



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE ZOOTECNIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Zootecnista

Título de la Unidad de Integración Curricular

Degradabilidad y Cinética Ruminal *in situ* de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base

Autor:

Mejia Guadamud Jandri Alejandro

Tutor de la Unidad de Integración Curricular:

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra

Quevedo–Los Ríos-Ecuador

2021 2022

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, **Mejia Guadamud Jandri Alejandro**, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que 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 normativa institucional vigente.

Mejia Guadamud Jandri Alejandro

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Jandri Alejandro Mejia Guadamud, realizó la Unidad de Integración Curricular, Proyecto de investigación titulado, “**DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU* DE UNA MEZCLA DE ENSILAJES DE MAÍZ FORRAJERO (ZEA MAYS) Y CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE (MUSA PARADISIACA) EN DIFERENTES PROPORCIONES EN UNA DIETA BASE.**”. Previo a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra
TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico

El suscrito, **Dr. Ítalo Espinoza Guerra**, Docente de la Universidad Técnica estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **MEJIA GUADAMUD JANDRI ALEJANDRO** realizó la Unidad de Integración Curricular titulada, “**Degradabilidad y Cinética Ruminal *in situ* de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base.**”. Previo a la obtención del Título de Ingeniería Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas.



Document Information

Analyzed document	MEJIA GUADAMUD JANDRI URKUND.docx (D141048079)
Submitted	2022-06-23 05:11:00
Submitted by	ITALO ESPINOZA
Submitter email	iespinoza@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	iespinoza.uteq@analysis.orkund.com

Dr. Ítalo Espinoza Guerra
DIRECTOR DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA ZOOTECNIA

Unidad de Integración Curricular

Título

**“DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU* DE UNA MEZCLA DE
ENSILAJES DE MAÍZ FORRAJERO (*ZEA MAYS*) Y CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE
(*MUSA PARADISIACA*) EN DIFERENTES PROPORCIONES EN UNA DIETA BASE”**

Presentado a la comisión académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero
Zootecnia.

Aprobado por:

Ing. Emma Torres Navarrete

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Alexandra Barrera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Adolfo Sánchez Laiño

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Quevedo-Los Ríos-Ecuador.

2022

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por permitirme vivir la magnífica experiencia a lo largo de mis cinco años de estudio, por guiarme y darme sabiduría para enfrentar momentos de dificultad. A mi madre Amada Guadamud, por ser la base fundamental de mi vida, por creer en mí y enseñarme a luchar por mis sueños, por sus valores y principios inculcados, que me encaminaron a ser una mejor persona.

A mis hermanas Evelyn y Madelyn por brindarme su cariño y ser mi soporte incondicional, a lo largo de todo este proceso, estando siempre junto a mí en cada paso. A mi pequeño hijo Ethan quien se ha convertido en mi motor y fortaleza para seguir adelante. A Mauricio Zúñiga por sus consejos y apoyo que de una u otra forma me acompañaron a lo largo de mi vida universitaria; Y a los amigos que me brindaron su amistad sincera y que espero en el transcurso de los años conservar.

Finalmente quiero expresar mi más grande agradecimiento para el Ingeniero Ítalo Espinoza y la Ingeniera Alexandra Barrera, por ser pieza clave; con sus valiosos conocimientos y colaboración permitiéndome culminar con éxito este proyecto.

Jandri Alejandro Mejia Guadamud

Dedicatoria

A mi madre Amada Guadamud y hermanas Evelyn Mejia y Madelyn Mejia por siempre darme el ejemplo de terminar lo que se inicia, enseñarme que la responsabilidad va más allá de cumplir con lo que se nos pide, que la devoción a lo que hacemos y la pasión por lo que nos gusta quizás no siempre es bien recibida por personas que no lo entienden, que a pesar de las dificultades, problemas y circunstancias siempre existe una razón para seguir luchando por nuestras metas, que es más importante hacer lo que es correcto a lo que los demás hacen, por todo eso y mucho más esta tesis se las dedico a ustedes.

Jandri Alejandro Mejia Guadamud

Resumen

El uso de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes ha originado un proceso que permite dar una opción de manejo a los desechos productivos. En este sentido, el objetivo de estudio fue establecer la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base. Los tratamientos evaluados fueron T1=50% ensilaje de maíz; 0% cáscara de plátano verde, T2=45% ensilaje de maíz; 5% de cáscara de plátano verde, T3=40% ensilaje de maíz; 10% cáscara de plátano verde, T4=35% ensilaje de maíz; 15% cáscara de plátano verde, T5=30% ensilaje de maíz; 20% cáscara de plátano verde. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos cuatro repeticiones. Para determinar las diferencias de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$). Se recolectó el material a ensilar a los 90 días de edad (Etapa Vegetativa V8). Se utilizaron residuos de cáscara de plátano, polvillo de arroz, pasta de soya y sales minerales. El proceso de fermentación anaeróbica duró 30 días, las muestras fueron secadas en una estufa con aire forzado a 65°C por 48 horas para determinar la humedad y materia seca parcial, se molió en un molino Thomas Willy con criba de 2 mm. Se desecó en estufa a 65 °C por 48 h. La DISMS y la DISMO se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon en cuatro bovinos castrados y fistulados del rumen. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que tuvo cada una 10 g de muestra molida, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. La digestibilidad *in situ* de MS y MO se incrementó con el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde con una degradación efectiva del 57,80 y 57,47% con una tasa de pasaje ($k = 0.02$). Los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y materia orgánica del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde, es una alternativa viable utilizando el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde debido a la dinámica de degradación ruminal de la MS y MO.

Palabras clave: Digestibilidad, nutritional assessment, residuos, tasa de pesaje, degradación efectiva.

