



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

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

Título del proyecto de investigación:

DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN VITRO* DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MAÍZ (*Zea mays*), (CÁSCARA, PELUSA, TUSA Y PANCA), UTILIZADAS EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES.

Autor:

Alex Fabrico Palomino Landazuri

Tutor del proyecto de investigación:

Dr. Ítalo Espinoza Guerra

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Alex Fabricio Palomino Landazuri, 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.

Alex Fabricio Palomino Landazuri

AUTOR

**CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Alex Fabricio Palomino Landazuri, realizó la Unidad de Integración Curricular, Proyecto de investigación titulado, “DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN VITRO* DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MAÍZ (*Zea mays*), (CÁSCARA, PELUSA, TUSA Y PANCA), UTILIZADAS EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES.”. 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



FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARIA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302
Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303
E.mail.info@uteq.edu.ec /fcp_91@yahoo.es Quevedo – Los Ríos – Ecuador

CASILLAS
Guayaquil : 10672
Quevedo : 73

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

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

URKUND

Document Information

Analyzed document	TESIS Alex Palomino .pdf (D78299622)
Submitted	8/28/2020 3:48:00 PM
Submitted by	ITALO ESPINOZA
Submitter email	iespinoza@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	iespinoza.uteq@analysis.urkund.com

A través del presente extendiendo un cordial saludo, a la vez en calidad de tutor del trabajo de titulación de la investigación del Sr. **PALOMINO LANDAZURI ALEX FABRICIO** con C.I. **0803577337**, estudiante de la **CARRERA DE INGENIERIA EN ZOOTECNIA**, tengo a bien comunicar que el Sr. Palomino obtuvo un **9%** de similitud reportado por el Sistema URKUND, del trabajo de investigación titulado “**DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL IN VITRO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MAÍZ (*Zea mays*), (CÁSCARA, PELUSA, TUSA Y PANCA), UTILIZADAS EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES.**”.

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AGRADECIMIENTO.

En primer lugar, quiero darles las gracias a **DIOS**, por haberme dado salud, vida, fortaleza y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres **Luis Palomino, Dalila Landazuri** y a mi hermana **Kelly Palomino** por persistir junto a mí, brindándome su apoyo para todo el proceso de mi preparación, porque gracias a esa entrega incondicional estoy cumpliendo unos de mis anhelos, a mis hermanos **Ángel Palomino** y **Steven Quiñonez** por su apoyo y motivación para no rendirme.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por acogerme y permitirme ser parte de la misma. De igual forma agradezco a mi tutor de tesis **Ítalo Fernando Espinoza Guerra** y la ayuda de la **Ing. Alexandra Elizabeth Barrera Álvarez** por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino por toda su paciencia, apoyo, experiencia, conocimiento y todo el tiempo brindado a la orientación en esta investigación.

DEDICATORIA

Primero a **Dios**, por todas las bendiciones que ha derramado sobre mí, por guiar mis pasos a su vez mantenerme firme y también a no rendirme para haber culminado con éxito mis estudios superiores, a mis padres y hermanos porque siempre me han dado todo su amor, cariño, confianza, comprensión, por sus consejos y sobre todo por su apoyo incondicional ya que sin ellos no lo hubiese podido lograr, de igual forma a mis amigos por siempre estar apoyándose en mis momentos de alegría y dificultades que se han manifestado en nuestras vidas.

Alex Palomino Landazuri

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	i
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL	ii
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA	v
1. INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO I	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Problema de investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.	5
1.2.1. Objetivo General.	5
1.2.2. Objetivos Específicos.	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Marco conceptual.	8
2.1.1. degradabilidad.....	8
2.1.2. Digestibilidad.....	8
2.1.3. Residuos Agroindustriales.	8
2.1.4. Digestión ruminal.	9
2.1.5. Cinética.....	9
2.2. Marco referencial.	9
2.2.1. Residuos agroindustriales en la producción de alimento para animales.	9
2.2.2. Generalidades y uso del maíz (<i>Zea mays</i>).....	10

2.2.2.1. Taxonomía del maíz.	10
2.2.2.2. Importancia del maíz.	11
2.2.2.3. Valor nutricional.	11
2.2.2.4. Producción de maíz en el Ecuador.	12
2.2.2.5. Industrialización del maíz.	12
2.2.3. Residuo de panca de maíz.	13
2.2.4. Residuo de tusa del maíz.	13
2.2.5. Residuo de la cáscara de maíz.	14
2.2.6. Degradabilidad <i>in vitro</i>	15
2.2.6.1. Degradabilidad <i>in vitro</i> con la metodología DAISY II (ANKOM TECHNOLOGY).	15

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.	18
3.2. Tipo de investigación.	18
3.3. Métodos de investigación.	18
3.4. Fuente de recopilación de información.	19
3.5. Diseño de la investigación.	19
3.6. Instrumento de investigación.	20
3.6.1. Variables evaluadas.	20
3.6.1.1. Degradación Ruminal.	20
3.6.2. Manejo del experimento.	21
3.6.2.1. Prueba de degradabilidad <i>in vitro</i>	21
3.7. Recursos humanos y materiales.	22
3.7.1. Materiales y reactivos.	22

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados y discusión	26
----------------------------------	----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.	31
5.2. Recomendaciones.	31

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.....	33
-------------------	----

