48 y 72 horas. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con 5 repeticiones. La fracción soluble (A) potencialmente degradable fue superior ($p < 0.05$) en el nivel de inclusión de 100 % (16, 70 %). La tasa de degradación de la fracción (B) con un promedio de 42.55 % y (C) con un promedio de 1.8% fue similar en todos los tratamientos. La degradabilidad efectiva fue baja en todos los niveles y tasas de pesaje, que se explica por la reducida degradación (DIVMS) y baja velocidad de degradación (C). por lo tanto, La cáscara de maracuyá obtuvo la mayor degradabilidad efectiva (45,75; 38.11 y 34.77 %) en la desaparición del alimento en el rumen, con velocidades de tránsito de 0.02/horas, 0.05/horas y 0.08/horas, proceso combinado entre las velocidades de tránsito por el retículo-rumen.

Palabras claves: Ensilaje, Tránsito, Rumen, Degradación, Velocidad.

ABSTRACT

The research work was carried out in the Rumiology and Nutritional Metabolism Laboratory "RUMEN" of the "La María" campus, belonging to the UTEQ. The objective was to evaluate the in vitro ruminal degradability of forage corn silage (*Zea mays* L.) with four inclusion levels of passion fruit peel (*Passiflora edulis* Sims). To know the in vitro degradability of the dry matter of forage corn silage the following treatments: T1: MF 100 %; T2: MF 75 % + CM 25 %; T3: MF 50 % + CM 50 %; T4: MF 25 % + CM 75 % AND T5: CM 100 %. The silages were carried out in experimental PVC silos fermented for 35 days and the degradability with the DAISY II ® in vitro incubation system with incubation periods of 0; 3; 6; 12; 24; 48 and 72 hours. A Completely Random Design was applied with 5 repetitions. The soluble fraction (A) potentially degradable was higher ($p < 0.05$) at the inclusion level of 100 % (16, 70 %). The degradation rate of fraction (B) with an average of 42.55 % and (C) with an average of 1.8% was similar in all treatments. The effective degradability was low at all levels and weighing rates, which is explained by the reduced degradation (DIVMS) and low degradation rate (C). Therefore, the passion fruit peel obtained the highest effective degradability (45.75; 38.11 and 34.77 %) in the disappearance of the food in the rumen, with transit speeds of 0.02 / hours, 0.05 / hours and 0.08 / hours, process combined between the speeds of transit through the reticulum-rumen.

Keywords: Silage, Transit, Rumen, Degradation, Speed.

TABLA DE CONTENIDO

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
CÓDIGO DUBLIN	xvi
I. INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I.....	20
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.1. Problema de investigación.	21
1.1.1. Planteamiento del problema	21
• Diagnóstico.	22
• Pronóstico.....	22
1.1.2. Formulación del problema.....	23
1.1.3. Sistematización del problema.....	23
1.2. Objetivos.	24
1.2.1. Objetivo general.	24
1.2.2. Objetivos Específicos.	24
1.3. Justificación.....	25
CAPÍTULO II	26
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.1. Marco conceptual.	27
2.2. Marco Referencial.	29
2.2.1. Generalidades de la Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims).	29
2.2.1.1. Análisis sectorial del cultivo de maracuyá en el Ecuador.	29
2.2.1.2. Industrialización del fruto de Maracuyá.....	29
2.2.1.3. Propiedades y Aplicaciones de los subproductos de maracuyá.....	30
2.2.1.4. Composición química de la Cáscara de Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims).	30
2.2.2. Generalidades del maíz forrajero (<i>Zea Mays</i> L.).....	31
2.2.2.1. Estados fenológicos del maíz (<i>Zea Mays</i> L.).....	32

2.2.2.2.	Uso del maíz forrajero en bovinos.....	32
2.2.2.3.	Recolección, tratamiento y ensilaje.....	32
2.2.2.4.	Interacción de la edad en la Producción de biomasa y composición.....	33
2.2.3.	Fundamentos del ensilaje de recursos forrajeros.	33
2.2.3.1.	El proceso del ensilaje.	34
2.2.3.2.	Microbiología del ensilaje.....	35
2.2.3.3.	Evolución de las bacterias del ensilaje.....	35
2.2.3.4.	Consideraciones prácticas para obtener un buen ensilaje.	36
2.2.3.5.	Cinética de degradación para determinación de la calidad de los alimentos para rumiantes.	37
2.2.3.6.	Degradabilidad <i>In vitro</i>	37
2.2.3.6.	Degradabilidad <i>In vitro</i> con la metodología DAISY II (ANKOM-TECHNOLOGY).....	38
2.4.	Antecedentes investigativos.	38
CAPÍTULO III.....		45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		45
3.1.	Localización.	45
3.2.	Tipo de investigación.	46
3.3.	Métodos de investigación.....	47
3.3.1.	Método de observación.....	47
3.3.2.	Método analítico.	47
3.3.3.	Método explorativo.....	47
3.4.	Fuentes de información.	47
3.4.1.	Fuentes primarias.	47
3.4.2.	Fuentes Secundarias.....	47
3.5.	Diseño de la investigación.....	48
3.5.1.	Modelo estadístico.	48
3.5.2.	Análisis estadístico.	48
3.6.	Tratamientos evaluados.....	49
3.6.1.	Variables Evaluadas.	49
3.6.2.	Degradación ruminal.	50
3.7.	Manejo específico del experimento.....	51
3.8.	Recursos humanos y materiales.	52
3.8.1.	Material Vegetativo.....	52
3.8.2.	Equipos.....	52
3.8.3.	Materiales de laboratorio.	53
3.8.4.	Materiales otros.....	53
CAPÍTULO IV.....		54

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1. Resultados y discusión.....	55
4.1.1. Degradabilidad y cinética de degradación in vitro de la materia seca.....	55
CAPÍTULO V	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1. Conclusiones.....	61
5.2. Recomendaciones.....	62
CAPÍTULO VI.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	63
CAPÍTULO VII	69
ANEXOS.....	69

INDICES DE TABLAS

Tabla 1. Características agro meteorológicas del Campus “La María” UTEQ - Mocache.	46
Tabla 2. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.....	48
Tabla 3. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.....	49
Tabla 4. Tratamientos Evaluados.	49
Tabla 5. Degradabilidad in vitro de MS de ensilaje de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims)” (g/kg MS).	56
Tabla 6. Parámetros de degradación ruminal in vitro de MS de ensilaje de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims)” (g/kg MS).....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza de la DVIMS a las 0 horas.....	70
ANEXO 2. Análisis de varianza de la DVIMS a las 3 horas.....	70
ANEXO 3. Análisis de varianza de la DVIMS a las 6 horas.....	70
ANEXO 4. Análisis de varianza de la DVIMS a las 12 horas.....	70
ANEXO 5. Análisis de varianza de la DVIMS a las 24 horas.....	70
ANEXO 6. Análisis de varianza de la DVIMS a las 48 horas.....	71
ANEXO 7. Análisis de varianza de la DVIMS a las 72 horas.....	71
ANEXO 8. Picado y pesado del material vegetativo.....	72
ANEXO 9. lavado y llenado de los silos.	73
ANEXO 10. lavado y llenado de los silos.	74
ANEXO 11. Pesado de cada tratamiento y llevado a la estufa para su respectivo secado por 48 horas a 65°C.	74
ANEXO 12. Se retiró las muestras de la estufa ya secas se las molió.....	75
ANEXO 13. Preparación de las bolsitas ANKOM-F57 para degradabilidad.	76
ANEXO 14. Elaboración de saliva artificial para la degradación.	77
ANEXO 15. Extracción de líquido ruminal.....	78
ANEXO 16. Manejo de la degradabilidad In vitro.	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Degradabilidad in vitro de la materia seca del forraje de maíz asociado con cáscara de maracuyá. T1=100% MF, T2=75%MF+25%CM. T3= 50%MF+50%CM. T4=25%MF+75%CM y T5=100%CM..... 57

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Degradabilidad ruminal <i>in vitro</i> de ensilaje de maíz forrajero (<i>zea mays</i> L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (<i>passiflora edulis</i> Sims)”				
Autor:	Adriana Mercedes Quevedo Loja				
Palabras claves:	Ensilaje	Tránsito	Rumen	Degradación	Velocidad
Fecha de publicación:					
Editorial:	UTEQ, 2020				
Resumen:	<p>El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” del campus “La María”, perteneciente a la UTEQ. El objetivo fue evaluar la degradabilidad ruminal <i>in vitro</i> de ensilaje de maíz forrajero (<i>Zea mays</i> L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims). Para conocer la degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero los siguientes tratamientos T1: MF 100 %; T2: MF 75 % + CM 25 %; T3: MF 50 % + CM 50 %; T4: MF 25 % + CM 75 % Y T5: CM 100 %. Los ensilajes se realizaron en silos experimentales PVC fermentados por 35 días y la degradabilidad con el sistema de incubación <i>in vitro</i> DAISY II® con periodos de incubación de 0; 3; 6; 12, 24; 48 y 72 horas. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con 5 repeticiones. La fracción soluble (A) potencialmente degradable fue superior ($p < 0.05$) en el nivel de inclusión de 100 % (16, 70 %). La tasa de degradación de la fracción (B) con un promedio de 42.55 % y (C) con un promedio de 1.8 % fue similar en todos los tratamientos. La degradabilidad efectiva fue baja en todos los niveles y tasas de pesaje, que se explica por la reducida degradación (DIVMS) y baja velocidad de degradación (C). por lo tanto, La cáscara de maracuyá obtuvo la mayor degradabilidad efectiva (45,75; 38.11 y 34.77 %) en la desaparición del alimento en el rumen, con velocidades de tránsito de 0.02/horas, 0.05/horas y 0.08/horas, proceso combinado entre las velocidades de tránsito por el retículo-rumen.</p>				