Código Dublin

Título:	Degradabilidad y cinética ruminal <i>in situ</i> de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (<i>zea mays</i>) y cáscara de plátano verde (<i>musa paradisiaca</i>) en diferentes proporciones en una dieta base.				
Autor:	Mejia Guadamud Jandri Alejandro				
Palabras clave:	Valoración nutricional	Digestibilidad,	Degradación efectiva	Taza de pesaje	Residuos
Fecha de publicación	2022				
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo				
Resumen:	Resumen. - The use of agricultural residues in the feeding of ruminants has originated a process that allows giving a management option to productive waste. In this sense, the objective of the study was to establish the <i>in situ</i> ruminal kinetics and degradability of forage maize silage with green banana peel residues in different proportions of a base diet. The treatments evaluated were T1=50% corn silage; 0% green banana peel, T2=45% corn silage; 5% green banana peel, T3=40% corn silage; 10% green banana peel, T4=35% corn silage; 15% green banana peel, T5=30% corn silage; 20% green banana peel. A completely randomized block design with five treatments and four replications was applied. To determine the differences in the means, Tukey's multiple range test was obtained ($p<0.05$). The material to be ensiled was collected at 90 days of age (Vegetative Stage V8). Banana peel residues, rice powder, soybean paste and mineral salts were used. The anaerobic fermentation process lasted 30 days, the samples were dried in a forced air oven at 65°C for 48 hours to determine the humidity and partial dry matter, they were ground in a Thomas Willy mill with a 2 mm sieve. It was dried in an oven at 65 °C for 48 h. DISMS and DISMO are prolonged using the nylon bag technique in four castrated and rumen fistulated cattle. For each run, seven nylon bags of 10 x 21 cm and 53 mm pore size were used, each containing 10 g of ground sample, with an incubation sequence of 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72. hours. The <i>in situ</i> digestibility of DM and OM increased with the 20% inclusion of green banana peel with an effective degradation of 57.80 and 57.47% with a passage rate (k 0.02). The <i>in situ</i> ruminal degradability parameters of the dry matter and organic matter of forage corn silage with green banana peel residues, is a viable alternative using the 20% inclusion of green banana peel due to the dynamics of ruminal degradation of the MS and MO.				
Descripción	44 hojas: dimensiones 21x29,7 cm +CD-ROM				
URI:					

Abstract

The use of agricultural residues in the feeding of ruminants has originated a process that allows giving a management option to productive waste. In this sense, the objective of the study was to establish the in situ ruminal kinetics and degradability of forage maize silage with green banana peel residues in different proportions of a base diet. The treatments evaluated were T1=50% corn silage; 0% green banana peel, T2=45% corn silage; 5% green banana peel, T3=40% corn silage; 10% green banana peel, T4=35% corn silage; 15% green banana peel, T5=30% corn silage; 20% green banana peel. A completely randomized block design with five treatments and four replications was applied. To determine the differences in the means, Tukey's multiple range test was obtained ($p < 0.05$). The material to be ensiled was collected at 90 days of age (Vegetative Stage V8). Banana peel residues, rice powder, soybean paste and mineral salts were used. The anaerobic fermentation process lasted 30 days, the samples were dried in a forced air oven at 65°C for 48 hours to determine the humidity and partial dry matter, they were ground in a Thomas Willy mill with a 2 mm sieve. It was dried in an oven at 65 °C for 48 h. DISMS and DISMO are prolonged using the nylon bag technique in four castrated and rumen fistulated cattle. For each run, seven nylon bags of 10 x 21 cm and 53 mm pore size were used, each containing 10 g of ground sample, with an incubation sequence of 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72. hours. The in situ digestibility of DM and OM increased with the 20% inclusion of green banana peel with an effective degradation of 57.80 and 57.47% with a passage rate (k 0.02). The in situ ruminal degradability parameters of the dry matter and organic matter of forage corn silage with green banana peel residues, is a viable alternative using the 20% inclusion of green banana peel due to the dynamics of ruminal degradation of the MS and MO.

Keywords: digestibility, kinetics, residues, weighing rate, effective degradation.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Pág
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación 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
Código Dublin	ix
Abstract.....	x
1. Introducción.....	13
1.1. Planteamiento del problema.	15
1.2. Justificación.....	16
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
II. Marco teórico.....	18
2.1. Residuos agroindustriales en la producción de alimento para animales	18
2.2. Características del maíz como ensilaje.....	18
2.3. Cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	18
2.4. Degradabilidad <i>in situ</i>	19
2.5. Digestibilidad	20
2.6. Cinética	21
III. Metodología.....	22
3.1. Localización	22
3.2. Tipo de investigación	22
3.3. Método de investigación	22
3.3.1. Método analítico deductivo	22
3.3.3. Método de campo	23
3.3.4. Método explicativo.....	23
3.4. Fuentes de recopilación de la información.....	23
3.4.1. Fuentes Primarias	23
3.4.2. Fuentes Secundarias	24

3.5.	Diseño de la investigación.....	24
3.5.1.	Esquema del análisis de Varianza	25
3.5.2.	Descripción de los tratamientos	25
3.5.3.	Esquema del experimento.	26
3.5.4.	Variables evaluadas.....	27
3.6.	Procedimiento experimental.....	28
3.7.	Recursos humanos y materiales	29
3.7.1.	Recursos humanos.....	29
3.7.2.	Materiales e insumos	29
IV.	Resultados.....	31
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1.	Conclusiones	36
5.2.	Recomendaciones.....	36
VI.	Bibliografía.....	37
VII.	ANEXOS	40

1. Introducción

La producción ganadera en el Ecuador se basa en pastoreos rotativos, y la producción de pastizales está a expensas de las condiciones climáticas (época de lluvias o sequía). En la época seca el rendimiento y valor nutricional de la biomasa forrajera es limitado, lo cual reduce el desempeño productivo de los animales. Una alternativa para el productor es la utilización de fuentes alimenticias con base en ensilaje, henolaje y subproductos agroindustriales lo que permite subsanar la deficiencia nutricional a bajo costo (1).

El proceso de ensilaje en bolsas plásticas permite conservar el forraje en un estado físico químico parecido al que tiene en el momento de la recolección (2). La utilización de la planta de maíz sin la mazorca para ensilar puede ser viable debido a la gran disponibilidad de este tipo de forraje durante el año (3). El ensilaje de los forrajes se presenta como una alternativa viable para la época de escasez estacional, y la combinación de los residuos agroindustriales con los forrajes en la alimentación animal resulta estratégica para alcanzar un desarrollo territorial y favorecer a la soberanía alimentaria de modo sostenible (1).

El uso de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes ha originado un proceso que permite dar una opción de manejo a los desechos productivos. Este uso de los desechos agrícolas ha resultado ser una excelente opción como alternativa de solución, y se han generado muchos estudios para la búsqueda de fuentes de alimentación alternativa (4). El plátano es uno de los cultivos más comunes en los países con clima tropical como el Ecuador y especialmente en la zona de la provincia de Los Ríos y lo que se consume es su pulpa, lo que provoca grandes cantidades de residuos de cáscara que si no son tratados adecuadamente provocan contaminación ambiental (5).