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.....	38
7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz.	10
Tabla 2. Composición química del maíz.	11
Tabla 3. Superficie cosechada del maíz en el Ecuador.	12
Tabla 4. Composición química porcentual de la panca de maíz.	13
Tabla 5. Composición química porcentual de la cascara de maíz.	14
Tabla 6. <i>Condiciones meteorológicas de la finca Experimental “La María” Mocache.</i>	18
Tabla 7. Tratamientos de los datos.	20
Tabla 8. Análisis de Varianza ADEVA del diseño experimental.	20
Tabla 9: Degradabilidad ruminal in vitro de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (<i>Zea mays</i>), (cáscara, pelusa, tusa y panca).	26
Tabla 10: <i>Cinética ruminal in vitro de la materia orgánica de residuos agroindustriales de maíz (<i>Zea mays</i>), (cáscara, pelusa, tusa y panca).</i>	28

INDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Análisis de varianza de la DIVMS a las 0 horas.....	38
Anexos 2. Análisis de varianza de la DIVMS a las 3 horas.....	38
Anexos 3. Análisis de varianza de la DIVMS a las 6 horas.....	38
Anexos 4. Análisis de varianza de la DIVMS a las 12 horas.....	38
Anexos 5. Análisis de varianza de la DIVMS a las 24 horas.....	39
Anexos 6. Análisis de varianza de la DIVMS a las 48 horas.....	39
Anexos 7. Análisis de varianza de la DIVMS a las 72 horas.....	39
Anexos 8. Análisis de varianza de la fracción A de materia seca.	39
Anexos 9. Análisis de varianza de la fracción B de materia seca.	40
Anexos 10. Análisis de varianza de la fracción C de materia seca.	40
Anexos 11. Análisis de varianza de la fracción A + B de materia seca.....	40
Anexos 12. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 2% tasa de pasaje de materia seca.	40
Anexos 13. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 5% tasa de pasaje de materia seca.	41
Anexos 14. Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 8% tasa de pasaje de materia seca.	41
Anexos 15. Subproductos.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 16. Molido de subproductos.	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 17. Preparación de los materiales para degradabilidad.	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 18. Preparación de la saliva artificial.	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 19. Extracción del líquido ruminal y los diferentes pasos para la degradabilidad.	¡Error! Marcador no definido.
Anexos 20. Colocación de las muestras a la incubadora DAISY. .	¡Error! Marcador no definido.

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Degradabilidad y cinética ruminal <i>in vitro</i> de residuos agroindustriales de maíz (<i>zea mays</i>), (cáscara, pelusa, tusa y panca), utilizadas en alimentación de rumiantes.				
Autor:	Palomino Landazuri Alex Fabricio				
Palabras clave:	degradabilidad	cinética	in vitro	Residuos agroindustriales	rumiantes
Fecha de Publicación:					
Editorial:					
Resumen	La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) situada en el km 7 1/2 de la Vía Quevedo – El Empalme. La investigación tuvo como objetivo determinar la degradabilidad y cinética ruminal de los residuos agroindustriales del maíz (<i>Zea mays</i>), (cáscara, pelusa, tusa y panca). Se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (100 % cáscara de maíz, 100% pelusa de maíz, 100% panca de maíz y 100% tusa de maíz), tres repeticiones y 7 tiempos de incubación (0,3,6,12,24,48 y 72 horas) y para las diferencias entre las medias Tukey ($p < 0,05$). Se evaluaron la cinética de la degradabilidad <i>in vitro</i> y el pasaje ruminal de las fracciones nutricionales de la MS de los cuatro residuo del maíz determinando una mejor eficiencia en el T2 pelusa de maíz con (41,2) fue superior a los (T1, T3 y T4) y una tasa de pasaje de 3%.				
Descripción	56 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM				
URI:					

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) situada en el km 7 1/2 de la Vía Quevedo – El Empalme. La investigación tuvo como objetivo determinar la degradabilidad y cinética ruminal de los residuos agroindustriales del maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca). Se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (100 % cáscara de maíz, 100% pelusa de maíz, 100% panca de maíz y 100% tusa de maíz), tres repeticiones y 7 tiempos de incubación (0,3,6,12,24,48 y 72 horas) y para las diferencias entre las medias Tukey ($p < 0,05$). Se evaluaron la cinética de la degradabilidad in vitro y el pasaje ruminal de las fracciones nutricionales de la MS de los cuatro residuos del maíz determinando una mejor eficiencia en el T2 pelusa de maíz con (41,2) fue superior a los (T1, T3 y T4) y una tasa de pasaje de 3%.

Palabras claves: Maíz, degradabilidad, residuos, cinética.

SUMMARY

This research was carried out in the Laboratory of Rumiology and Nutritional Metabolism (RUMEN) located in the experimental farm "La María", belonging to the State Technical University of Quevedo (UTEQ) located in the 7 1/2 km of the Vía Quevedo - The Splicing. The research aimed to determine the degradability and ruminal kinetics of agroindustrial residues of corn (*Zea mays*), (shell, fluff, tusa and panca). They were a completely Random design (DCA) with four treatments (100% corn husk, 100% corn fluff, 100% corn panca and 100% corn turtle), three repetitions and 7 incubation times (0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours) and for the differences between the Tukey averages ($p < 0,05$). The kinetics of in vitro degradability were evaluated and the ruminal passage of the nutritional fractions of the DM of the four corn residues determining a better efficiency in the corn fluff T2 with (41.2) was superior to those (T1, T3 and T4) and a 3% ticket rate.

Keywords: Corn, degradability, residues, kinetics.

1. INTRODUCCION.

El maíz (*Zea mays*), pertenece a unos de los cultivos de gramíneas más importante del mundo, este cultivo es originario de América y se desarrolla en todos los países. Cada año se produce una cosecha de 645 414,836.10 TM siendo Estados Unidos el mayor productor ya que dedica 30 171, 572.20 ha para cultivar con un porcentaje de 43% de la producción anual, China ocupando el segundo lugar con 26 633,961.20 ha y un 21% de la producción (1).