	Palabras claves: Ensilaje, Tránsito, Rumen, Degradación, Velocidad.
Abstract:	<p>The research work was carried out in the Rumiology and Nutritional Metabolism Laboratory "RUMEN" of the "La María" campus, belonging to the UTEQ. The objective was to evaluate the in vitro ruminal degradability of forage corn silage (<i>Zea mays</i> L.) with four inclusion levels of passion fruit peel (<i>Passiflora edulis</i> Sims). To know the in vitro degradability of the dry matter of forage corn silage the following treatments: T1: MF 100 %; T2: MF 75 % + CM 25 %; T3: MF 50 % + CM 50 %; T4: MF 25 % + CM 75 % AND T5: CM 100 %. The silages were carried out in experimental PVC silos fermented for 35 days and the degradability with the DAISY II ® in vitro incubation system with incubation periods of 0; 3; 6; 12, 24; 48 and 72 hours. A Completely Random Design was applied with 5 repetitions. The soluble fraction (A) potentially degradable was higher ($p < 0.05$) at the inclusion level of 100 % (16, 70 %). The degradation rate of fraction (B) with an average of 42.55 % and (C) with an average of 1.8 % was similar in all treatments. The effective degradability was low at all levels and weighing rates, which is explained by the reduced degradation (DIVMS) and low degradation rate (C). Therefore, the passion fruit peel obtained the highest effective degradability (45.75; 38.11 and 34.77 %) in the disappearance of the food in the rumen, with transit speeds of 0.02 / hours, 0.05 / hours and 0.08 / hours, process combined between the speeds of transit through the reticulum-rumen.</p> <p>Keywords: Silage, Transit, Rumen, Degradation, Speed.</p>
Descripción:	78 hojas; dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

I. INTRODUCCIÓN

En algunos países en vías de desarrollo el fomento de la producción animal se encuentra severamente limitada por recursos forrajeros inadecuados tanto en su disponibilidad a lo largo del año como de su manejo productivo. La escasez de alimentos, tanto en cantidad como en calidad, restringe el nivel de productividad de los animales. Una buena alternativa para alimentar el ganado en los países en desarrollo es la producción de ensilaje de buena calidad usando cultivos forrajeros (1). En el trópico la principal fuente de alimento para el ganado son las pasturas, ya sean nativas o mejoradas, en las cuales la calidad y cantidad son características necesarias para llenar los requerimientos nutricionales de los animales (2).

El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima 200 millones de toneladas de materia seca que son ensilados en el mundo anualmente, en determinados lugares del mundo, la producción de ensilaje aporta de 10 a 25% de los alimentos para rumiantes y representa el 2% de la oferta de alimentos suplementarios, como promedio mundial (3). Así, Ecuador es el proveedor mundial más importante de concentrado de maracuyá o fruta de la pasión. Además, su sabor singular y aromático es reconocido a nivel internacional gracias al clima tropical que favorece la cosecha de la fruta durante todo el año (4). En el país existen plantadas 3 888 ha de maracuyá (monocultivo 81,6% y asociado 14,4%) de las cuales el 51% se encuentra en edad productiva y con una producción total de 7 173 t respectivamente. La provincia de Los Ríos representa el 11,7% de la superficie plantada y produce el 8,7% del total nacional (5).

El maíz, junto con el arroz y la soya, es uno de los cultivos de ciclo corto de mayor importancia en el Ecuador, ya que anualmente se siembran aproximadamente 361.500 ha, que benefician a más de 150.000 productores. Entre los años 2009 y 2014, este cultivo experimentó una tasa media anual de crecimiento del 1.9% dejando de manifiesto la preferencia de los agricultores por este cultivo (6). El maíz para la producción de forraje, constituye la forma más rápida de obtener altos tonelajes de materia seca y de calidad

ideal para la alimentación de bovinos, cuando es ofrecido en forma de forraje fresco o ensilado. Por ser muy rico en sustancias azucaradas es un material que se conserva fácilmente, la disponibilidad de este material permite una mejor alimentación del ganado en los períodos secos del trópico (7).

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero (8). Por lo que se considera de gran importancia el estudio de los materiales forrajeros y residuos agroindustriales y su combinación para la alimentación de rumiantes principalmente por su adaptación (9). El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (10).

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; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento (10), en este sentido, el objetivo de este proyecto es evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El problema de producción animal en Latinoamérica, proviene de la escasez de suministro de forraje debido a la estacionalidad climatológica que presentan, en épocas lluviosas hay mayor cantidad de alimento mientras que en el periodo seco disminuye en reserva y disposición (11).

Los rumiantes en el trópico establecen su alimentación en el consumo de forrajes, por ello es necesario determinar el contenido nutricional como la digestibilidad de los alimentos, con el fin de estimar nutrientes y la cantidad asimilada por el animal, que, unido a otros factores del medio ambiente y de manejo, repercuten en que estos no reflejen totalmente su potencialidad productiva y nutritiva (12).

En ensilajes la preservación de forrajes es una técnica conocida desde hace mucho tiempo y es muy popular en diversos países, sin embargo, el uso de esta tecnología a gran escala requiere una inversión considerable en construcciones y equipos, un plan de trabajo muy estricto y bien coordinado durante las diversas fases del ensilado y un conocimiento del proceso de ensilaje más profundo que el requerido para la henificación (13).

- **Diagnóstico.**

El problema se centra en la baja disponibilidad de alimento de calidad en el trópico durante la época seca y el desconocimiento a la hora de establecer los materiales vegetativos idóneos para la alimentación bovina, lo que implica frecuentes improvisaciones para solucionar dificultades debidas a la escasez para así lograr alcanzar el rendimiento esperado en productividad. Las cáscaras de maracuyá, son residuos industriales en el proceso de trituración para la obtención de zumo de fruta, actualmente son utilizadas por los productores rurales en la suplementación de raciones para ganado y aves de corral para mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores pecuarios.

- **Pronóstico.**

Debido a los antecedentes mencionados, la calidad de los ensilajes la degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca, orgánica e inorgánica del Maíz Forrajero con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá. Se establece la siguiente interrogante:

¿Cuál será el comportamiento del Maíz Forrajero con inclusión de Cáscara de Maracuyá como tratamiento con relación de mejoras en el ensilaje como dieta para el ganado bovino conteniendo excelente calidad nutricional y una buena degradabilidad *in vitro*; siendo todos estos elementos necesarios en una dieta balanceada para los animales existiendo diversas especies adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas?

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la degradabilidad ruminal *in vitro* de materia seca y cinética del Maíz Forrajero, con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál es la degradabilidad *in vitro* de materia seca (MS) de ensilaje de Maíz Forrajero, con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá?

¿Cuál es la cinética de degradación ruminal *in vitro* de la Materia Seca (MS), de ensilaje de Maíz Forrajero, con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS de Ensilaje de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la degradabilidad *in vitro* de materia seca (MS) de Ensilaje de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).
- Establecer los parámetros de la cinética ruminal en los tiempos de incubación *in vitro* de materia seca (MS) de Ensilaje de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

1.3. Justificación.

De acuerdo con observaciones preliminares, la irregularidad de la distribución de las precipitaciones afecta la productividad de los forrajes, reduciendo significativamente el suministro de alimentación voluminosos animales durante el período de sequía; el uso de ensilaje de maíz y maracuyá cuyo valor nutritivo puede ser mejorado con aditivos y materiales que contengan carbohidratos solubles para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (14).

La composición las convierte en coadyuvantes del proceso de ensilaje, del cual permitirá el aprovechamiento de las cáscaras principalmente de carbohidratos, proteínas y pectinas, que permite el uso de las mismas para la fabricación de varios productos industriales y puede convertirse en una alternativa viable para resolver el problema de eliminación de residuos, así como incrementar su valor comercial (15).

En algunos lugares del mundo, la producción de ensilaje contribuye con 10 a 25 % de los piensos para rumiantes y representa el 2 % del suministro de alimentos adicionales, como el promedio global. Una de las interrogantes que la mayoría de los productores tienen es la edad óptima para cosechar el maíz y los materiales con mayor respuesta para ensilaje, el residuo de maracuyá modifica, los contenidos de carbohidratos del ensilado, con una reducción de aquellos menos digestibles, ocasionando un aumento de la degradabilidad efectiva de la materia seca (16).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Ensilaje

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. El oxígeno es perjudicial para el proceso porque habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO₂ y H₂O (3).

Maíz

El forraje fresco de cultivos como maíz, gramíneas, leguminosas, trigo y alfalfa, puede ser conservado por medio del ensilaje. En muchos países los forrajes ensilados son muy apreciados como alimento animal, se han convertido en una alternativa muy económica para los criaderos de ganado puro, dándoles a los animales más volumen corporal sin acumulación de grasa y con mayor aumento de peso mensual (17).

Maracuyá

Los residuos de maracuyá (*Passiflora edulis*) pueden ser utilizados para la alimentación animal dado su alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosas, pectinas, rafinosa y estafiosa) y polisacáridos no estructurales (gomas y mucilagos). Este tipo de residuos se caracterizan por su alto contenido de humedad, hecho que dificulta su almacenamiento y preservación. Una alternativa para preservar este tipo de materiales es la elaboración de ensilajes, método que permite almacenar grandes volúmenes de material a bajo costo en época de cosecha y suministrarlo de forma regular a lo largo del año (18).

Degradabilidad *in vitro*

Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos *in vivo*, *in situ*, e *in vitro*, debido a que en los estudios *in vivo*, los alimentos solo pueden ser evaluados en raciones totales y al hecho de que tales estudios requieren considerables recursos y son difíciles de estandarizar, por lo cual, las técnicas de *in situ* e

in vitro han sido de mayor importancia. Es importante tener en cuenta que las técnicas de digestibilidad in vivo por recolección total de heces (DRTH) no miden la absorción como tal, sino la desaparición o bien una retención de las fracciones del alimento que ocurre en el tracto gastrointestinal (TGI) del animal (19).

2.2. Marco Referencial.

2.2.1. Generalidades de la Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

Las Pasifloráceas son una familia muy llamativa desde varios puntos de vista, entre los que se cuentan el económico y el ornamental. Algunas especies, como *Passiflora edulis* (maracuyá), *P. Ligularis* (granadilla) y *P. Mollissima* (curuba), son de importancia económica por sus frutos comestibles. Otras son cultivadas por la vistosidad de sus flores y la curiosa forma de sus hojas, lo que ha propiciado la aparición de numerosos híbridos (20).

La producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) está extendida en los países tropicales. La extracción de la pulpa para la obtención posterior de zumo deja como residuo un 70 % del fruto (50 % en cáscaras y 20 % en semillas, aproximadamente) cuya disposición medio-17 ambiental apropiada supone un costo a las industrias. No obstante, la composición química del residuo lo hace adecuado para su uso en alimentación de rumiantes. Trabajos previos han evaluado el efecto de la inclusión del residuo de maracuyá fresco o desecado al sol en el ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sobre su composición química, características fermentativas y valor nutritivo, pero la información referida a su utilización en el ensilado de pasto Saboya es escasa (21).