El uso inadecuado de residuos agrícolas es común en el sector de la costa ecuatoriana y causa alteraciones en los diferentes medios enfocándose aún más en el socioeconómico, que puede llegar a generar pérdidas económicas para los agricultores y empresas, la industria de alimentos produce grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas. Entre estos residuos se encuentran los provenientes de residuos agrícolas de plátano,

maracuyá, piña, etc., los cuales pueden ser utilizados en alimentación bovina, y a su vez contribuye en el cuidado del medio ambiente y estado financiero de los agricultores con el buen uso de dichos residuos (4)

La cáscara de plátano de uso industrial representa del 35% al 40%, del peso total del fruto, siendo una cantidad considerable de residuos que se podrían aprovechar para la producción de complejos enzimáticos. Actualmente, cerca de un 4% de la producción nacional de plátano se destina al mercado de exportación, el restante se dirige hacia el consumo interno en fresco y una muy pequeña proporción, menos del 1%, se destina como materia prima para la agroindustria nacional. Se estima que el mercado industrial del plátano absorbe aproximadamente 12 mil t/año y se destinan a productos procesados para consumo humano y concentrados para consumo animal, donde se generan grandes residuos ricos en lignina y celulosa (6). Verdecia *et al.* (7) manifiestan que los rumiantes en el trópico sustentan su alimentación en el consumo de forrajes, por ello es necesario determinar tanto el contenido nutricional como la digestibilidad de los alimentos, con el fin de estimar nutrientes y la cantidad aprovechada por el animal.

La técnica de la bolsa de nailon, también llamada *in sacco* o *in situ* en el rumen, ha sido adoptada como un método estándar para determinar el grado y la tasa de degradación ruminal de la materia seca (MS) y de la proteína de los alimentos para rumiantes. Dicha técnica involucra la incubación del sustrato en bolsas de nailon dentro del rumen de animales fistulados, obteniéndose a intervalos de tiempo la información del rango de fermentación, midiéndose la pérdida de ms y de proteína de la bolsa. Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de nitrógeno (N) al rumiante y sus microbios (8).

1.1. Planteamiento del problema.

El presente trabajo de investigación se plantea por la falta de información de tablas nutricionales de los principales residuos agrícolas que genera la agricultura y se suministra en las ganaderías ecuatorianas. La época seca afecta la producción de alimento forrajero para los animales rumiantes. En Ecuador, existe una gran cantidad de desechos agroindustriales que se pueden utilizar como suplemento en la alimentación animal. Sin embargo, no se fomentan las actividades productivas como el ensilaje, que es un método de conservación de alimentos, que puede ser usado por pequeños productores de la provincia de Los Ríos, en este sentido, se puede ensilar utilizando cultivos de maíz forrajeros, pastos de corte y residuos como la cáscara de plátano, maracuyá, piña y otros residuos agrícolas que pueden suplir en parte las necesidades del ganado vacuno (1).

1.2. Justificación

En Ecuador la producción ganadera se basa en la producción de los pastizales, ya sea para pastoreo o para corte. Sin embargo, durante la época seca (junio-diciembre), la biomasa forrajera se ve afectada perjudicando la producción de los animales y por consiguiente disminuyen los ingresos. Una alternativa a la escasez de alimento en época seca es el uso de forrajes ensilados, como es el caso del maíz forrajero que al ser mezclado con diferentes niveles de cascara de plátano resulta una alternativa viable para alimentar a los animales a bajo costo, a la vez que contribuye a generar un impacto positivo en la economía del productor reduciendo gastos de alimentación, además de reducir la contaminación ambiental.

Aquellos resultados que se logre durante el progreso de esta investigación servirán de línea para estudiantes, docentes, investigadores y productores locales en la búsqueda de alternativas alimenticias con recursos propios del medio donde se encuentre el productor, dando un mejor manejo dentro del agroecosistema donde se utilizan las alternativas alimentarias con base en ensilajes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Evaluarla degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones de una dieta base.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Detallar los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones de una dieta base.
- ✓ Determinar los parámetros de la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia orgánica (MO) de una dieta formulada a base de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde en una dieta base.
- ✓ Estimar los parámetros de cinética ruminal *in situ* de MS y MO del ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base.

II. Marco teórico

2.1. Residuos agroindustriales en la producción de alimento para animales

El uso de subproductos agroindustriales en la alimentación animal está en aumento en todo el mundo debido no solo al alto costo de las materias primas convencionales en las dietas de la alimentación animal, además ayuda a reducir el problema medioambiental derivado de su acumulación, puede mejorar la salud del ganado y la calidad de subproductos (9).

2.2. Características del maíz como ensilaje

El principal cultivo que se emplea para elaboración de ensilaje es el maíz (*Zea mays*), el cual se utiliza como forraje fresco y ensilado, además del rastrojo o panca que se emplea en la época seca (4). El maíz es el cultivo más utilizado para ensilar, debido a su alta concentración de energía y palatabilidad, además, presenta alto rendimientos por unidad de superficie, buena uniformidad en el valor nutritivo y facilidad para su manejo y almacenaje (10,11,12).

La calidad y valor nutricional del ensilaje dependen de muchos factores, tanto biológicos como tecnológicos: tipo de cultivo, estado de madurez, contenido de materia seca, concentración de carbohidratos solubles, microorganismos dominantes en la fermentación, tipo de silo, velocidad de llenado, técnica de sellado, condiciones climatológicas, uso de aditivos, etc. (13,11). Por otro lado, existen trabajos, que indican que el ensilado no es un alimento completo cuando tiene como único ingrediente el forraje de maíz y que su calidad mejora al incorporar residuos de frutas y agrícolas (4,5).

2.3. Cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)

El plátano es un tipo de planta herbácea monocotiledónea, que pertenece a la familia musaceae. El principal subproducto del proceso de la industria del plátano es la cáscara, la cual representa el 30% del peso del fruto, la utilización de la cáscara de plátano depende de

su composición química. La cual es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (14).

La cáscara de plátano posee un elevado valor nutricional, principalmente desde el punto de vista energético, lo que le confiere gran potencial para su utilización en la alimentación animal. Entre sus características, se encuentra su elevado contenido de materia seca y alta concentración de carbohidratos no fibrosos (15). La cáscara de plátano de uso industrial representa del 35% al 40%, del peso total del fruto, siendo una cantidad considerable de residuos que se podrían aprovechar para la producción (Manjarrez et al., 2010). En las plantaciones de musáceas o zonas aledañas, el uso de los residuos vegetales como forraje para alimentación animal podría constituir una alternativa económica para los agricultores, ya que lo único cosechado es el fruto para la venta comercial, y un 70-80% de la producción no es aprovechada quedando muchas veces en el campo hasta su descomposición natural o incineración por parte del agricultor lo que genera muchas veces problemas de contaminación (16,17,18,19).