En el país el maíz duro seco representa una tasa de incremento de 17,23% de la superficie cosechada y una tasa de incremento de 31,62% de la producción. El cultivo de maíz se cosecha principalmente en la región Costa con un 79.98% de la superficie total cosechada perteneciendo a las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas. La provincia que tiene una mayor aportación es la de Los Ríos, con una concentración del 35.96% en el país, seguida de las provincias de Manabí y Guayas con un aporte de 24.74% y 21.96% de la producción nacional (2).

De parte del sector agroindustrial se adquiere una gran cantidad de residuos agrícola, como en el caso de los seriales, que, por cada kilogramo de grano, se obtiene un kilogramo de rastrojo (3). El cultivo del maíz es el que se produce en mayor cantidad de todos los cereales, el cual genera una gran cantidad de residuos lo cual justifica su estudio (4).

El cultivo del maíz nos ofrece una alta cantidad de forraje fresco, y es una de las formas más rápida para la obtención de materia seca y de calidad ideal para la alimentación en rumiantes, cuando se le entrega al ganado en forma de forraje fresco o de ensilaje. Se lo puede conservar muy fácil por ser muy rico en sustancias azucaradas, la disponibilidad de este material nos permite en los periodos secos una mejor alimentación del ganado (5).

El maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la que, el hombre solo recolecta el 50% en forma de grano. El resto se encuentra en las diferentes partes de la planta tales como hoja, limbo, caña y mazorca etc. La cantidad de biomasa residual que produce el cultivo de maíz oscila entre 20 a 35 toneladas por hectáreas. La proporción entre los componentes del residuo va a depender del nivel de fertilización, el tipo de cultivar y la variedad (6).

Por otro lado, en el país, los productores utilizan diferentes alternativas de alimentación de rumiantes, de acuerdo al clima y a la zona geográfica donde se encuentran, a la facilidad de acceder al material y a las posibilidades económicas (7).

Una alternativa es el uso de los residuos agroindustriales para la alimentación animal que logra un valor ecológico, porque favorece a una vía de evitar la contaminación del medio ambiente (8).

Una gran parte de los residuos agroindustriales son generados por las industrias, como subproductos después de los procesos y manejo de los productos primarios del procedimiento. Además, muchas veces estos subproductos tienen poco interés para las industrias que los producen, por lo que los procesos productivos y manejo de éstos no están bien estandarizados o varían entre las empresas productoras y entre los países (9).

La tendencia por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes ha venido incrementándose en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Dependiendo del tipo de cultivo y el manejo de los residuos varía la calidad en cuanto a digestibilidad y contenido proteico (10).

Por lo que es de gran importancia conocer la degradabilidad de los alimentos para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (11).

La finalidad de este estudio fue aprovechar los residuos agroindustriales de maíz cuya implementación en la producción ganadera permitirá garantizar un impacto positivo en la economía de los ganaderos reduciendo costos de alimentación, además de reducir la contaminación ambiental.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

En el Ecuador se producen distintas variedades de residuos agroindustriales o subproductos que pueden ser utilizados en la alimentación de los rumiantes.

El poco interés que existe en realizar investigaciones por parte de centros de investigación, en especial las Universidades del país.

El desconocimiento de los residuos agroindustriales es uno de los principales problemas, ya que impide conocer los niveles de utilización adecuada en la elaboración de dietas para rumiantes. Esto ha provocado que no se pueda utilizar en una dieta de forma abierta, causando así un déficit alimentario en la ganadería, y en desperdicio de los residuos, convirtiéndose así en contaminación para el medio ambiente al descomponerse o sirven de incubación para larvas y mosquitos.

Diagnóstico.

Actualmente los residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) no están siendo aprovechados correctamente por parte de los productores de rumiantes, y las principales causas serían: el desconocimiento de la degradabilidad ruminal de los residuos por parte de los productores y la escasa información que existe actualmente sobre la degradabilidad de los residuos agroindustriales.

Pronóstico.

El estudio de la degradabilidad in vitro de los residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) permitiría a los productores de rumiantes conocer los beneficios a los que podrían acceder de forma complementaria para la alimentación de los rumiantes. La no realización de investigaciones sobre la degradabilidad in situ empeoraría la situación futura respecto al manejo y aprovechamiento de los residuos agroindustriales.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la degradabilidad ruminal *in vitro* de los residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) utilizados en la alimentación de los rumiantes?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Cuál es el porcentaje de degradabilidad *in vitro* de la materia seca de los residuos agroindustriales maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) utilizado en la alimentación de rumiantes?
- ¿Cuál es la cinética ruminal *in vitro* de la materia seca de los residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca)?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

- Analizar la degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de MS de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) utilizados en la alimentación de los rumiantes.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Establecer la degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca).
- Comprobar la cinética ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca).

1.3. Justificación.

Dada la importancia que reviste el presente estudio se consideró necesaria su realización para conocer la degradabilidad ruminal *in vitro* de los residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca) y los beneficios que origino para la alimentación de rumiantes, siendo importante la producción pecuaria en las actividades productivas de una economía, puesto que los factores a considerar serian; Los beneficios alternativos y complementarios de los rumiantes, la accesibilidad a dichos residuos procesados como alimento.

Los beneficiarios directos del presente trabajo fueron los productores agrícolas que producen los residuos en la realización de sus actividades y los productores de rumiantes. Los beneficiarios indirectos fueron, los proveedores de insumos para el procesamiento de los residuos agroindustriales y la disminución del impacto ambiental por efecto de la descomposición y contaminación de los residuos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. degradabilidad

La degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos (12).