2.2.1.1. Análisis sectorial del cultivo de maracuyá en el Ecuador.

Las frutas exóticas ecuatorianas han logrado un mayor espacio en el mercado internacional en los últimos años, donde las exigencias en cuanto a calidad e inocuidad son bastante estrictas. Ecuador es el proveedor mundial más importante de concentrado de maracuyá o fruta de la pasión. Además, su sabor singular y aromático es reconocido a nivel internacional gracias al clima tropical que favorece la cosecha de la fruta durante todo el año. Sin embargo, la fruta ecuatoriana por su exquisito y diferenciado sabor ha cautivado a los consumidores en países tanto asiáticos, europeos y americanos, ya sea en estado fresca o procesada (4).

Esta fruta es cultivada principalmente por pequeños productores, pues el 80 % de los casi 6 800 agricultores que se dedican a esta actividad está en ese rango. Aunque Brasil es el mayor productor de la fruta, Ecuador lidera la exportación de Latinoamérica, debido a que el ‘gigante de la región’ destina la mayor parte de su producción al consumo local. De acuerdo con los últimos datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (Magap), hasta el 2012 se contabilizaron 4 286 hectáreas de cultivo de maracuyá, o ‘passiflora edulis’, la tasa de productividad a escala nacional es de 11 toneladas por hectárea, debido a la falta de tecnificación (22).

2.2.1.2. Industrialización del fruto de Maracuyá.

En las 50 hectáreas de la empresa Ecuatropics S.A., ubicadas en Sacachún, provincia de Santa Elena, el maracuyá que se cultiva dos veces por semana nace de semillas que pasaron por proceso de selección. De ahí que la productividad que se alcanza es de 18 toneladas por hectárea. Cada semana, se cultiva 50 000 kilos de fruta. Las firmas exportadoras son las que convierten la fruta en pulpa concentrada o jugo para ser exportado, debido a que en el extranjero solo se consume la fruta de esa manera.

Se debe, a que este producto no resiste largos períodos en los traslados sin perder su frescura. Noé Intriago, presidente de la Asociación de Productores de Maracuyá y Papaya del Ecuador añade que “el sector vive inestabilidad”, por los precios. “Los pequeños productores perdemos por los intermediarios. A nosotros nos cuesta 36 centavos por kilo producir la fruta en el campo y lo que se está pagando a los productores es 30 centavos” (22).

2.2.1.3. Propiedades y Aplicaciones de los subproductos de maracuyá.

El maracuyá es fuente de proteínas, minerales, vitaminas, carbohidratos y grasa, se consume como fruta fresca, o en jugo. Se utiliza para preparar refrescos, néctares, mermeladas, helados, pudines, conservas, etc. Según el Instituto de Tecnología de

Alimentos del Brasil, el aceite que se extrae de sus semillas podría ser utilizado en la fabricación de jabones, tintas y barnices (23).

Composición general de la fruta de maracuyá es la siguiente: cáscara 50-60 %, jugo 30-40 %, semilla 10-15 %, siendo el jugo el producto de mayor importancia.

La concentración de ácido ascórbico en maracuyá varía de 17 a 35 mg/100 g de fruto para el maracuyá rojo y entre 10 y 14 mg/100 g de fruto para el maracuyá amarillo (23).

Coloración amarillo anaranjada del jugo se debe a la presencia de un pigmento llamado caroteno ofreciendo al organismo que lo ingiere una buena cantidad de vitamina A y C, además de sales minerales, como calcio, fierro y fibras. Cada 100 ml de jugo contiene un promedio de 53 cal, variando de acuerdo con la especie (23).

Otros usos alternativos se han encontrado con la extracción del aceite de las semillas, tales como, industria de alimentos, detergentes, cosméticos, suplementos vitamínicos y biodiesel, el rendimiento promedio de aceite es de 21.21 % y el contenido de este es, 15.44 % de ácido palmítico; 3.00 % de ácido esteárico; 15.47 % de ácido oleico; 63.1 % de ácido linoleico y 1.10 % de ácido linolénico (24).

2.2.2. Generalidades del maíz forrajero (*Zea Mays L.*)

El maíz forma un tallo erguido y macizo, una peculiaridad que diferencia a esta planta de casi todas las demás gramíneas, que lo tienen hueco. La altura es muy variable, y oscila entre poco más de 60 cm en ciertas variedades enanas y 6 metros o más; la medida es de 2,4 metros. Las hojas alternas son largas y estrechas. El tallo principal determina en una inflorescencia masculina; esta es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, cada una con tres anteras pequeñas que producen los granos de polen o gametos masculinos (25).

En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que tiene muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (26).

2.2.2.1. Estados fenológicos del maíz (*Zea Mays L.*).

Para la producción de forraje los estados fenológicos se ha desarrollado una descripción con una codificación estándar para las principales monocotiledóneas y dicotiledóneas; de manera versátil, se puede clasificar en etapas pre-germinativas, vegetativas (V) y reproductivas (R), de esta manera los diferentes estadios del maíz (26).

2.2.2.2. Uso del maíz forrajero en bovinos.

El maíz forrajero puede utilizarse en casi todas las categorías y por razones de rotación de cultivos, podrá usarse durante un corto período de tiempo antes de roturar el suelo para el siguiente cultivo. Al incluir entre 20 y 30 % de caña de maíz, se pueden obtener ganancias de 800 a 900 gramos por día por animal, siempre que el forraje se suministre picado.

Durante el período invernal, el forraje picado puede incluirse en niveles entre el 30 – 50 %, dependiendo de las ganancias de peso que se desee obtener, en este caso, puede incluirse en niveles de 20 – 30 % en raciones de vacas lecheras que produzcan 18 - 20 litros por día, teniendo la ventaja de aportar la fibra necesaria para el funcionamiento del rumen y materia grasa de la leche, especialmente cuando las vacas reciben cantidades altas de concentrado (27).

2.2.2.3. Recolección, tratamiento y ensilaje.

Se puede utilizar directamente con animales a pastoreo, se estima que, al pastorear un forraje de maíz con bovinos, se pierde entre un 50 y 70 %, pudiendo mantenerse 1.5 unidades animales (UA) por hectárea durante 90 - 100 días. Debido a que la fibra de la caña de maíz es muy larga, tiende a permanecer mucho tiempo en el rumen, siendo necesario picarla para mejorar la tasa de pasaje y el consumo. En el caso de forraje de maíz, el tratamiento químico con NaOH, al igual que en las pajas de cereales, ha demostrado ser efectivo, obteniéndose incrementos de 12 unidades digestibles y de 25 unidades porcentuales en el consumo (28).

2.2.2.4. Interacción de la edad en la Producción de biomasa y composición.

El maíz (*Zea mays* L.) ocupa una posición destacada en la agricultura de América Latina, al destinarse para el consumo humano y animal. En los últimos años se ha potenciado su uso como biocombustible, lo cual ha traído como consecuencia un encarecimiento del producto a nivel mundial. Hoy día es uno de los cereales más cultivados en todo el mundo (29).

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (29).

La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del rendimiento en grano. La biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento. De esta forma, los elementos del análisis del crecimiento se han empleado con el propósito de relacionarlo con la formación del rendimiento. Teniendo en cuenta los elementos anteriores se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de estudiar el efecto de tres fechas de siembra sobre el comportamiento del crecimiento y su relación con el rendimiento en el cultivo del maíz (29).

2.2.3. Fundamentos del ensilaje de recursos forrajeros.

La composición nutritiva del forraje es más variable que la del grano, difiere según genotipo, estadio fenológico de la planta y factores ambientales. Debido a esta variabilidad es importante conocer la calidad del forraje que se va a ofrecer a los animales, de forma de poder presupuestar mejor el alimento y tomar mejores decisiones de manejo en lo que alimentación de los animales se refiere. Las definiciones de calidad del forraje son muchas y variadas, pero las más útiles son las que conciernen a respuestas biológicas de performance animal o de consumo voluntario de energía digestible (30).

2.2.3.1. El proceso del ensilaje.

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (31).

- **Fase aeróbica:** Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0) (3).
- **Fase de fermentación.** Esta inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0 (3).
- **Fase estable:** Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos, pero a menor ritmo. Más adelante se discutirá la actividad de *L. buchneri* (3).

- **Fase de deterioro aeróbico:** comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético (31).

Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos -también facultativos- como mohos y enterobacterias (31).

El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses (31).

2.2.3.2. Microbiología del ensilaje.

Las fermentaciones producidas en un silo son llevadas a cabo por los microorganismos que se desarrollan desde la formación del silo. En los primeros días pueden desarrollar coliformes (fermentación acética) que paulatinamente van desapareciendo. Progresivamente son reemplazados por cocos lácticos, heterofermentativos y homofermentativos (*Streptococcus* sp., *Leuconostoc* sp., *Pediococcus* sp.). Estos son reemplazados por microorganismos que tienen una fuerte producción de ácido láctico como es *Lactobacillus* (*L. planatarum*, *L. curvatus*) (32).

Esta sucesión de microorganismos está basada en su tolerancia al descenso de pH provocado por la actividad microbiana. Los microorganismos que dominan la flora

finalmente en el silo son (*Lactobacillus* sp. y *Pediococcus* sp). (Este último tolera la acidificación producida por la acción de *Lactobacillus* sp).

Cuando se produce crecimiento de clostridios en las primeras fases de un silo aparece ácido butírico que le provee un olor desagradable que limita la apetencia de los animales durante la ingesta del silo. Esto se ve favorecido cuando existe un lento descenso en el pH, lo que favorece el crecimiento de los clostridios (*Clostridium butyricum*) (32).

Cuando el ensilado no alcanza valores bajos de pH, los clostridios pueden proliferar aún en los estados más avanzados llegando a dominar la flora microbiana en silos de baja calidad. Cuando existe una buena actividad de la flora que produce ácido láctico principalmente, el pH del silo puede descender hasta valores de pH de 3 a 4. Cuando el proceso de ensilado se realiza a temperaturas bajas (menores a 20 °C) no se favorece la proliferación de clostridios lo que trae como consecuencia un ensilado de mayor calidad. En un buen silo, el ácido láctico constituye el 1 al 2 % de la masa del silo y el forraje toma un color verde amarillento (32).