2.4. Degradabilidad *in situ*

La degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos (20). La técnica de degradación *in situ* ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen. Los nuevos modelos para formulación y evaluación de raciones requieren de la determinación precisa de aspectos dinámicos de la degradación de alimentos en el rumen y han adoptado a la técnica *in situ* como instrumento para facilitar este tipo de mediciones. Numerosas son las fuentes de variación relacionadas con la técnica que pueden alterar las estimativas de la tasa y la extensión de la degradación, entre ellas podemos citar: el tamaño de los sacos de nylon, el tamaño de los poros del saco, la posición de los sacos dentro del rumen, el tamaño de partícula del alimento y el procesamiento matemático de la información. Diferentes modelos matemáticos han sido propuestos para estudiar la cinética de degradación. En la construcción de estos modelos han sido tenidas en cuenta las características particulares del sustrato en estudio, aspectos

anatómicos y fisiológicos del animal y procesos relacionados con la hidratación y colonización del sustrato por parte de los microorganismos ruminales (21).

Entre las técnicas propuestas para evaluar digestión ruminal de materias primas, se encuentra la de Orskov y McDonald (22) quienes utilizaron bolsas de material sintético, no degradable en el rumen para incubar muestras, asumiendo que la porción que desaparece de éstas es la fracción degradable de ese alimento, mientras, la que permanece en las bolsas es la fracción no degradable (23).

El proceso de digestión de los animales rumiantes es complejo ya que involucra una serie de interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Separar el proceso en sus distintos componentes permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su representación matemática (23). Puesto que la cinética como tal se describe mediante modelos matemáticos de regresión no lineal que se derivan de la degradación de los materiales nutricionales a diferentes tiempos de incubación en el rumen, esta fermentación microbiana se da en tres estados o fracciones obedeciendo a una fase inicial de digestión lenta, seguida de una fase de aceleración y otra de desaceleración hasta alcanzar un valor asintótico, al que se le ha llamado digestibilidad potencial (24), conforme aumenta el tiempo de exposición en el rumen.

2.5. Digestibilidad

Se define a la digestibilidad como una de las formas de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir la facilidad con la que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (25). La digestibilidad de los forrajes y pastos por parte del animal dependen de su contenido de fibra bruta, que aumenta según el desarrollo de la planta por contener tallos de las especies de gramíneas y ciertas leguminosas como la alfalfa tiene una mayor impregnación de lignina y cutina haciéndola menos digestibles (26).

2.6. Cinética

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Separar el proceso en sus distintos componentes permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su descripción matemática). Puesto que la cinética como tal se describe mediante modelos matemáticos de regresión no lineal que se derivan de la degradación de los materiales nutricionales a diferentes tiempos de incubación en el rumen, esta fermentación microbiana se da en tres estados o fracciones obedeciendo a una fase inicial de digestión lenta, seguida de una fase de aceleración y otra de desaceleración hasta alcanzar un valor asintótico, al que se le ha llamado digestibilidad potencial, conforme aumenta el tiempo de exposición en el rumen. Los modelos matemáticos permiten estudiar y estimar parámetros que describen la naturaleza intrínseca de los alimentos y las interacciones de los nutrientes que limitan su digestión (23).

Uno de los modelos que más se han utilizado es la descrita por Ørskov y McDonald (22); Rosero & Posada, (23); Correa, (27); Naranjo, (24); Navarro (28).

$$P=A+B([1-\exp] ^{-ct})$$

Dónde: P: Por ciento de degradación a tiempo t; A: fracción soluble que se obtiene por lavado de las bolsas a la hora cero. Esta fracción se considera cero para la parte fibrosa, puesto que la fibra no se solubiliza por lavado; B: fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: tasa de degradación de B: tiempo de incubación; A + B: Degradabilidad potencial de la muestra para t igual a 72 horas.

Un cálculo complementario de gran importancia es la Degradabilidad ruminal Efectiva (DE) dado que permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que escapan a la degradación ruminal. La estimación correcta de la el (DE) en el rumen de las distintas fracciones nutricionales de los alimentos es fundamental para el desarrollo de programas eficientes de alimentación para rumiantes (24)

III. Metodología

3.1. Localización

La investigación se realizó en el laboratorio de Rumiología y Metabolismo Animal localizado en el campus “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el km 7.5 de la Vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Cuya ubicación geográfica es de 10 6’ 28’’ de latitud sur y 700 27’ 13’’ de longitud Oeste, a una altura de 72 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones meteorológicas se presentan en el tabla 1.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas del campus experimental La María, UTEQ.

Condiciones	
Temperatura promedio °C	28
Humedad relativa (%)	73
Heliofanía horas luz/año	3190
Precipitación anual mm	2461
Evaporación, promedio anual (mm)	89.46
Zona ecológica	Bosque Húmedo Tropical (bh – T)

Fuente: (29).

3.2. Tipo de investigación

Investigación de campo: el objetivo se centra en controlar el fenómeno de estudio empleando el razonamiento hipotético – deductivo utilizando muestras representativas. Mediante técnicas estadísticas paramétricas como estrategia de control y medida estadística descriptiva para analizar datos.

3.3. Método de investigación

3.3.1. Método analítico deductivo

En la presente investigación se realizó un análisis en la degradabilidad del ensilaje de maíz forrajero y cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base, asociados a la alimentación. Los resultados obtenidos se refutaron en las conclusiones.

3.3.2. Método exploratorio

En el desarrollo de la investigación fue necesario aplicar el método exploratorio para poder recabar información sobre la degradabilidad del ensilaje de maíz y cáscara de plátano en diferentes proporciones de una dieta base.

3.3.3. Método de campo

La investigación se desarrolló en el campus la maría de la UTEQ. Se recopilaron datos en el campo experimental para determinar las causas y los efectos en la degradabilidad del ensilaje de maíz y cáscara de plátano en diferentes proporciones de una dieta base.

3.3.4. Método explicativo

Este método se utilizó para responder cuales fueron los parámetros estudiados y la calidad de la dieta base para así ayudar a los productores cuando haya escases de alimentos.

3.4. Fuentes de recopilación de la información

3.4.1. Fuentes Primarias

La información primaria, se consiguió mediante la observación directa sobre las variables de estudio, a partir de la degradabilidad del ensilaje de maíz y cáscara de plátano en diferentes proporciones de una dieta base que contiene los elementos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de rumiantes.

3.4.2. Fuentes Secundarias

La información presentada en el marco conceptual y referencial se tomó de diversas fuentes secundarias como:

- Revistas científicas.
- Artículos científicos.
- Tesis de pre y posgrado
- Libros.
- Informes de instituciones científicas.

3.5. Diseño de la investigación

Para el presente estudio se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Se realizó este diseño por considerar el número de animales (4) donde cada animal es una repetición o bloque, para determinar las diferencias de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), y el modelo estadístico del diseño es el siguiente (30).

Modelo Matemático.

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + Ej_{(i)}$$

Donde:

Y = es la variable de respuesta de interés.