2.1.2. Digestibilidad.

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales. Se define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no excreta con las heces y que, por lo tanto, ha sido absorbida. La digestibilidad de los forrajes y pajas por parte del animal depende de su contenido de fibra bruta, que aumenta paralelamente al desarrollo de la planta por contener los tallos de las especies gramíneas de prado, y ciertas leguminosas como la alfalfa en particular, una mayor impregnación de lignina y cutina, haciéndolos menos digestibles (13).

2.1.3. Residuos Agroindustriales.

Entre los diferentes enfoques que existen para definir a la “agroindustria”. Se dice que es una “actividad que integra la producción primaria agrícola, pecuaria o forestal, el proceso de beneficio o transformación, así como la comercialización del producto, sin dejar de lado los aspectos de administración, mercadotecnia y financiamiento”. Dicho, en otros términos, es una actividad económica que combina el proceso productivo agrícola con el industrial para generar alimentos o materias primas semi-elaboradas destinadas al mercado. (14).

2.1.4. Digestión ruminal.

En los rumiantes el sitio principal de digestión es el rumen, donde el alimento es retenido por periodos de tiempo sustanciales y sometido a una extensa fermentación microbiana bajo condiciones anaeróbicas. De este modo, la táctica alimenticia de los rumiantes se respalda por la simbiosis constituida entre los microorganismos ruminales y el huésped. Es una habilidad gástrica para producir energía de alimentos fibrosos, es más eficiente que en la mayoría de los herbívoros (13).

2.1.5. Cinética.

La cinética representa una energía que se encuentra en constante movimiento que involucra la fuerza (de fricción, de gravedad, muscular o de resistencia interna), que se precisa para incitar el incremento de un cuerpo que está en una etapa de reposo y ponerlo en movimiento. Nos permite obtener información sobre la rapidez de una reacción y sobre cuáles son los factores que influyen en la misma, así como también sobre la forma en que dicha reacción procede (15).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Residuos agroindustriales en la producción de alimento para animales.

En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos, de igual forma que al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para el aprovechamiento de éstos. En el proceso productivo de los alimentos, además del producto deseado, se generan subproductos, residuos y productos fuera de norma, cada uno de los cuales pueden servir para consumo humano o animal y aplicación industrial, lo que traería beneficios económicos (16).

La utilización de residuos y residuales para la alimentación animal ha sido una práctica realizada en Cuba posiblemente desde que se comenzó el corte de caña para la fabricación

de azúcar, y se alimentaban los bueyes con los residuos de la cosecha. De esta forma, a lo largo de siglos, el ganado vacuno y el porcino principalmente, pero también otras especies (ovinos, caprinos y aves), se han beneficiado con el reciclaje de estos materiales como alimentos (17).

La inclusión de ciertos componentes de los residuos agroindustriales en la producción de alimentos para animales aumenta la calidad de estos, mejorando el producto obtenido. Los residuos se caracterizaron evaluando su composición nutricional, el contenido total de compuestos bioactivos (carotenoides, fenoles) y la capacidad antioxidante mediante el método Orac (18).

2.2.2. Generalidades y uso del maíz (*Zea mays*).

El maíz es una planta herbácea anual, nativa del hemisferio norte, originaria de México desde hace unos 10 mil años y que se cultiva en todo el mundo. Representa una de las principales fuentes de alimentación para casi todas las comunidades de México, en la tabla 1 nos indica la clasificación taxonómica (6).

2.2.2.1. Taxonomía del maíz.

Tabla 1. *Taxonomía del maíz.*

Taxonomía del maíz	
División	Macrophyllrophyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Nymphaespsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Zea mays L.

Fuente: (19).

2.2.2.2. Importancia del maíz.

El maíz ocupa el tercer lugar a escala mundial entre los cereales más cultivados, después del trigo y el arroz, ya que se encuentra difundido en más países que cualquier otro cultivo y ha producido el más alto rendimiento por unidad de superficie que cualquier otro cereal (20).

El cultivo del maíz ha tenido en muchas regiones del mundo un creciente interés, no sólo por el aprovechamiento de sus granos, sino también por la utilización de su biomasa aérea en la alimentación animal, principalmente en forma de silo. Su reconocido valor energético y 4 digestibilidad lo han difundido en países subdesarrollados y desarrollados permitiendo importantes incrementos en la producción de carne y leche (21).

2.2.2.3. Valor nutricional.

Muy rico en hidratos de carbono (60 a 70 % de almidón y azúcares) y un 8% de materia grasas. Los minerales que están presentes son magnesio, el fósforo, hierro y el potasio. El maíz es considerado el alimento base o fundamental en muchas comunidades de pocos recursos, porque su consumo nos aporta las calorías diarias necesaria para nuestro organismo, como una importante cantidad de proteínas. Su riqueza en fibra aporta un estado de saciedad y lleno (sin sensación de hambre) por periodos prolongados. La presencia de vitaminas del grupo B, especialmente a B1 o la tiamina., B7 o biotina, B9 y ácido fólico (20).

Tabla 2. *Composición química del maíz.*

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

Fuente: (22).

2.2.2.4. Producción de maíz en el Ecuador.

La producción de cultivos de grano tiene un papel preponderante en la actividad agrícola mundial. Con el crecimiento de la población humana, la demanda por los cultivos de Cereales y Oleaginosos aumentó, llevándolos a ocupar la mayor parte de la superficie sembrada en las áreas más productivas del mundo. Aproximadamente 140 millones de hectáreas de maíz se cultivan en el mundo. Los principales productores son: Estados Unidos, China y Brasil, seguidos por Argentina, Sudáfrica y la Comunidad Europea. Cerca de 96 millones de hectáreas se cultivan en países como China, Brasil, México e India, acumulando más del 50% del área total (23). Al nivel nacional en Ecuador hay plantadas una estimado de 383,399 ha y produce 1.2 millones de toneladas de maíz, de las cuales 900 000 t adquiere la industria nacional para la elaboración de alimento proteínico (24).