2.2.3.3. Evolución de las bacterias del ensilaje.

Las bacterias cuentan con un metabolismo que genera su energía a partir de sustancias que carecen de oxígeno, aspectos degradativos de materia orgánica, obtención de energía y nutrientes. La importancia de estos microorganismos es el papel que desempeñan en los procesos que contribuyen al mantenimiento de la vida misma. Dentro del metabolismo para la descomposición de macromoléculas, estos microorganismos realizan varios procesos: hidrólisis, acetogénesis y metanogénesis, entre otros, cubren reacciones que se realizan dependiendo de las características particulares de la bacteria y de las funciones que cumplen dentro del ciclo degradativo, para la obtención de nuevos productos dependiendo de las rutas bioquímicas o procesos fermentativos que allí se desarrollan, además la diversificación evolutiva de las bacterias condujo a la aparición de las formas de nutrición que hoy existen (33).

2.2.3.4. Consideraciones prácticas para obtener un buen ensilaje.

La adecuada conservación del ensilado para la obtención de un forraje altamente nutritivo depende de la fermentación controlada del forraje en el silo. La regulación precisa de aire y la temperatura debe ser menor a 30 °C. las características de un buen ensilaje son las siguientes:

- Buen color (amarillo, marrón o verduzco)
- Buen olor (avinagrado)
- Textura (no babosa)
- pH de 4.2 o menor
- Composición botánica del material ensilado (34).

Para lograrlo, el forraje verde debe contener de 60 a 70 % de humedad. Para determinar su punto óptimo, el forraje se pica al tamaño de partículas que se va a ensilar y presionar una cantidad que abarque las dos manos por treinta segundos. Si el forraje deja húmeda las manos y mantiene la forma ejercida por la presión, indica que tiene un contenido ideal de humedad (34).

El silo tiene una estructura a prueba de aire y agua que permite la conservación del pasto y el forraje, manteniendo su condición jugosa y su color verde sin disminuir el valor nutritivo. Por ejemplo, se puede utilizar un contenedor grande, redondo, de ladrillo o metálico, con lonas, en bloques o con cualquier material que permita un cierre hermético. Se pueden añadir nutrientes, como almidones y azúcares, que pueden acelerar el proceso de aumentar el valor nutritivo del producto (34).

La fermentación anaeróbica es la acción de procesos químicos y biológicos que ocurren en los tejidos vegetales, que contienen carbohidratos fermentables y se encuentran en condiciones de ausencia de oxígeno. Por esta razón, es necesario que se tome en cuenta el compactado (sacar todo el aire que contenga el silo) durante su preparación (34).

2.2.3.5. Cinética de degradación para determinación de la calidad de los alimentos para rumiantes.

La precisión de los modelos matemáticos para simular con buena aproximación situaciones reales, dependerá de contemplar en su construcción los factores anatómicos y fisiológicos del animal y los factores asociados al alimento como la composición química,

palatabilidad y procesamiento. Existen diferentes métodos que permiten estimar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos para predecir el valor nutricional de las forrajas. Las técnicas *in vitro* permiten la evaluación rutinaria de la fermentación ruminal empleando fluido ruminal como en la técnica descrita por Tilley, o alternativamente sin la utilización de fluido ruminal sino con la utilización de complejos enzimáticos. Estos métodos ofrecen una estimativa de la digestibilidad potencial de los alimentos sin llevar en consideración los procesos de la dinámica ruminal (8).

2.2.3.6. Degradabilidad *In vitro*.

Los métodos *in vitro* que han sido utilizados más ampliamente desde su introducción en 1963 son el de Tilley y Terry y el de Van Soest en 1966, considerados los procedimientos más exactos para la predicción de la digestibilidad en rumiantes. El método de Tilley y Terry se considera un método referente para calcular la digestibilidad en alimentos para rumiantes, el cual ha sido modificado y adaptado según el tipo de alimento a analizar, al igual que se han desarrollado y probado diferentes tampones de dilución para ajustar el pH del inóculo. Pese a su exactitud y a todas las modificaciones y adaptaciones, este método sigue siendo un procedimiento que consume mucho tiempo y trabajo, además cada alimento debe incubarse por separado, limitando el número de muestras a ser analizadas por corrida o tanda (35).

2.2.3.7. Degradabilidad *In vitro* con la metodología DAISY II (ANKOM-TECHNOLOGY).

El sistema ANKOM (Daisy II, ANKOM Corp., Fairport, NY, EEUU), ha sido recientemente introducido en el mercado para simplificar la estimación de digestibilidad *in vitro*. Brevemente, el método consiste en digerir muestras de alimentos en bolsas dentro de frascos, los cuales rotan permanentemente dentro de una cámara aislada y mantenida a 39 °C (36). El principio de funcionamiento del Daisy II[®] consiste en establecer condiciones de incubación semejante a las condiciones *in vivo*, de tal manera que el procedimiento incluye soluciones compuestas por minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores que ayudan a la anaerobiosis necesaria en el proceso y el inóculo ruminal necesario para el procedimiento (35).

La incubadora DAISY II consta de 4 jarras, con 4 litros de capacidad cada una, que rotan permanentemente facilitando la agitación constante del material incubado y al interior del sistema se dispone de una temperatura controlada de 39 °C. Con la aplicación de esta metodología, el material que desaparece de las bolsas durante la incubación es considerado digerible. El procesamiento por lotes y la eliminación de la etapa de filtración simplifican ensayos *in vitro*, tales como la digestibilidad verdadera, aparente y enzimática (37).

2.4. Antecedentes investigativos.

Estudio sobre la composición y degradabilidad *in situ* de la cáscara de tres variedades de maracuyá, entre los valores de interés obtenidos con la variedad amarilla indican: 10.78 % de materia seca; 9.82 % de proteína bruta, 0.35 % de calcio; 0.08 % de fósforo; 44.16 % de fibra detergente neutro y 35.85 % de fibra detergente ácido. En los parámetros de la cinética de degradación determinaron: A=33.00 %; B=47.00 %; c= 0.09 y una de con tasa de pasaje de 4.8 %/hora de 63.65 %, respectivamente (38).

La cinética de degradación y valoración de la ecuación de predicción de la fracción indigerible de la fibra detergente neutro de subproductos agroindustriales evaluo varios materiales entre los cuales se encongró la cáscara de maracuyá, que reportó en su composición, 97.31 % de materia seca; 9.70 % de proteína bruta; 13.27 % de materia inorgánica; 0.40 % de grasa bruta; 63.40 % de fibra detergente neutro; 54.03 % de fibra detergente ácido; 76.63 % de carbohidratos totales, 23.05 % de carbohidratos no fibrosos y 7.02 % de lignina (39).

Sánchez y colaboradores estudiaron los parámetros de degradación ruminal *in situ* de la harina de maracuyá (*Passiflora edulis*) incluida en dietas para rumiantes en sustitución del maíz. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (0, 10, 20 y 30 % [T1, T2, T3 y T4, respectivamente] de inclusión de harina de maracuyá), tres bloques (bovinos con rumen fistulado) y siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Las diferencias entre medias de tratamientos se establecieron mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). T1 y T2 presentaron la mayor ($p < 0.05$) degradabilidad de la

materia seca y de la materia orgánica a las 48 y 72 horas de incubación, respectivamente, mientras que la fibra detergente neutra y la fibra detergente ácida tuvieron una mayor degradabilidad en T4 y T3 a las 48 y 72 horas de incubación. Los parámetros de cinética ruminal no fueron significativos en ninguna de las variables evaluadas. Los resultados demuestran que la harina de maracuyá puede ser utilizada en sustitución del maíz hasta en un 10 % en dietas para rumiantes en el Litoral ecuatoriano (40).

Los subproductos agroindustriales y su utilización en alimentación animal ofrecen nuevas estrategias para el desarrollo de una ganadería sustentable en zonas tropicales. El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de la microbiología y la estabilidad aeróbica del ensilado de pasto saboya con inclusión de niveles crecientes de residuo de maracuyá, así como la cinética de degradación ruminal *in situ* del mismo. Se incluyeron cuatro niveles de residuo de maracuyá (10; 20; 30 y 40 % en base fresca) en el ensilado de pasto Saboya de 45 días (d) de edad. El ensilado de los productos picados y homogeneizados se realizó en microsilos experimentales (cinco réplicas por tratamiento). Tras 21 días, los microsilos se abrieron y se determinó la composición química, la carga microbiana, la estabilidad aeróbica temperatura (T) y pH durante 6 días y la degradación *in situ* de la materia seca (MS) 0; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 horas (h). La combinación de entre 10 y 40 % sobre peso fresco de residuo de maracuyá con pasto Saboya no tuvo efectos importantes sobre la microbiología. En todos los tratamientos, se observó una baja estabilidad aeróbica con incremento de T° superior a 1 °C a los 6 días y del más de 0,5 unidades de pH tras 2 días. La degradación ruminal de la MS fue mayor ($P < 0,05$) en los ensilados que incluyeron 30 y 40 % de residuo de maracuyá, lo que indicaría un mayor valor nutritivo (41).

La cinética de degradación ruminal de los componentes nutricionales del ensilaje depende de los cambios bioquímicos durante el proceso de fermentación. Estos cambios afectan la tasa de degradación y el valor nutricional del material ensilado. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la adición de vinaza en el ensilaje de maíz sobre la cinética de degradación de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y hemicelulosa (HEM). La inclusión de vinaza en el ensilaje de maíz disminuyó la fracción soluble y la degradabilidad efectiva

de la MS cuando comparada con el tratamiento control. La extensión de la degradación de la PC fue favorecida por la participación de la vinaza en el ensilaje. No fue verificado un claro efecto de la inclusión de vinaza sobre la degradación de los componentes de la pared celular del maíz (42).

La técnica de digestibilidad *in vitro* para evaluar el efecto de la adición de un inóculo de levadura y de bagazo de manzana fermentado en dietas de becerros en crecimiento. Los tratamientos consistieron en: T0 (testigo): heno de avena (HA), ensilaje de maíz (SM) y concentrado; T1 (BMZN): HA, SM y concentrado con 12 % de bagazo de manzana fermentado (BMZN); T2 (IL): HA, SM y concentrado con 2 % de inóculo de levaduras (IL). El T1 y T2 mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) en la digestibilidad de MS, FDN, FDA y LDA, encontraron una DIVFDA de 60.53 a 64.56 % (43).