μ = promedio general de la población sobre la cual se está trabajando

t = es la variación que se atribuye a los niveles del factor que se está evaluando (efecto de los tratamientos).

ξ = es la variación de los factores no controlados (el error experimental)

i = i -ésimo tratamiento

j = j -ésima repetición de cada tratamiento

$j(i)$ = es la variación de las unidades experimentales anidadas en los tratamientos.

3.5.1. Esquema del análisis de Varianza

El esquema del análisis de varianza se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	t-1	4
Repeticiones	r-1	3
Error experimental	(t-1)(r-1)	12
Total	t.r-1	19

3.5.2. Descripción de los tratamientos

Dietas experimentales que se utilizaran en la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones en una dieta base, que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Dietas experimentales de la degradabilidad y cinética ruminal *in situ* con base de ensilaje de maíz forrajero y cáscara de plátano verde en diferentes proporciones en una dieta base.

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5
Ensilaje de maíz forrajero (%)	50	45	40	35	30
Ensilaje de cascara de plátano Verde (%)		5	10	15	20
Polvillo (%)	27	27	27	27	27
Pasta de soya (%)	20	20	20	20	20
Sales minerales (%)	3	3	3	3	3
Total	100	100	100	100	100

3.5.3. Esquema del experimento.

El esquema del experimento se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Esquema del experimento

BLOQUES	TRATAMIENTOS
BLOQUE 1	T1 Dieta 1
	T2 Dieta 2
	T3 Dieta 3
	T4 Dieta 4
	T5 Dieta 5
BLOQUE 2	T1 Dieta 1
	T2 Dieta 2
	T3 Dieta 3
	T4 Dieta 4
	T5 Dieta 5
BLOQUE 3	T1 Dieta 1
	T2 Dieta 2
	T3 Dieta 3
	T4 Dieta 4
	T5 Dieta 5
BLOQUE 4	T1 Dieta 1
	T2 Dieta 2
	T3 Dieta 3
	T4 Dieta 4
	T5 Dieta 5

3.5.4. Variables evaluadas

3.5.4.1. Degradabilidad ruminal *in situ*

Se determinó la degradación ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) y Materia Inorgánica (MI) de cada tratamiento en los siete tiempos de incubación con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$DIS_{MS;MO;MI}(\%)$: Porcentaje de degradación *in situ* de la MS, MO o MI

M_{pre} : Materia pre-incubada

M_{post} : Materia post-incubada

3.5.4.2. Materia seca (MS)

Se determinó el porcentaje de materia seca de cada tratamiento antes y después de la incubación sometiendo a las muestras al secado en estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas.

Para la composición y cálculos de degradabilidad el porcentaje se calculará con la siguiente fórmula:

$$MS(\%) = \frac{M_{inicial} - M_{final}}{M_{inicial}} \times 100$$

Donde:

$MS(\%)$: porcentaje de materia seca

$M_{inicial}$: Muestra inicial antes del secado

M_{final} : Muestra final posterior al secado

3.6. Procedimiento experimental

Para el efecto de esta investigación se recolecto el material a ensilar a los 90 días de edad (Etapa Vegetativa V8). Se utilizaron residuos de cáscara de plátano, polvillo de arroz, pasta de soya y sales minerales. El proceso de fermentación anaeróbica tuvo una duración de 30 días, posteriormente se extrajo muestras que luego fueron secadas en una estufa con aire forzado a 65°C por 48 horas para determinar la humedad y materia seca parcial, para posteriormente molerlos en un molino Thomas Willy con criba de 2 mm, se almacenó en fundas plásticas con su respectiva rotulación.

La muestra se desecó en estufa (Memmert UN55, Memmert, Schwabach, Alemania) a 65 °C por 48 h. La DISMS y DISMO se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon en cuatro bovinos castrados y fistulados del rumen de 500 kg±de peso vivo. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que tuvo cada una 10 g de muestra molida, seis bolsas se suspenden en la parte ventral del rumen, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas según la técnica Orskov y McDonald (8), que consiste en la técnica de la bolsa de nylon, también llamada *in sacco* o *in situ* en el rumen, ha sido adoptada como un método estándar para determinar el grado y la tasa de degradación ruminal de la materia seca (MS). Dicha técnica involucra la incubación del sustrato en bolsas de nylon dentro del rumen de animales fistulados, obteniéndose a intervalos de tiempo la información del rango de fermentación, midiéndose la pérdida de material vegetal en un determinado tiempo.

La desaparición del material en la hora cero, se estimó en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las demás. Durante la prueba los bovinos fueron alimentados con pasto saboya a libre acceso y controlados permanentemente por los servicios veterinarios de la UTEQ, evitando situaciones de sufrimiento y favoreciendo el comportamiento natural Posteriormente las bolsas fueron secadas en una estufa a 60 °C durante 48 h; el residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se determinó su contenido de MS, cuyo porcentaje de desaparición se estimó por diferencia.

Pasado el tiempo de incubación, las muestras se extrajeron del rumen, se lavaron con agua destilada, se desecaron a 65 °C durante 48 h y se pesaron. La desaparición de la materia seca (MS) se ajustó según el modelo exponencial descrito por Ørskov y McDonald (22), mediante la ecuación:

$$p = a + b [1 - e^{-(c \times t)}]$$

Donde, p es el porcentaje de MS que desaparece en el tiempo t; a la fracción soluble (%) por lavado de las bolsas a la hora 0; b la fracción insoluble (%) pero potencialmente degradable, y c la tasa de degradación de b (h⁻¹). La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02; 0,05 y 0,08h⁻¹, de acuerdo con la ecuación:

$DEMS = a + [(b \times c)/(c+k)]$ Donde a; b; c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación se calculó con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Todos los análisis estadísticos se tabularon en Excel y luego se importaron al software libre estadístico InfoStat (31), se evaluaron los tratamientos aplicados. Los datos de degradabilidad *in situ* de la materia seca y cinética de degradabilidad ruminal se analizaron con el procedimiento GLM, utilizando el tratamiento como efecto fijo, y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey, cuando el efecto estudiado sea el tiempo, la comparación de las medias de mínimos cuadrados cuando el efecto estudiado sea el tratamiento se realizó el test de Tukey. La significación estadística se declara a (P<0,05).

3.7.Recursos humanos y materiales

3.7.1. Recursos humanos

- Director del proyecto de investigación Ing. Ítalo Fernando Espinoza Guerra, Ph. D.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación: Jandri Alejandro Mejia Guadamud

3.7.2. Materiales e insumos

- Prensa hidráulica
- Balanza gramera electrónica
- Estufa
- Molino
- Balanza analítica
- Tamiz de 500 micrómetros
- Desecador
- 4 bovinos Brahmán fistulados

Materiales utilizados en el campo.