El maíz amarillo participa entre el 60 a 75% de las dietas manejadas en la crianza de animales y contribuye con un importante aporte de energía y un moderado aporte de proteína, el 30% de la proteína total está aportada por esta materia prima, cuando hablamos de aporte energético en dietas de aves podríamos considerar que el maíz aporta entre el 65 a 70% de la energía contenida en la dieta, al igual que en dietas de cerdos, aunque en este caso con un aporte menor en proteínas, cerca del 8%. (25).

Tabla 3. Superficie cosechada del maíz en el Ecuador.

Provincias	Superficie ha
Los Ríos	129,017
Manabí	90,247
Guayas	71,851
Otras provincias	67,707

Fuente: (21).

2.2.2.5. Industrialización del maíz.

Uno de los acontecimientos más trascendentales en el procesamiento del maíz se dio en Estados Unidos, cuando se instaló en 1844 y por primera vez una planta para refinar el grano. En un comienzo, el almidón era el principal y único producto elaborado, pero con

el tiempo se avanzó hasta llegar a la producción de dextrosa. Este crecimiento permitió a las refinerías desarrollar sus procesos a un ritmo acelerado, lo que trajo consigo el florecimiento de un proceso amplio de molienda húmeda que mejoró notablemente la calidad de los productos (26).

2.2.3. Residuo de panca de maíz.

Se denomina panca de maíz, a la planta de maíz maduro del que se le han sacado las mazorcas. Este forraje es de gran valor celulolítico para los vacunos, especialmente si se usa picado y rociado con melaza diluida en agua (27).

Contiene abundante fibra, algo de almidón y proteína. Molida puede usarse en niveles de 15 a 25%. Niveles altos dan lugar a mezclas muy toscas y voluminosas y el ganado deja residuos en el comedero. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía. El uso de panca en melazada o “pancamel” (60% de panca + 40% de melaza) es comúnmente utilizada porque aumenta su palatabilidad. Mezclada con agua se deteriora rápidamente (fermentación) y tiende a la autocombustión (28).

Tabla 4. *Composición química porcentual de la panca de maíz.*

Componentes	Promedio
Materia seca (%)	88.9
Cenizas (%)	5.9
Proteína cruda (%)	4.9
Fibra detergente neutra (%)	76.0
Fibra detergente ácida (%)	41.7

Fuente: (27).

2.2.4. Residuo de tusa del maíz.

La tusa como envoltura del maíz nace de un tronco cilíndrico, el cual está adherido al olote de la planta en la parte inferior, este tronco mide aproximadamente tres centímetros de largo por un centímetro de diámetro de donde nacen hojas superpuestas y traslapadas en relación unas con otras y así forman la capa protectora del maíz en la mazorca. La tusa es subproducto del maíz y se le dan diversos usos domésticos, artesanal, alimento para algunos animales y parte de ellas son para desecho. La tusa seca es abundante en diferentes regiones de la República de Guatemala. En grandes cantidades se utiliza como forraje para ganado, también se usa como envoltura para diferentes alimentos: queso fresco, requesón, mantequilla, tamales de viaje, tamalitos blancos. También la utilizan para hacer estropajos para lavar los trastos. En el campo las utilizan como combustible junto con los olotes de la mazorca del maíz, para encender el fuego, para cocinar. Sobre hojas de tusa seca, los campesinos colocan hojas de tabaco y envolviéndolas elaboran en forma de cilindro sus cigarrillos o puros de tusa (29).

2.2.5. Residuo de la cáscara de maíz.

La planta de maíz está clasificada dentro del grupo de las monocotiledóneas, las cuales transportan las sales disueltas y los fotosintatos, desde las raíces hacia las hojas, y viceversa, a través de los vasos de xilema y floema.

El tejido de las hojas de maíz tiene una estructura celular conformada por células parenquimatosas de paredes delgadas y con numerosas perforaciones características en las gramíneas como el bagazo de caña de azúcar. Algunos de los vasos que se encuentran presentes son cribosos y otros espiralados. Las fibras son de pared celular gruesa, lumen medio, moderadamente largas y se caracterizan por presentar extremos romos, agudos, además de otras fibras dentadas y horquilladas con puntos en sus superficies. Las células epidérmicas o peines son rectangulares y presentan dientes en los bordes laterales. Otra característica morfológica de las hojas es la presencia de pelos epidérmicos o tricomas (6).

Tabla 5. *Composición química porcentual de la cascara de maíz.*

Compuestos	Porcentaje (%) base seca
Holocelulosa	78.86
α -Celulosa	43.14
Lignina	23.00
Cenizas	0.761

Fuente: (6).

2.2.6. Degradabilidad *in vitro*.

En el rumen las bacterias representan entre el 60 y 90 % de la masa microbial, los protozoarios entre el 10 y 40 % y los hongos entre 5 y 10 % con múltiples interacciones entre ellos, que modifican la estructura del sistema, así como la composición bacteriana (30).

Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por varios métodos. Debido a que en los estudios *in vivo* los alimentos sólo pueden ser evaluados en raciones totales y al hecho de que tales estudios requieren considerables recursos y son difíciles de estandarizar, en los últimos años varias técnicas han sido desarrolladas considerando una variante de la metodología *in vitro* la técnica de producción de gases según (31) y método de digestibilidad enzimática (enzima celulasa del hongo *Penicillium funiculosum*) (32,33) y una de la más difundida es la degradabilidad *in vitro* con la metodología DAISY II (34).