La adición de manzana de desecho (ripió) 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 horas, seguida del tratamiento del residuo con una solución neutrodetergente. DISMS se realizó en dos vacas fistuladas con tiempos de incubación de 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 y 144 horas. 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. La mezcla de 25:10 manzana-melaza ofreció el mejor costo -beneficio (4.28 \$/kg de MS digestible) (10).

El valor nutritivo de ensilajes de pasto elefante con la adición de subproductos del procesamiento de frutas tropicales (0; 5; 10; 15 y 20 %), entre estos residuos la cáscara de maracuyá y piña, determinaron que la inclusión del 20 % mejoró el valor nutricional sin comprometer el proceso fermentativo. Elevando el porcentaje de PB y reduciendo las fracciones de fibra detergente neutro por cada 1 % de subproducto se redujo de 0.35 a 0.62 % de FDN respectivamente en el caso del maracuyá. Mientras en el subproducto de piña no existió un efecto sobre la PB son embargo por cada punto porcentual de subproducto de piña se reduce 0.35 % de FDN (44).

La calidad nutricional, la producción estimada de leche y la cinética de fermentación por producción de gas *in vitro* de ensilaje de maíz cortado a tres alturas (20, 40 y 60 cm). El híbrido PIONEER 33G66 se sembró a una densidad de 125,000 semillas ha⁻¹ con una distancia entre surcos de 0.80 m, se cosechó a ½ línea de leche (edad aproximada, 115 días) y se ensiló en minisilos de laboratorio de 5 kg (n=3). Después de 45 días de fermentación, los silos se abrieron y fueron analizados: pH, MS, MO, Ceniza, PC, EE, FDN, FDA, LDA, DIVMS, DIVFDN y la cinética de fermentación *in vitro*. Se estimó la producción de leche y la concentración de ENL mediante el modelo MILK2000. La información generada se analizó mediante PROC GLM de SAS, ajustando un modelo que incluyó como efecto fijo la altura de corte. La producción de MS se redujo en 12,7 % al aumentar la altura de corte. FDN y PC se redujeron ($P < 0,05$) linealmente. La concentración de ENL tendió a mejorarse ($P < 0,07$) cuando se incrementó la altura de corte de 20 a 60 cm (1,2 vs 1,4 Mcal kg⁻¹ MS). La producción estimada de leche por tonelada de MS y por hectárea no fue diferente ($P > 0,05$) entre alturas de corte. La producción de gas *in vitro* se incrementó linealmente ($P < 0,05$) y la tasa de producción de gas a las 72 horas de fermentación fue mayor ($P < 0,05$) cuando se elevó la altura al corte. El parámetro de fermentación B se redujo linealmente ($P < 0,05$), mientras que C fue mayor ($P < 0,05$) en ensilaje cortado a 20 cm respecto a los forrajes cortados a 40 y 60 cm (45).

Efecto de la inclusión de cáscara de banano maduro en ensilajes de pasto King grass determinaron que los valores de materia seca varían de 15.01 sin la inclusión a 12,04 % con el 80 % de subproducto; de igual manera la proteína bruta de 13.45 a 10.75 % y

materia mineral de 14.18 a 9.52 % respectivamente. Evaluaron silos experimentales con capacidad de un kilogramo en tubos provistos de una manguera para extracción de efluentes (46).

El contenido de pectina se determinó por el método de hidrólisis ácida, a las condiciones de extracción pH: 3.0, temperatura: 90-95°C y tiempo de calentamiento: 90 minutos.

La calidad de la pectina se evaluó mediante análisis de humedad, cenizas, peso equivalente, metoxilo, ácido anhidrouónico, grado de esterificación, tiempo de gelificación, viscosidad relativa, espectros de infrarrojo y los minerales calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na). El rendimiento máximo de pectina obtenido fue 18,45% al usarse como extractante $H_3PO_4-(NaPO_3)_6$; mientras que la pectina de mejor calidad fue extraída con HCl, con un contenido de ácido anhidrouónico y de metoxilo de 78% y 9,9%, respectivamente. La corteza de la parchita en el estado de madurez amarillo presentó el mayor contenido de pectina, mientras que la extraída en el estado de madurez verde-blanco exhibió las mejores propiedades gelificantes. La espectrometría de IR confirmó que la pectina tiene alto contenido de metoxilo. El análisis de los minerales arrojó los siguientes resultados: calcio 0,10 a 0,15%, magnesio 0,05 a 0,08% y sodio 0,02 a 0,04%. El estado de coloración amarillo (A.) presentó el mayor contenido de pectina (18,45%), pero el estado más temprano de madurez estudiado, verde blanco (V.B.), mostró la pectina de mejor calidad, indicándolo el contenido de metoxilo (9,90%) y el grado de esterificación (72,05%), este estado de coloración demostró ser el óptimo para el procesamiento industrial (47).

La degradabilidad (DEMS) y digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) del forraje hidropónico de maíz (FHM) y su efecto sobre el consumo de materia seca (CMS) y ganancia diaria de peso (GDP) en ovinos tropicales. El estudio incluyó 3 experimentos (E1, E2 y E3); en E1 y E2 se evaluó la DEMS y DAMS, en tanto que en E3 se determinó el CMS y GDP. En el E1, se usaron bolsas de nylon en una vaca con rumen canulados consumiendo forraje ad libitum, siendo la DEMS a las 48 h de 42,2%. En el E2, se usaron cuatro machos ovinos ($29,35 \pm 2,37$ kg. PV) durante 17 días (7 de acostumbramiento y 10 de recolección total de heces), siendo la DAMS de $55,9 \pm 10,3\%$. En el E3, se usaron 10 ovinos machos en crecimiento ($14,06 \pm 1,87$ kg. PV) asignados a 2 grupos (T y T) de

5 animales cada uno. T = dieta basal ad libitum + 250 g de afrechillo de trigo y T = dieta basal ad libitum + 250 g de FHM. La GDP fue mayor en el T que en T ($41,66 \pm 12,68$ vs. $12,16 \pm 11,92$ g/d; $P < 0,05$). Asimismo, el CMS fue mayor para el T que para el T ($218,35$ vs. $108,95 \pm 31,41$ g/anim/d; $P < 0,05$) (48).

Se analizaron las características bromatológicas, fermentativas y potencial digestivo de ensilados de corona de piña con cuatro niveles de sustitución de guineo cuadrado Musa (ABB). Con 4 tratamientos de mezclas en base fresca de corona de piña y guineo cuadrado inmaduro en relación 100:0 85:15, 70:30 y 55:45 con cinco repeticiones por tratamiento. A las mezclas se les adicionó un 1 % de melaza y se fermentaron durante 70 días. No se utilizó inóculo bacterial. Se utilizaron silo bolsas de 50 kg para el almacenamiento del material. Se cuantificó un aumento significativo ($p < 0,05$) en los contenidos de materia seca, digestibilidad in vitro de la materia seca, pectinas, carbohidratos no fibrosos en los ensilajes conforme se aumentó el nivel de sustitución de guineo cuadrado en la mezcla. Los contenidos de proteína cruda, cenizas y ácido acético, ácido propiónico, disminuyeron significativamente ($p < 0,05$) conforme se aumentó el nivel de sustitución de guineo cuadrado (49).

La composición química y la degradabilidad de varios ensilajes con diferentes tiempos de ensilado. El experimento fue un diseño factorial 53, el factor A como las diferentes mezclas formuladas al variar el nivel de adición de urea (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 %) y el factor B como el tiempo de ensilado. La composición química cambió poco con el tiempo y varió solo ligeramente con los niveles de urea en las mezclas. La degradabilidad de la materia seca (MS) aumentó al aumentar los niveles de yuca, mientras que la degradabilidad de la proteína cruda y el nivel de pH aumentaron al aumentar la adición de urea. Al utilizar el "punto de Flieg", que se relaciona con los rendimientos de ácidos orgánicos, no hubo diferencias significativas entre las mezclas ensiladas y los tiempos de ensilado. Por tanto, se puede concluir que la formulación de 5° ensilaje es la más adecuada ya que su degradabilidad de MS y proteína cruda (PC) fue la más alta (50).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” del campus “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme. Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste, a una altitud de 120 msnm con una temperatura media de 26 °C.

La investigación se desarrolló bajo los parámetros climáticos (Tabla 1).

Tabla 1. Características agro meteorológicas del Campus “La María” UTEQ - Mocache.

Datos Meteorológicos y otros	Valores
Temperatura °C	26
Humedad relativa, %	87,71
Precipitación anual mm	2271,29
Heliofanía, horas luz año ¹	915,56
Zona ecológica	(Bh- T)
Topografía	Irregular

Fuente: Datos meteorológicos del INHAMI. Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP) 2019 (51).

3.2. Tipo de investigación.

La unidad curricular de investigación fue de tipo experimental, la cual permitirá evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de ensilaje Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

El experimento se llevó a cabo entre los meses de julio hasta septiembre del 2019; y se adapta 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.

El método de observación permitió identificar las características físicas y fermentativas de un ensilado, de esta forma se tomó como referencia, que los microorganismos no deseados podrían presentar problemas de contaminación.

3.3.2. Método analítico.

El método analítico se utilizó durante el proceso investigativo y se estudiaron los procesos, factores y condiciones que están presentes en las fases de fermentación del ensilaje, que influyen en las características organolépticas de los silos.

3.3.3. Método explorativo.

Con este método exploratorio es de gran utilidad donde se tomaron muestras del ensilaje que permita el establecimiento y determinación de las características físicas y con los respectivos análisis, para determinar cómo se encuentran los procesos del ensilado.

3.4. Fuentes de información.

3.4.1. Fuentes primarias.

La observación directa en campo permitirá 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 revistas científicas, libros, tesis y buscadores académicos que proveen y

aporten al investigador conocimientos importantes para el cumplimiento de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

La investigación realizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones que se encuentra detallada en la Tabla 2, cada unidad de la investigación la conformó 210 bolsas ANKON F-57 con tamaño de poro de 25 μm y dimensiones de 4 x 5 cm, en 2 DAISY II TECHNOLOGY, de los cuales fueron tomados 7 pomos y en cada uno entró 30 bolsas.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Tratamientos.	t-1	4
Error experimental.	(t) (r-1)	20
Total	(t x r)-1	24

3.5.1. Modelo estadístico.

El modelo estadístico a evaluar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable de respuesta

μ : Media general

τ_i : Efecto del tratamiento i

ε_{ij} : Error experimental (52).