- 200 kg maíz forrajero (*Zea Mays*)
- 200 kg de cascara de plátano (*Musa paradisiaca*)
- 25 crisoles
- 210 bolsas Ankon 10x5cm
- 25 bandejas de aluminio
- 500 ligas
- 1 rollo de fundas
- 1 marcador de tela
- 1 rollo de piola
- 1 mandil
- Guantes quirúrgicos

IV. Resultados

4.1. Degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Seca del ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base

Los resultados de degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Seca del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones de una dieta base, se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetro de degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Seca de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base

Horas de incubación ruminal	T1	T2	T3	T4	T5	E. E	C.V	P
0	32,27 a	34,12 a	35,17 a	33,19 a	34,57 a	1,50	8,83	0,6763
3	34,77 a	35,64 a	37,29 a	36,68 a	37,47 a	0,62	3,44	0,0453
6	38,02 a	39,42 a	40,06 a	37,93 a	40,22 a	0,72	3,67	0,1150
12	42,82 b	44,55 b	44,63 b	44,83 ab	47, 86 a	0,70	3,11	0,0043
24	49,28 b	53,66 ab	55,27 a	57,63 a	58,23 a	1,08	3,92	0,0005
48	56,82 c	59,15 bc	60,21 ab	61,56 ab	62,31 a	0,58	1,94	0,0002
72	59,38 d	61,80 c	63,08 c	64,90 b	66,58 a	0,29	0,92	0,0001

T1=50% ensilaje de maíz; 0% cáscara de plátano verde, T2=45% ensilaje de maíz; 5% de cáscara de plátano verde, T3=40% ensilaje de maíz; 10% cáscara de plátano verde, T4=35% ensilaje de maíz; 15% cáscara de plátano verde, T5=30% ensilaje de maíz; 20% cáscara de plátano verde. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

Los porcentajes de degradabilidad *in situ* de Materia Seca del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base no presenta diferencias ($p\geq 0.05$) en la hora 0 ,3 y 6 horas de incubación ruminal, mientras que a las 12, 24, 48 y 72 horas de incubación ruminal demuestra diferencias entre tratamientos ($p\leq 0.05$). A las 12 horas de incubación ruminal el tratamiento T5 (47,86 %) presentó valores superiores ($p\leq 0.05$) en relación con los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (42,82; 44,55; 44,63 y 44,83% respectivamente). A las 24 horas los tratamientos T3, T4 y T5 (55,27; 57,63; 58,23%) presentaron valores superiores ($p\leq 0.05$) al T1 y T2 (49,28 y 53,66%). A las 48 y 72 horas de incubación ruminal el tratamiento T5 (62,31 y 66,58%) muestra alto contenido de MS,

indicando que esta fracción tiene la cantidad de sustrato disponible para la fermentación de las bacterias ruminales en la degradación del suplemento con la inclusión de 20% de cáscara de plátano verde, estos porcentajes indican que a medida que se aumentó el ensilaje de residuo cáscara de verde en la dieta base se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$).

4.2. Cinética ruminal *in situ* de Materia Seca del ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base

Al analizar los parámetros de degradabilidad (Tabla 6) se observó que, el valor de la fracción soluble (a) fue similar en todos los tratamientos, posibilitando la rápida desaparición de la fracción potencialmente degradable (a+b) superior en el T4 y T5 (66,67 y 67,31%) y en el menor tiempo de incubación ruminal, lo que demuestra la existencia del sustrato altamente fermentable, capaz de asegurar desde las 12 horas el inicio de la actividad degradativa de los microorganismos ruminales. No obstante, el valor de la fracción insoluble, pero potencialmente degradable (b) de la MS en el rumen contribuyó con la mitad de la fracción a+b para todos los tratamientos, superando el T4 y T5 (34,97 y 34,01%), respectivamente.

Tabla 6. Parámetros de cinética ruminal *in situ* de la materia seca de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base

	T1 0% de cáscara de plátano verde	T2 5% de cáscara de plátano verde	T3 10% de cáscara de plátano verde	T4 15% de cáscara de plátano verde	T5 20% de cáscara de plátano verde	CV	p-valor	E.E
A	31,87 a	32,89 a	34,10 a	31,71 a	33,30 a	6,18	0,4546	1,01
B	30,16 c	30,76 bc	31,01 bc	34,97 a	34,01 ab	4,75	0,0022	0,76
C	0,04 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,05 a	24,77	0,6483	0,01
A+B	62,02 c	63,64 ab	65,11 ab	66,67 a	67,31 a	2,72	0,0067	0,88
DE								
K 0.02	51,28 d	53,68 c	54,79 bc	55,83 ab	57,18 a	1,13	0,0001	0,31
K 0.05	44,68 c	46,98 b	47,93 b	48,31 ab	49,88 a	1,53	0,0001	0,36
K 0.08	41,46 c	43,56 b	44,50 ab	44,40 ab	46,01 a	4,62	0,0001	0,36

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%. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

Con todo, se observó que tanto la fracción “b” como “a+b”, pierden resistencia al ataque microbiano del alimento en el rumen, favoreciendo con ello, que parte del suplemento sean digerido posteriormente en el intestino.

4.3. Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia orgánica (MO) de una dieta formulada a base de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde en una dieta base

Los resultados de degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Orgánica del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones de una dieta base, se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Parámetro de degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Orgánica de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base

Horas de incubación ruminal	T1	T2	T3	T4	T5	E. E	C.V	P
0	34,56 a	33,92 a	38,06 a	38,28 a	31,76 a	2,31	13,07	0,2698
3	36,89 a	37,13 a	38,32 a	32,52 a	38,91 a	1,59	8,66	0,0995
6	37,48 a	40,28 a	41,45 a	36,13 a	40,45 a	1,49	7,62	0,1230
12	42,79 b	45,59 ab	47,69 ab	43,10 b	52,67 a	1,61	6,93	0,0056
24	51,71 c	52,66 bc	58,69 a	55,35 abc	57,99 ab	1,27	4,58	0,0069
48	56,06 b	58,28 ab	60,92 a	60,80 a	60,42 ab	1,02	3,45	0,0234
72	59,02 d	61,48 c	63,30 bc	64,91 b	67,64 a	0,43	1,36	0,0001

T1=50% ensilaje de maíz; 0% cáscara de plátano verde, T2=45% ensilaje de maíz; 5% de cáscara de plátano verde, T3=40% ensilaje de maíz; 10% cáscara de plátano verde, T4=35% ensilaje de maíz; 15% cáscara de plátano verde, T5=30% ensilaje de maíz; 20% cáscara de plátano verde. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0.05).