2.2.6.1. Degradabilidad *in vitro* con la metodología DAISY II (ANKOM TECHNOLOGY).

El método de digestibilidad *in vitro* con la utilización de incubadoras DAISY II (35) el mismo que ha sido ampliamente difundido y estudiado siendo preciso, confiable y rápido, y representa una ventaja significativa para el análisis del forraje, grano, y muestras mixtas (36), reemplazando las metodologías tradicionales en tubos (37,38,39). El aparato permite la incubación simultánea de un gran número de muestras (para un máximo de 96 bolsas por lote de fermentación), dando ventajas en términos de mano de obra y los costos consumidos por determinación (40). El uso de bolsas ANKOM F-57 asegura una

alternativa más estandarizada y repetible para el método de Tilley y Terry (41) y con el método *in vivo* utilizando la degradabilidad ruminal *in situ* o de la bolsa de nylon (42,40).

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 (De Figueiredo, et al. 2000) citado por (43). Con la aplicación de la metodología, el material que desaparece de las bolsas durante la incubación es considerado digerible (39). El procesamiento por lotes y la eliminación de la etapa de filtración simplifican ensayos *in vitro*, tales como la digestibilidad verdadera, aparente y enzimática (34).

Los problemas que mayormente se presentan en los experimentos *in vitro* son: la variación en la actividad del fluido ruminal, variaciones incontrolables que se dan dentro del laboratorio y entre laboratorios, y la disponibilidad de animales ruminalmente canulados, ya que se requiere de una fuente uniforme y confiable de inóculo ruminal (32)..

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

Esta investigación se realizará en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) situada en el km 7 1/2 de la Vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste. A una altura de 73 msnm.

Tabla 6. Condiciones meteorológicas de la finca Experimental “La María” Mocache.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	25.47
Humedad relativa, %	85.84
Precipitación, anual. Mm	2223.78
Heliofanía, horas/ luz /año	898.77
Evaporación, promedio anual (%)	78.30
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

Fuente: (44)

3.2. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo experimental tributa: Líneas de Investigación Seguridad Alimentaria y Agroindustria consiste en la degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de residuos agroindustriales algunas variables investigación se realizaron en el laboratorio de Rumiología en la finca experimental “La María” cuya finalidad es obtener resultados que permitan determinar la degradabilidad y cinética ruminal de los residuos agroindustriales en todos los tiempos de incubación.

3.3. Métodos de investigación.

Se empleó el método de investigación experimental con la determinación cuantitativa de la degradabilidad y cinética ruminal *in vitro* de los residuos agroindustriales de maíz (cascara, pelusa, tuza y panca).

3.4. Fuente de recopilación de información.

La información recolectada para el proyecto de investigación fue de fuente primarias (observación sobre el efecto de las variables a estudiar) y fuentes secundarias (artículos científicos, revistas científicas, tesis de grados, libros, etc.) fuentes que contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

En el presente estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), cada unidad experimental estará conformada por una bolsita de degradabilidad F-57 (34), se emplearon siete en cada tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72) por cada tratamiento que fueron incubadas en tres sistemas de degradación *in vitro* DAISY II.

El análisis de datos se realizó mediante el ADEVA y las medias fueron separadas mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), con la utilización del paquete estadístico InfoSta (45). En la (Tabla 7) se presenta la distribución de los tratamientos, en la (Tabla 8) se indica el análisis de varianza mediante el ADEVA. El modelo estadístico del diseño experimental que se utilizó es el siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable de respuesta

μ : Media general

α_i : Efecto del tratamiento

ε_{ij} : Error experimental

Tabla 7. *Tratamientos de los datos.*

Tratamiento	Descripción
T1	Residuo de cáscara de maíz
T2	Residuo de panca de maíz
T3	Residuo de tuza de maíz
T4	Residuo de pelusa de maíz

Elaborado: Autor.

Tabla 8. *Análisis de Varianza ADEVA del diseño experimental.*

Fuente de Variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	t-1	3
Error Experimental	t(r-1)	8
Total	tr-1	11

Elaborado: Autor.

3.6. Instrumento de investigación.

Como instrumento de investigación se analizarán el efecto de las siguientes variables:

3.6.1. Variables evaluadas.

3.6.1.1. Degradación Ruminal.

Se determinó la degradación ruminal *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) de acuerdo a lo planteado por (35), de la Materia Orgánica (DIVMO) a cada tratamiento en los siete tiempos de incubación con la siguiente formula:

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

Donde:

%DIV_{MS}; MO; MI: Porcentaje de degradación in situ de la MS, MO.

Mpre: Materia pre-incubada

Mpost: Materia post-incubada

3.6.1.2. Cinética de la degradabilidad ruminal.

Se empleó la función SOLVER de Microsoft EXCEL de acuerdo a lo descrito por (47, 48, 43), con base en ecuación de Orskov y McDonald (1979) citado por los mismos autores.

Donde:

P: Por ciento de degradabilidad a tiempo t.

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

B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable.

c: Tasa de degradación de B.

t: Tiempo de incubación.

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

3.6.2. Manejo del experimento.

3.6.2.1. Prueba de degradabilidad *in vitro*.

Se utilizó tres animales Brahmán de 500 ± 25 kg de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen al cual se le extrajo líquido ruminal con un sistema de succión al vacío, en termos aclimatados con agua previamente a 40 °C.

Se preparó con anterioridad la solución buffer (saliva artificial) con fosfato de sodio dibásico anhidro (57.6 g), bicarbonato de sodio (156.8 g) y cloruros de sodio (7.52 g), calcio (0.64 g), potasio (9.12 g) y magnesio (0.96 g), aclimatada en baño maría a 40 °C, a la cual se determinará el pH, siendo optimo 7 ± 0.5 , de no cumplir con ese requerimiento se nivelará adicionando hidróxido de sodio ($\text{pH} < 6.5$) y/o ácido sulfúrico ($\text{pH} > 7.5$). Se utilizará una relación solución buffer: líquido ruminal (3:2).