3.5.2. Análisis estadístico.

El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANDEVA y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), con el manejo de

un software libre Infostat. Datos, Cuadros y figuras fueron realizados en hojas de cálculo de EXCEL del paquete Office de Microsoft, como está representado en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.

Fuente Variación FV	Suma de cuadrados SC	g.l	Cuadrados medios CM	Estadística de prueba F_{cal}	F_{tab}
Tratamiento	$SCTr = \frac{\sum_{i=1}^t T_i^2}{n} - C$	t-1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{t-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$F_{tab} = F_{1-\alpha; t-1; (N)}$ o P-valor
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	N-t	$CM_E = \frac{SC_E}{N-t}$		
Total	$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - C$ $C = \frac{(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n y_{ij})^2}{tn}$	N-1			

3.6. Tratamientos evaluados.

Se evaluarán las siguientes variables de los subproductos antes y posterior a la degradabilidad ruminal.

TRATAMIENTOS	FACTORES	SILO
T1	100% MF	5
T2	75% MF + 25% CM	5
T3	50% MF + 50% CM	5
T4	25% MF + 75% CM	5
T5	100% CM	5

Tabla 4. Tratamientos Evaluados

3.6.1. Variables Evaluadas.

Se determinará el porcentaje de materia seca a cada tratamiento después de la incubación sometiendo a las muestras al secado en estufa de aire forzado a 65° C por 48 horas el porcentaje se calcula con la siguiente formula: (53).

$$\%MS = \frac{M \text{ Inicial} - M \text{ Final}}{M \text{ Inicial}} \times 100$$

Dónde:

%MS: Porcentaje de Materia Seca.

M Inicial: Muestra inicial antes del secado.

M Final: Muestra final posterior al secado.

3.6.2. Degradación ruminal.

La degradabilidad *in vitro* se determinó mediante la técnica DAISY, la cual involucra soluciones búfer A y B y líquido ruminal. Se utilizaron bolsas filtro ANKOM® F57 a las cuales se les agregaron 0.3 g de muestra. Las jarras se colocaron dentro de un digestor DaisyII (ANKOM 200) durante los tiempos de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Las bolsas se secaron en una estufa de aire forzado durante 48 horas a 65 °C para determinar la degradabilidad de la MS.

Solución buffer A:

NaHPO₄ (Fosfato anhídrido) 3.6 g

Na HCO₃ (Bicarbonato de sodio) 9.8 g

Agua destilada 1000 ml.

Solución buffer B:

Cloruro de sodio (Na Cl) 4.7 g

Cloruro de potasio (KCl) 5.7 g

Cloruro de calcio (Ca Cl₂) 0.4 g

Cloruro de magnesio (Mg Cl₂) 0.6 g

Agua destilada 1000 ml.

$$DIV_{MS;FDN;FDA(\%)} = \frac{M_{pre}-M_{post}}{M_{pre}} \times 100$$

Donde:

*DIV*_(MS): Porcentaje de degradación *in vitro* de la MS.

Mpre: Materia pre-incubada.

Mpost: Materia post-incubada.

3.7. Manejo específico del experimento.

A la parcela se realizó un corte de igualación para cosechar el maíz forrajero (*Zea mays* L.) a los 60 días de rebrote. El subproducto (Cáscara de maracuyá) se adquirió 24 horas antes de la cosecha del maíz para que estén frescos y no deterioren la calidad del ensilaje. El ensilaje se realizó temprano en la mañana, se picó el maíz y la cáscara de maracuyá en una picadora de pasto. Para el llenado se pesó en proporción a los tratamientos: 100 %, 75 %, 50 %, 25 % de residuales más el testigo sin inclusión respectivamente, por cada silo experimental completando un total de 3 kg. Los silos experimentales fueron contruidos de tubos PVC (10 cm de diámetro por 30 cm de alto) provistos con una válvula Bunsen en la tapa y una manguera para extracción de efluentes en la base. Se compactaron con una prensa hidráulica y se sellaron con cinta de embalaje y tornillos.

Una vez llenos los microsilos fueron almacenados por un periodo de 35 días a temperatura ambiente dentro de un depósito con iluminación natural 12 horas luz – 12 horas oscuridad, sin radiación solar directa, se procederá a la apertura a los 35 días de ensilaje, al abrirlos se tomaron muestras representativas de aproximadamente 500 gramos en cada uno, previa homogenización del material ensilado, las muestras se colocaron en una estufa a 65° C por 48 horas, luego fue molido en un molino de modelo Thomas Willy con criba de 2 milímetros. Por cada muestra se realizó análisis de Materia seca (MS) de los sustratos como inicio para la ejecución del experimento.

A los 35 días se abrieron y se recolectaron muestras representativas para realizar las pruebas de degradabilidad *in vitro*. Se utilizó el licor ruminal de un animal Brahman de 500 kg de peso vivo, castrado y fistulado en el rumen, el líquido ruminal fue extraído con

un sistema de succión al vacío, en termos aclimatados previamente a 40 °C. Se prepararon con anterioridad las soluciones A y B. Se utilizó una relación (3:2) solución buffer: líquido ruminal.

Previo a la incubación se encendió el sistema ANKOM DAISY II para mantener la temperatura requerida de 40°C ± 0,5. Esta temperatura y condiciones simulan el estado del rumen *in vivo*, para mantener las condiciones de anaerobiosis se mantuvo la mezcla en presencia de CO₂ para evitar pérdida de los microorganismos anaeróbicos.

Para la prueba de digestibilidad *in vitro* se depositaron 0.3 gramos de muestra molida a 2 mm en el interior de bolsas ANKOM F-57 de tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno. Incubando el material a 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de manera inversa iniciando en las 72 horas. Finalmente se retiraron las muestras para ser lavadas con agua corriente, y secadas en una estufa Memmert a 65 °C por 48 horas. Para los cálculos respectivos de degradabilidad *in vitro* (DIV) de la MS y Cinética.

3.8. Recursos humanos y materiales.

El talento humano de este trabajo investigativo de la unidad de integración curricular conto con la ayuda del Dr. Ítalo Espinoza director encargado de la unidad de integración curricular. Con la colaboración del Ing. David Zapatier encargado del área de Laboratorio de Rumiología y autora Adriana Mercedes Quevedo Loja.

3.8.1. Material Vegetativo.

- Forraje de maíz
- Residuos cáscara de maracuyá.

3.8.2. Equipos.

- Estufa Memmert
- Balanza
- Balanza analítica
- Calentador agitador

- Molino de cuchillas con cribas de 2 mm (Thomas Scientifics)
- DAISY II TECHNOLOGY ANKON.

3.8.3. Materiales de laboratorio.

- 210 bolsas de fibra para degradabilidad in vitro 5 x 4 cm ANKOM
- Estufa para determinación de materia seca (45° C)
- Balanza analítica
- Matraces volumétricos
- Crisoles de porcelana de 3,4 cm de diámetro
- Pinzas para crisoles
- Desecadores
- Probeta
- Bureta
- Espátula
- Tres bovinos Brahmán (edad: 6años) fistulados para extracción de líquido ruminal
- Molino Thomas Willy
- Fundas de papel y polietileno.

3.8.4. Materiales otros.

- Cinta de embalaje
- Estilete
- Tijera
- Marcador permanente
- Bandeja de aluminio
- Rollo de Variables de estudio para comparación antes y después del ensilado
- Proteína
- Materia seca
- Botiquín de primeros auxilios.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y Discusión.

4.1.1. Degradabilidad y cinética de degradación *in vitro* de la materia seca.

La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar además con datos de digestibilidad (54). En este sentido, se consideró el análisis de la materia seca (Tabla 5), previo a la estimación de degradabilidad *in vitro* producida por la fermentación de la MS de las muestras estudiadas durante los periodos de incubación del ensilaje de maíz forrajero con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá.

Tabla 5. Materia seca de los tratamientos en estudio.

	Tratamiento					CV%	EE	P<
	T1	T2	T3	T4	T5			
	100% Forraje de maíz (testigo)	75% Forraje de maíz + 25% de CM	50% Forraje de maíz + 50% de CM	25% Forraje de maíz + 75% de CM	100% CM			
MS	21,98a	22,62a	22,70a	19,96b	17,12c	3,00	0,28	<0,0001

La materia seca obtenida de los tratamientos en estudio presenta alto contenido de humedad (Tabla 5). El contenido de materia seca de los tratamientos fue similar en el T1 (21,98 %), T2 (22,62 %) y quien obtuvo el mejor contenido MS fue T3 (22,70 %), Estos tratamientos presentaron significancia ($p < 0.05$) ante los tratamientos T4 y T5 con menores valores (19,96 y 17,12 %) de materia seca. Se distinguió decrementos de MS a medida que se aumentó residuo de maracuyá. La variación en los promedios de materia seca, se debe al contenido de humedad de cáscara de maracuyá (47).

El contenido de materia seca del maíz forrajero, cosechado a los 60 días tuvo 22 % de materia seca, similar a lo expuesto por Bruno *et al.* (1995), quien recomienda que la planta de maíz se encuentra en una condición óptima para la cosecha y conservación, cuando el maíz está en estado lechoso y el contenido de materia seca va de 25 a 31 %, con 5,7 a 6,7 % de proteína cruda, 5 a 59 % de fibra neutro detergente, 36 % de fibra ácida detergente y 67 % de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Bruno et al., 1995).

En la tabla 6, sobre la degradabilidad *in vitro*, el comportamiento degradativo se caracterizó con el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos con valores de 53,70 %, seguido de 44,67; 40,08; 36,96 y 34,82 % a las 72 horas de incubación, notándose mayor disponibilidad de sustrato al ataque de los microorganismos ruminales en el 100 % de la cáscara de maracuyá, seguido del 25 % maíz forrajero + 75 % de cáscara de maracuyá, existiendo un decremento de degradabilidad a menor porcentaje de cáscara de maracuyá, obteniéndose 36,96 % al incluir 75 % de maíz forrajero y 25 % de cáscara de maracuyá.

Tabla 6. Degradabilidad *in vitro* de MS de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays L.*) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*).