Los resultados muestran una tendencia similar entre tratamientos de 0 a 6 horas de incubación ruminal; pero la curva durante todo el periodo de incubación fue mayor (67.64%) para el T5=30% ensilaje de maíz; 20% cáscara de plátano verde, presentando mejor porcentaje de degradación ruminal a las 72 horas. Esta tendencia fue similar en un estudio realizado en degradabilidad de la materia orgánica de una dieta que reemplazaron el maíz

con 20% de harina de maracuyá y a las 72 h reportaron 67,54% de desaparición del material evaluado (35).

Por la naturaleza de cada uno de los tratamientos se observa que los porcentajes más altos de desaparición progresiva fueron desde las 6 hasta las 48 horas de incubación, manteniendo un comportamiento semejante en todos los tratamientos.

4.4. Los parámetros de cinética ruminal *in situ* de la materia orgánica (MO) del ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base

En la tabla 8 se aprecia que las dietas con ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde muestra en todos los tratamientos un moderado contenido de materia orgánica (MO), fracción que tiene influencia en la cantidad de sustrato disponible para la fermentación de las bacterias ruminales. Es así, que la composición química de la cáscara de plátano verde presenta un rango establecido por la literatura que la MO oscila desde 83,51 hasta 87% (36) aprovechándose un 38,8% la fracción soluble. De acuerdo con García *et al.* (37), la composición de estos residuos cumple con las particularidades necesarias para ser empleados como sustratos para la producción de hongos, contribuyendo a la disminución de los impactos ambientales generados por los volúmenes de estos residuos agroindustriales, y contribuye a reducir la acumulación de materia orgánica que se produce como residuo del cultivo de plátano.

En este sentido, la MO tuvo la misma tendencia que la MS, los resultados de la fracción soluble (a) fue similar en todos los tratamientos con valores desde un 31,81 a 35,83%, viabilizando la desaparición de la fracción potencialmente degradable (a+b) superior en el T4 (70,33%) seguido del T5 (65,41%) demostrando un sustrato fermentable de manera creciente con diferencias de la actividad degradativa por los microorganismos ruminales a las 12 horas. Mientras, la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) de la MO en el rumen (Tabla 8) contribuyo con la mitad de la fracción a+b para los tratamientos T4 (37,26%) seguido de T5 (33,61%), T2 (32,12%) y T3 (29,24%), el mismo comportamiento

tuvo el potencial de degradación ruminal, pues, parte del suplemento se infiere que será digerido posteriormente en el intestino.

En cuanto a la tasa de degradación obtenida (3% a 7%), corresponde a alimentos de mediana calidad, mientras, las tasas de recambio ruminal muestra en 57,47% (k 0.02) estimado así un 20% de utilización de cáscara de plátano verde en la ración de rumiantes.

Tabla 8. Parámetros de degradación ruminal *in situ* de la materia orgánica de una mezcla de ensilajes de maíz forrajero (*Zea mays*) y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en diferentes proporciones en una dieta base

	T1 0% de cáscara de plátano verde	T2 5% de cáscara de plátano verde	T3 10% de cáscara de plátano verde	T4 15% de cáscara de plátano verde	T5 20% de cáscara de plátano verde	CV	p-valor	E.E
A	32,55 a	31,91 a	35,83 a	33,08 a	31,81 a	11,64	0,5887	1,92
B	27,27 b	32,12 ab	29,24 ab	37,26 a	33,61 ab	11,36	0,0177	1,81
C	0,06 a	0,04 a	0,04 a	0,03 a	0,07 a	52,19	0,3175	0,01
A+B	59,82 b	64,02 ab	65,06 ab	70,33 a	65,41 ab	4,39	0,0039	1,42
DE								
K 0.02	51,18 d	52,85 cd	55,92 ab	55,10 bc	57,47 a	1,91	0,0001	0,52
K 0.05	45,61 b	45,73 b	46,85 b	46,85 b	50,85 a	3,09	0,0016	0,73
K 0.08	42,74 b	42,24 b	43,12 b	43,12 b	46,99 a	3,91	0,0134	0,85

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%

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) verde en diferentes proporciones de una dieta base, es una alternativa viable utilizando el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde debido a la dinámica de degradación ruminal de la MS.

Los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia orgánica del ensilaje de maíz forrajero con residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) verde en diferentes proporciones de una dieta base, es una alternativa viable utilizando el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde debido a la dinámica de degradación ruminal de la MO.

La digestibilidad *in situ* de MS y MO del ensilaje de maíz forrajero y residuos de cáscara de plátano verde en diferentes proporciones de una dieta base se incrementó con el 20% de inclusión de cáscara de plátano verde con una degradación efectiva del 57,80 y 57,47% con una tasa de pasaje k 0.02 para MS y MO.

5.2. Recomendaciones

Incrementar el tiempo de degradación ruminal para obtener la máxima fermentación y degradación *in situ*.

Realizar pruebas de campo con animales mayores de producción.

Agradecimiento

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su financiamiento por medio del Fondo Competitivo de Investigación Ciencia y Tecnología Convocatoria 8 (FOCICYT) en el proyecto "Uso de ensilajes de maíz forrajero y residuos agrícolas en la alimentación de ovinos tropicales en pastoreo".

VI. Bibliografía

1. Espinoza, I., Medina, M., Barrera, A., Ronald, V., Montenegro, L. Efecto de inclusión de cáscara de plátano en la degradabilidad in situ de ensilaje de maíz forrajero. Revista Ingeniería e Innovación. 2020 junio.
2. Caraballo, A. Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y Maíz (*Zea mays*). 2012.
3. Garcés, A., Suárez, E., Guillermo, J., Ruíz, S. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. Revista Lasallista de Investigación. 2006 Julio-diciembre; 3(2): p. 34-37.
4. Espinoza I, Montenegro L, Sánchez L, Romero M, Medina M, García A, et al. Composición bromatológica y degradabilidad ruminal in situ de residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*). Ciencia y tecnología. 2017 Dec; 10(2).
5. Montenegro L, Espinoza I, Sánchez A, Barba C, García A, Requena F, et al. Composición Química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con inclusión de residuos de frutas tropicales. Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias. 2018 Jul; 28(4): p. 306-313.
6. Manjarrés, K., Castro, A., Rodríguez, E. Producción de lacasa utilizando *Pleurotus ostreatus* sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña. Lasallista de Investigación. 2010; 7(2): p. 9-15.
7. Verdecia, D., Ramírez, J., Leonard, I., Pacual, Y., & López, Y. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria. 2008; 9(5): p. 1-9.
8. Orskov, E., Deb Hovell, Mould, F. uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. producción animal tropical. 1980; 5: p. 213-233.
9. Martínez, M., Hernández, J., Aguilar, B., Juárez, H., Vargas, J., Urquiza, M. Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. Madera y bosques. 2012; 18(3).
10. Alaniz, V. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Duran-go. 2008;: p. 1-35.