Previo a la incubación se encendió el sistema ANKOM DAISY II para mantener la temperatura requerida de $40^{\circ}\text{C} \pm 0,5$. Esta temperatura y condiciones simulan el estado del rumen por lo cual en el proceso de mezcla del líquido ruminal (6.40 L) y solución buffer (9.60 L) se mantuvo en presencia de CO_2 para evitar pérdida de los microorganismos anaeróbicos.

Para la prueba de digestibilidad *in vitro* se depositaron 0.5 gramos de muestra molida a 2 mm en el interior de bolsas ANKOM F57 de tamaño de poro de 25 μm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones, de acuerdo a la metodología planteada por (35). Incubando el material a 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas, por cada tratamiento. 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, MO.

3.7. Recursos humanos y materiales.

Talento humano que contribuye en la realización del presente proyecto de investigación:

- Director del proyecto de investigación Dr. Ítalo Espinoza.
- Estudiante y autor del Proyecto de Investigación: Alex Fabricio Palomino Landazuri.

3.7.1. Materiales y reactivos.

Para la presente investigación se utilizarán los siguientes materiales y reactivos

Material.

- Residuo de cáscara de maíz
- Residuo de panca de maíz
- Residuo de tuza de maíz
- Residuo de pelusa de maíz
- Fundas plásticas y de papel

- Molino Thomas Wiley- 2mm criba
- Incubadora DAYSY II (ANKOM)
- 168 bolsas para degradabilidad (F57 5x4cm) poro 25 μm
- Estufa Memmert (65°C)
- Desecador con silica gel
- Balanza analítica (0,0001g)
- Aspiradora TEKNO 400w
- Parrilla para agitación
- Matraces volumétricos
- Probeta
- Tanque de CO₂
- Licuadora
- Agitador electromagnético
- Baño maría
- Pintas

Reactivos.

- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Fosfato de sodio dibasico anhidro
- Bicarbonato de sodio
- Cloruro de sodio
- Cloruro de potasio
- Cloruro de calcio
- Cloruro de magnesio 900mg

➤ Líquido ruminal

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados y discusión

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

La degradabilidad *in vitro* de la MS de los residuos agrícolas del maíz (cáscara, pelusa, tusa y panca) presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, en todos los tiempos de incubación ruminal (Tabla 9). Por tanto, el tratamiento T2 a base de pelusa de maíz presentó mayor actividad de degradabilidad ruminal ($p < 0,05$) a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación con 68,96% en el último tiempo, seguido del T1 a base de cáscara de maíz (49%), T4 panca de maíz (42,82%) y tusa de maíz (27,78%).

A partir de las 24 horas hasta las 72 horas de incubación ruminal, la cáscara y la panca de maíz tuvieron similar comportamiento ($p > 0.05$) en la degradación ruminal de la MS, obteniendo 49 y 42.82% a las 72 horas de degradabilidad, en su orden. No obstante, otros autores tuvieron una mejor utilización de los nutrientes degradables (MS) en el rumen cuando usaron cáscara de maíz incrementándose entre el 70 y 80% de aprovechamiento de las microbiotas ruminales. La diferencia de contenido de MS puede ser por la edad de cosecha de las mazorcas de maíz, esto es, la contribución de materia seca proveniente del tallo va aumentando, en relación a la masa seca presente en la planta entera, mientras, va en disminución la porción correspondiente de hoja, ó, el período de crecimiento de la planta, después de los 90 días o estados de floración y posteriores, la degradabilidad potencial de la planta entera se mantiene entre 53 y 58%, decayendo la degradabilidad de la hoja a menos de 50% a los 149 días (46).

Cabe señalar que los resultados de MS de panca de maíz son inferiores (42.82%) al reportado en el estudio de la composición química y degradabilidad *in situ* de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género *Pleurotus*, quien obtuvo 46,05% a las 72 horas de incubación ruminal, seguramente por la cantidad de fibra, así también, evaluó la degradabilidad de la tusa de maíz, superando el contenido de MS (33.48%) a la actual investigación (47). Mientras, otros autores (48) obtuvieron 64.67% en la digestibilidad *in vitro* de la MS del rastrojo de maíz, lo que indica un incremento de sustrato disponible para la microbiota ruminal. Similares resultados publicaron (49) al valorar la degradabilidad de la panca de maíz sin tratar y tratados con urea y otros, con contenidos desde 60.82% hasta 65.82% hasta las 72 horas de incubación ruminal. Este

incremento en la degradabilidad de la MS en los tratamientos adicionados a la panca de maíz pudiera ser probablemente al rompimiento del enlace de la hemicelulosa con la lignina (50).

Tabla 9: Degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca).