Horas de incubación ruminal	T1 100%MF	T2 75%MF+ 25%CM	T3 50%MF+ 50%CM	T4 25%MF+ 75%CM	T5 100%CM	E.E	C.V	P
0	16,97c	17,67c	18,62bc	20,77b	25,35a	0,53	4,62	<0,0001
3	18,22c	20,05bc	20,48bc	23,07b	28,65a	0,79	6,17	<0,0001
6	19,37c	20,46c	21,41c	24,64b	31,04a	0,55	4,09	<0,0001
12	19,99b	21,08b	22,72b	26,44b	35,85a	1,75	12,01	0,0005
24	25,72b	26,71b	28,07b	30,84ab	42,53a	3,07	17,29	0,0182
48	33,57b	33,59b	37,00ab	41,76ab	51,41a	3,44	15,11	0,0214
72	34,82b	36,96b	40,08ab	44,67ab	53,70a	3,08	12,66	0,0107

MF: Maíz forrajero; CM: Cáscara de maracuyá; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación; ^{abc} Promedios en cada fila con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p \leq 0.05$).

La degradabilidad *in vitro* de la MS de los tratamientos evaluados (Tabla 6), hasta las 12 horas de incubación, incluyen poca degradabilidad y tienen la misma tendencia (Figura 1), pero después de las 12 a las 48 horas demuestran un incremento en la degradabilidad del sustrato, disminuyendo su actividad a las 72 horas de incubación *in vitro*. Además, se aprecia que la degradabilidad se incrementó en los tratamientos con inclusión de cáscara de maracuyá, siendo superado significativamente ($p < 0.05$) por el tratamiento a base de cáscara de maracuyá (100 %).

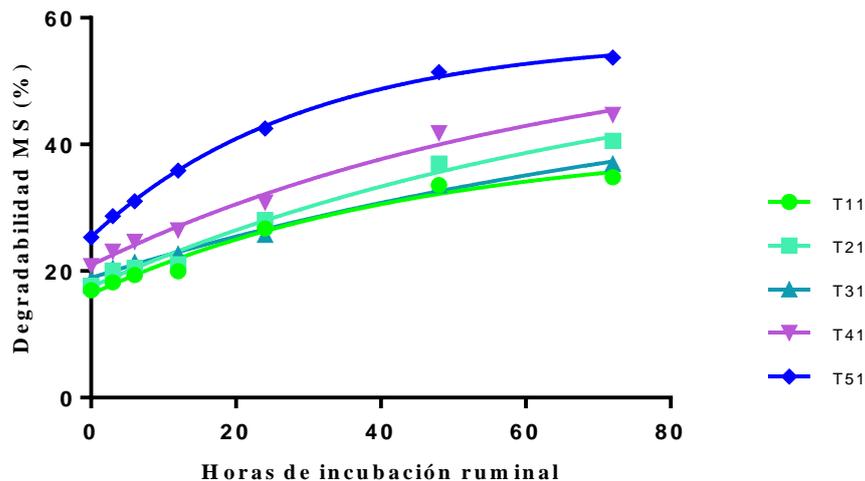


Ilustración 1. Degradabilidad in vitro de la materia seca del forraje de maíz asociado con cáscara de maracuyá. T1=100% MF, T2=75%MF+25%CM. T3= 50%MF+50%CM. T4=25%MF+75%CM y T5=100%CM

Los resultados favorables para la cáscara de maracuyá (Figura 1) se deben al alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, Hemicelulosa, pectinas) (18). Algunos subproductos agrícolas mejoran su calidad debido a su alto potencial al ser ensilados al menos de 14 días a seis meses, es así, que la panca de arroz ensilada puede ser utilizada como alimento para los rumiantes (50).

Por otro lado, el follaje de maíz hidropónico también es considerado para la alimentación de pequeño rumiantes, pero está implicado con baja degradabilidad, con reporte de 42.2% a las 48 horas, debido posiblemente a la presencia de una alta fracción de lignina contenida en la cama de germinación que se usa para el cultivo del mismo (48), sin embargo, el valor obtenido del forraje de maíz en esta investigación es inferior (33.57%), debido a la tecnología de producción.

Tabla 7. Parámetros de degradación ruminal in vitro de MS de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims)” (g/kg MS).

Tiempo de incubación, h	Tratamientos evaluados						P
	T1ENSIL MAÍZ 100	T2ENSIL MAÍZ +CM25	T3ENSIL MAÍZ +CM50	T4ENSIL MAÍZ +CM75	T5C MARACUYÁ 100	EEM	
A (rápidamente soluble)	16,70 d	17,47 cd	18,93 bc	20,91 b	25,16 a	0,53	<0,0001
B(degradabilidad efectiva)	42,53 a	47,74 a	40,14 a	42,41 a	39,94 a	8,3	0,9641
c (constante degradación)	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,02 a	0,03 a	0,01	0,3786
A+B (Degradab potencial)	59,23 a	65,21 a	59,07 a	63,31 a	65,10 a	8,44	0,9699
DE (Degradabilidad efectiva estimada a tasa de paso (h ⁻¹) de:							
k 0.02	30,56 b	33,06 b	30,96 b	36,95 b	45,75 a	1,61	<0,0001
k 0.05	24,10 c	25,58 c	24,92 c	29,50 b	38,11 a	0,98	<0,0001
k 0.08	21,81 c	22,97 c	22,92 c	26,8 b	34,77 a	0,74	<0,0001

abcd Medias con letras diferentes entre filas difieren ($p < 0.05$). 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%.

En los parámetros de la fracción soluble (A) potencialmente degradable fue superior ($p < 0.05$) en el nivel de inclusión de 100 % (25.16) de cáscara de maracuyá, mientras, los tratamientos con menos porcentajes de maracuyá (Tabla 7), resultaron en decrementos con valores de 20.91; 18.93; 17.47 y 16.70. No se encontró diferencias en la constante o tasa de degradación de la fracción (B) y (C). La degradabilidad efectiva fue baja en todos los niveles y tasas de pasaje, que se explica por la reducida degradación (DIVMS) y baja velocidad de degradación (C) (0.01 a 0.02).

La suma de las fracciones A y B se considera como la fracción potencialmente degradable (A+B), en este trabajo no se encontró diferencias ($p > 0.05$) en la DIVMS entre los niveles de inclusión de maíz forrajero y cáscara de maracuyá, obteniéndose un promedio de 62.38. Es así que, la degradabilidad efectiva con la tasa de pasaje del 2 %/hora (k 2 %) fue significativo ($p < 0.05$) con un promedio de 45,75 para el tratamiento que tuvo 100% de inclusión de cáscara de maracuyá, seguido de los demás tratamientos ($p > 0.05$). Asimismo, la constante degradabilidad efectiva con la tasa de pasaje del 5 % horas (k 5 %) fue superior ($p < 0.05$) en el nivel de inclusión de 100 % de cáscara de maracuyá (38.11), consecutivamente las inclusiones de 75, 50 y 25 %. El mismo comportamiento, fue para la constante degradabilidad efectiva, la tasa de pasaje del 8%/hora (k 8 %) sobresaliendo el tratamiento con 100 % de cáscara de maracuyá (34.77), determinándose acrecentamiento parámetros de degradabilidad para la cáscara de maracuyá.

Los valores obtenidos de DIVMS de ensilaje de maíz forrajero y cáscara de maracuyá, fue superado por la cáscara de maracuyá, influyendo posiblemente por el contenido de Carbohidratos no fibrosos, como el aporte de pectina, para la síntesis de proteína microbial y producción de AGV. De acuerdo a varios autores, el contenido de carbohidratos no fibrosos en una ración para ganado de leche va de 30 a 40 % de estos, caso contrario, se debe aportar fibras fermentables (49).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en la inclusión de cáscara de maracuyá al 100 %, obtuvieron valores máximos de degradabilidad a las 72 horas de incubación ruminal.
- La cáscara de maracuyá permitió mayor degradabilidad efectiva en la desaparición del alimento en el rumen, por el proceso combinado entre las velocidades de degradación y tránsito por el retículo–rumen de 0.02/horas, 0.05/horas y 0.08/horas. No obstante, cuando se incluye los dos sustratos, 25 % de maíz forrajero + 75 % de cáscara de maracuyá, fue relevante en la degradación efectiva.

5.2. Recomendaciones.

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

- Evaluar cáscara de maracuyá en diferentes niveles en el ensilaje con otras especies forrajeras.
- Realizar una prueba de comportamiento a partir de alimentación de cáscara de maracuyá en rumiantes, en diferentes periodos de incubación.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

1. Chedly K, Lee S. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. FAO. 2016;: p. 1-2.
2. Maza L, Vergara O, Paternina E. Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba. 2011 Agosto; XVI(2): p. 2529-2530.
3. Garcés A, Berrio L, Ruíz S, Serna J, Builes A. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación. 2004 JUNIO; I(1): p. 66-71.
4. PROECUADOR. Análisis Sectorial de Frutas No Tradicionales. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. 2012 Abril; II(2).
5. INEC-ESPAC. Maracuyá Fruta fresca, Superficie, Resumen General. Quito;: 2013.
6. Vanegas J. Comparación de dos sistemas de manejo (Convencional o Ecológico) en la evolución del cultivo de maíz forrajero. Scielo. 2014 Junio; V.
7. Boschini C, Amador A. Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. Redalyc. 2017 Agosto.
8. Rosero R, Posada S. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2007; 20: p. 174-182.
9. Sánchez A, Estupiñan K, Torres E. Métodos de conservación de residuos de cosecha para la alimentación de rumiantes en el Litoral ecuatoriano S.A. D, editor. Quevedo: UTEQ-SENESCYT; 2012.
10. Araiza E, Delgado E, Carreón F, Medrano H, Solís A, Murillo M, et al. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. Avances en Investigación Agropecuaria. 2017; 17(2): p. 79-96.
11. Solorio F, Solorio B. Integrar Árboles para formar un sistema de producción animal en los tropicos, Agroecosistemas tropicales y subtropicales. Redalyc- Revista. 2014 Noviembre; I(1): p. 2-3.
12. Blanco F. La persistencia y el deterioro de los pastizales. Revista de Pastos y Forrajes. EEPF Indio Hatuey. 1991 Agosto; 14(1): p. 87-103.
13. Ashbell G, Weinberg Z. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el tropico. FAO. 1991 Enero; 25(9): p. 1-2.
14. Ruiz B, Castillo A, Rodríguez C, Payan J. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Scielo. 2009 junio; LVIII(222): p. 2-4.
15. Oliveira L, Nascimento M, Borges S, Ribeiro P, Ruback V. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá- amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. Ciências Tecnológicas Alimentaria. 2002 junio 1-2; XXII(3).