11. Ozduven L,KF. The Effects of Bacterial Inoculants and/or Enzy-mes on the Fermentation, Aerobic Stability and in vitro Dry an Organic Matter Digestibility Characteristics of Triticale Silages; Kafkas Univ Vet Fak Derg. 2010; 16: p. 751-756.
12. Nkosi B,MT,LR,T. Effects of bacterial silage inoculants of whole-crop silage fermentation and silage digestibility in rams. Journal of Animal Science. 2011; 41: p. 350-359.
13. Kung L. Aerobic stability of silage alfalfa and Forage. 2010.
14. Montaña, J., López,G. Propiedades funcionales del plátano (Musa sp). Med UV. 2014; 2: p. 22-26.
15. Diniz,T., Salcedo, T.,Oliveira,M., Veigas, R. Uso de subproductos del banano en la alimentación animal. Colombiana de ciencia animal. 2014; 6(1): p. 194–212.
16. Mohapatra, D.,Mishra, S., Sutar, N. Banana and its by-product utilisation. Sci. Ind. Res. 2010; 69: p. 323-329.
17. Mazzeo M,L,ML,GE,BJ. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. Educación en Ingeniería. 2010; 9: p. 128-139.
18. García A,MR. Uso de follajes del plátano en la alimentación del cerdo. Comp. Prod. Porcina. ; 6(3): p. 15-29.
19. Villalba D,HV,AJ,VR. Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café – musácea. Colombiana Ciencia Animal. 2011; 4(1): p. 47-52.
20. Araiza, R., Delgado, L., Carrete, C., Medrano, R., Solís, S. Degradabilidad ruminal en situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. Avances en Investigación Agropecuaria. 2013; 17(2).
21. Fernández, H. un procedimiento simple para estimar parámetros de funciones en producción animal usando solver de excel. argentina producción animal. 2004; 24(1-2): p. 75-81.
22. Orskov, E., McDonald, I. the estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Agricultural Science. 1979; 92: p. 499-503.
23. Rosero, R., posada, S. modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. colombiana de ciencias pecuaria. 2007; 20: p. 174-182.
24. Naranjo, J., Cuartas, C., Correa, H. comparación de cuatro modelos matemáticos para la caracterización de la cinética de degradación ruminal de algunos recursos forrajeros. 2005; 17(9).

25. Castro E. la digestibilidad como criterio de evaluacion de alimentos - su aplicacion en peces y en la conservacion del medio ambiente. 1993.
26. Barros, M., Silva, J. fermentación ruminal in vitro y cinética de degradación ruminal in situ de dietas a base de fruta de pan (*artocarpus altilis*). 2017. .
27. Correa H. Estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen mediante métodos numéricos. colombiana ciencias pecuaria. 2009; 22: p. 19-24.
28. Navarro, C., Díaz, J., Roa, M., Cuellar, E. omparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del meta. sistema producción agroecológica. 2011; 2(2): p. 2-24.
29. Inamhi. Condiciones meteorologicas del canton Quevedo. INAMHI. 2020;; p. 23.
30. Cochán y Cox. Diseños Experimentales segunda edición. 1995.
31. Infostat. Infostat for Windows Version 9.0. Grupo Infostat. Inc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad. Nacional de Córdoba. 2008.
32. Montenegro L, Espinoza I, Sánchez A, Barba C, García A, Requena F, et al. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con inclusión de residuos de frutas tropicales. Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Zulia. 2018; 23(4): p. 306-312.
33. Resendiz CV, Hernández O, Guerrero I, Gallegos J, Martínez P, Sánchez C. Engorda de corderos Pelibuey con diferente nivel de alfalfa en la dieta. Arch. de zootec. 2013; 62(239): p. 457-467.
34. M.J. P. Aislamiento y caracterización de bacterias quitinolíticas ruminales. PhD Thesis. México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, EDO de México; 2008.
35. Sánchez L, Torres N, Espinoza G, Montenegro V, Barba C, Garcia M. Valoración nutricional in situ de dietas con harina de maracuyá (*Passiflora edulis*) en sustitución del maíz (*Zea mays*). Rev Inv Vet Perú. 2019; 30(1): p. 149-157.
36. Carranco CC, Calvo DS, Carrillo CR, Ramírez BE, Morales GL, Sanginés MB, et al. Cambios de la fracción hidrosoluble de huevo de gallinas alimentadas con harina de camarón almacenado a diferentes tiempos y temperaturas. Rev. Mex. de Cienc. Pecuarias. 2017; 8(4): p. 365-373.
37. García L, Duque A, Padilla L, González L. Residuos orgánicos domésticos como sustrato para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus*. Rev. Fac. Nal. Agr. 2014; 67(2).

VII.ANEXOS



Anexos 1. Cosecha (a) y picado (b, c) del maíz forrajero.



Anexos 2. Picado del maíz forrajero y cascara de plátano verde(a,b) y traslado al lugar de elaboración de los silos (c).



Anexos 3. Elaboración y prensado de los silos (a,b) pesado del residuo (c).



Anexos 4. Elaboración, prensado y extracción del aire de los silos(a, b y c).



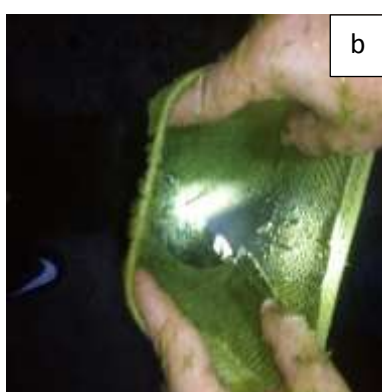
Anexos 5. Apertura de los silos (a,b) y pesado de las muestras (c).



Anexos 6. Marcando las bolsistas de nailon(a) y pesado (b,c).



Anexos 7. molienda de las materias primas para la elaboración de las dietas(a, b) y llenando de las bolsitas (c).



Anexos 8. Colocación de las bolsitas dentro del animal por horas (a, b y c).



Anexos 9. Retiro de las bolsitas degradadas dentro del rumen (a,b y c).



Anexos 10. secado de las bolsistas (a) Pesado las bolsitas de nailon para ver la degradabilidad (b) y pesado de crisoles con muestra para análisis(c)



Anexos 11. Colocando los crisoles en estufa (a,b) sacado de crisoles a desecador (c).