16. Anrique R, Paz M. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Scielo. 2002 mayo; XXXIV(2): p. 2-3.
17. Jimenez S, Elferink O, Driehuis F, Gottschal J, Spoelstra S. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. Institute for Animal Science and Health (ID-DLO) Dept. Microbiology, Groningen State University. 2014 Septiembre; XIV(1): p. 1-2.
18. Noguera R, Valencia S, Posada L. Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de fermentación de ensilaje de cascara de maracuya (*Passiflora edulis*). Grupo de investigación en ciencias agrarias-GRICA. 2014 septiembre; XXVI(9): p. 2-3.
19. Posada R, Quimara D, Ramirez J. Comparación de dos métodos in vitro para estimar la digestibilidad de pastos tropicales en rumiantes. Revista CITECSA. 2011 Noviembre; II(2).
20. Bernal R, Hernández A. Lista de Especies de Passifloraceae de Colombia. Scielo. 2013 marzo; I(3): p. 69-70.
21. Vasquez H, Silva J. Composição química 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). Revista brasileira de zootécnia. 2012 Junio; XXVIII(2): p. 45-47.
22. Tapia E. El cultivo de maracuyá necesita tecnificarse. Revista-Lideres. 2015 junio; 1(1): p. 1-2.
23. Robles A. El cultivo de maracuya *Passiflora edulis*. Gerencia Regional Agraria La Libertad. 2010;: p. 4-5.
24. Osorio O, Hurtado A, Cerón A. Identificación de ácidos grasos contenidos en los aceites extraídos a partir de semillas de tres diferentes especies de frutas. FAO. 2014 Febrero; LXII(3).
25. Gimenez M, Laguna I, Avila O, Virla E. Difusión del Corn Stunt Spiroplasma del maíz. Revista de la Facultad de Agronomía. 2013 Agosto; CV(1).
26. Elizondo J, Boschini C. Producción de Forraje con Maíz Criollo y Maíz Híbrido. Redalyc. 2012 Enero; XIII(1).
27. Otero M, Esperance J. Residuos del cultivo de maíz. Revista Brasileira de Zootécnia. 2012 Mayo; III(1).
28. Manterola H, Mira J. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura Santiago, de Chile. 2013 Julio; III(2).

29. Hernández N, Soto F. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivados en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Scielo. 2012 junio; XXXIII(2): p. 1-2.
30. Fassio A, Wilson I, Fernández E, Diana C, Pérez O, Restaino E. El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. INIA. 2018 Octubre.
31. Jarrige s, Elferink O, Driehuis F, Gottschal J, Spoelstra S. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. FAO. 2014 junio; XVI(2).
32. UNER. Ensilaje. Facultad de Investigación Ciencias Pecuarias. 2017; XIX(1).
33. Corrales L, Antolinez D, Bohórquez J, Corredor A. Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Scielo. 2015 Agosto; XIII(23): p. 51-81.
34. Wagner B, Asencio V, Caridad J. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales- IDIAF. 2013 Octubre; II(1).
35. Giraldo L, Gutiérrez L, Rúa C. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2007 Julio; XX(3).
36. Colombatto D. Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía; 2003.
37. Arce C, Arbaiza T, Carcelén F, Lucas O. Estudio Comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Rev. Inv. Vet. Perú. 2003; XIV(1): p. 7-12.
38. 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; XXVIII(5): p. 1148-1158.
39. Regadas-Filho J, Pereira E, Pimentel P, De Olivera T, Ferreira M, Maia I. Degradation kinetics and assessment of the prediction equation of indigestible fraction of neutral detergent fiber from agroindustrial byproducts. Revista Brasileira de Zootecnia. 2011; XL(9): p. 1997-2004.
40. Sánchez A, Torres E, Espinoza I, Montenegro L, Barba C, García A. Valoración nutricional in situ de dietas con harina de maracuyá (*Passiflora edulis*) en sustitución del maíz (*Zea mays*). Revista de investigación veterinaria de Perú. 2019 marzo; XXX(1).
41. Espinoza I, Montenegro B, Rivas J. Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus*

- maximus) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Redalyc. 2017 Mayo; XXVII(4): p. 241-248.
42. Rendón M, Noguera R, Posada S. Cinética de degradación ruminal del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vinaza. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2013 Julio; VIII(2): p. 42-51.
 43. Mancillas P, Rodríguez C, Díaz D, Arzola C, Grado J, Corral G, et al. Digestibilidad in vitro de dietas para becerros en crecimiento adicionadas con inóculo de levadura y bagazo de manzana fermentado. Revista Bio Ciencias. 2013; II(3): p. 189-199.
 44. Pompeu R, Neiva J, Cândido M, Filho G, Aquino D, Lôbo R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. Rev. Ciênc. Agron. 2006; XXXVII(1): p. 77-83.
 45. Corral A, Domínguez D, Villalobos G, Ortega J, Rodriguez F, Muro A. Valor nutricional, cinética de fermentación y producción estimada de leche en ensilajes de maíz cortado a diferentes alturas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2010; 5(2): p. 279-283.
 46. Dormond H, Rojas A, Bochini CMG, Sibaja G. Evaluación preliminar de la cáscara de banana maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. 2011; XII(23): p. 17-31.
 47. D'Addosio R, Páez G, Marín M, Mármol Z, Ferrer J. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Revista de la Facultad de Agronomía. 2005; 22(3): p. 241-251.
 48. Herrera A, Depablos L, López R, Benezra M, Ríos L. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maíz (*Zea Mays*). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. Revista Científica, Maracaibo. 2007; 17(4): p. 372-379.
 49. Gerzon L, Augusto R, Carlos C, Zumbado , Michael L. Caracterización fermentativa y nutricional de mezclas ensiladas de corona de piña con guineo cuadrado Musa (ABB) I. Parámetros fermentativos, análisis bromatológico y digestibilidad in vitro. Nutrición Animal Tropical. 2018; XII(1).
 50. Suksombat W, Lounglawan P. Silage from agricultural by-products in Thailand: processing and storage. J. Anim. Sci. 2004; 17(473-478).
 51. Información agrometeorológica. 2019.
 52. Díaz A. Diseño estadístico de experimentos. Segunda ed. Medellín: Universidad de antioquia; 2009.

53. AOAC. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists; 1990.
54. Altamirano M. Nutrición Animal. Primera ed. Rivera J, editor. México: Trillas S.A.; 2012.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. ANÁLISIS DE VARIANZA

ANEXO 1. Análisis de varianza de la DVIMS a las 0 horas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	136,90	4	34,23	40,55	<0,0001
Error	8,44	10	0,84		**
Total	145,34	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: Autora

ANEXO 2. Análisis de varianza de la DVIMS a las 3 horas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	197,20	4	49,30	26,54	<0,0001
Error	18,58	10	1,86		**
Total	215,77	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: Autora

ANEXO 3. Análisis de varianza de la DVIMS a las 6 horas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	266,31	4	66,58	72,74	<0,0001
Error	9,15	10	0,92		**
Total	275,47	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: Autora

ANEXO 4. Análisis de varianza de la DVIMS a las 12 horas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	495,77	4	123,94	13,51	<0,0005
Error	91,73	10	9,17		**
Total	587,50	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: Autora

ANEXO 5. Análisis de varianza de la DVIMS a las 24 horas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	562,65	4	140,66	4,97	<0,0182
Error	283,20	10	28,32		*
Total	845,84	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: Autora

ANEXO 6. *Análisis de varianza de la DVIMS a las 48 horas.*

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	669,59	4	167,40	4,71	<0,0214
Error	355,78	10	35,58		*
Total	1025,37	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: *Autora*

ANEXO 7. *Análisis de varianza de la DVIMS a las 72 horas.*

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	668,89	4	167,22	5,87	<0,0107
Error	284,73	10	28,47		*
Total	953,62	14			

*ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.*

Elaborado por: *Autora*

7.2. Fotografías de la investigación

ANEXO 8. Picado y pesado del material vegetativo.



ANEXO 9. lavado y llenado de los silos.



ANEXO 10. lavado y llenado de los silos.



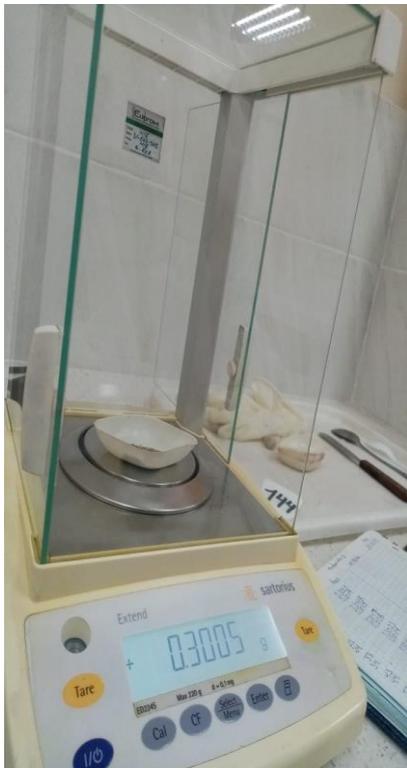
ANEXO 11. Pesado de cada tratamiento y llevado a la estufa para su respectivo secado por 48 horas a 65°C.



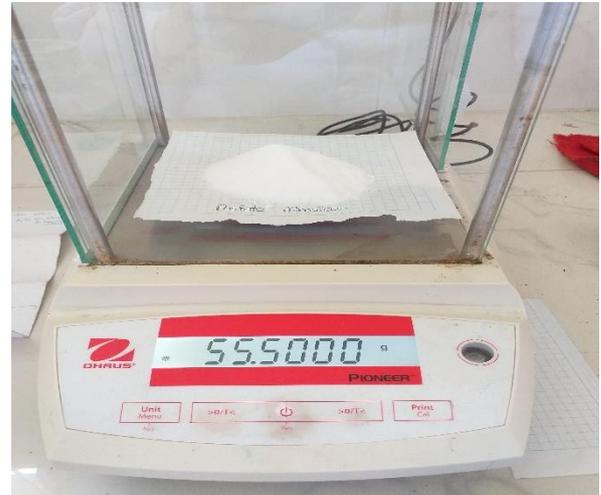
ANEXO 12. Se retiró las muestras de la estufa ya secas se las molió.



ANEXO 13. Preparación de las bolsitas ANKOM-F57 para degradabilidad.



ANEXO 14. Elaboración de saliva artificial para la degradación.



ANEXO 15. Extracción de líquido ruminal.



ANEXO 16. Manejo de la degradabilidad In vitro.