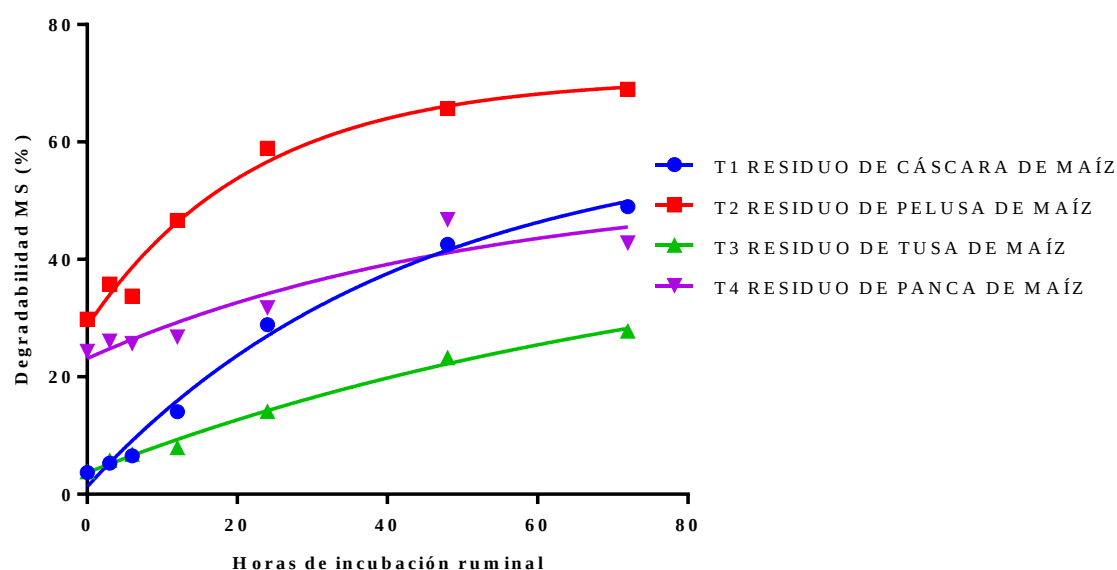
Horas de incubación	T1		T2		T3		T4		EEM	CV.	Prob.
	Cáscara de maíz		Pelusa de maíz		Tusa de maíz		Panca de maíz				
0	3,69	b	29,85	a	3,79	b	24,33	a	2,64	29,62	0,0002
3	5,31	b	35,79	a	5,77	b	26,09	a	2,49	23,62	<0,0001
6	6,56	c	33,75	a	6,79	c	25,71	b	0,97	9,24	<0,0001
12	14,03	c	46,62	a	7,95	c	26,81	b	2,15	15,58	<0,0001
24	28,90	b	58,95	a	14,12	c	31,79	b	1,58	8,19	<0,0001
48	42,58	b	65,70	a	23,25	c	46,77	b	3,90	15,16	0,0005
72	49,00	b	68,96	a	27,78	c	42,82	b	1,65	6,05	<0,0001

MZ: Maíz; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p>0.05$).

Elaborado: Autor

En la figura 1 se aprecia la misma tendencia, pero cada uno con diferente contenido degradable en el rumen de los subproductos agrícolas, con mayor incremento de MS para el residuo de pelusa de maíz, seguido de cáscara de maíz, panca de maíz y tusa de maíz.

Figura 1. Degradabilidad *in vitro* de la MS de subproductos, residuos del maíz



La fracción soluble de los residuos, la fracción insoluble, la tasa de degradación en % por hora, el potencial de degradación ruminal y la degradación efectiva, mostraron similitud estadística en todos los tratamientos (Tabla 10), así: T1 cáscara de maíz, T2 pelusa de maíz, T3 tusa de maíz y T4 panca de maíz, fueron similares ($p>0.05$).

Tabla 10: Cinética ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tusa y panca).

	TRATAMIENTOS EVALUADOS				EEM	P
	T1 Cáscara de maíz	T2 Pelusa de maíz	T3 Tusa de maíz	T4 Panca de maíz		
A	11,79 a	17,75 a	8,65 a	17,77 a	5,13	0,5173
B	49,63 a	49,51 a	72,82 a	46,38 a	12,58	0,4361
c	0,02 a	0,03 a	0,02 a	0,03 a	12,03	0,6542
A+B	61,42 a	67,27 a	81,47 a	64,15 a	12,03	0,6542
DE						
k 0.02	38,29 a	41,20 a	32,36 a	38,12 a	6,08	0,7745
k 0.05	27,81 a	31,88 a	22,00 a	30,76 a	6,02	0,6608
k 0.08	23,34 a	27,97 a	18,06 a	27,58 a	5,84	0,6059

^{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%

También, se aprecia que todos los subproductos, tienen la misma disponibilidad de MS que se degrada en el rumen, por lo que se destaca la degradación efectiva con una tasa de pasaje a las 2 horas, seguido de 5 y 8 horas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

La degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*) tuvo mayor aporte la pelusa de maíz, seguido de la cáscara de maíz, panca de maíz y tusa de maíz.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), en cuanto a la cáscara, pelusa, tusa y panca de maíz, obtuvieron la misma tendencia de degradación ruminal, en el mismo tiempo de pasaje.

5.2. Recomendaciones

Los residuos de cultivos presentan la misma oportunidad para aumentar la calidad de estos, por tanto, la presencia de otros subproductos agregados a estos y a la fermentación ruminal, pueden ser utilizadas como alimento para el ganado bovino, mejorando la calidad nutricional de estos.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

1. Reyes G. Análisis de la rentabilidad económica en dos variedades de maíz (Zea mays, L), comuna Calicanto, cantón de Santa Elena. La Libertad;; 2015.
2. Salazar D, Cuichán M, Ballesteros C, Orbe D. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. Ecuador: UNIDAD DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS - ESAG; 2017.
3. Infante C, Cuadrado B, De Arco D, Perez K, Barrera E, San Juan M. EVALUACIÓN DE TUSA Y CÁSCARA DE MAÍZ COMO SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus pulmonarius*. Ciencia y Tecnología. 2016; 32(1): p. 32.
4. Jaraboa R, Monte M, Fuente E, Santos S, Negro C. Corn stalk from agricultural residue used as a source of fibres for fibre-cement production. Industrial Crops and Products. 2013 Mayo; 43(1): p. 832-839.
5. Sanchez C. "COMPOSICION QUIMICA Y DEGRADABILIDAD RUMINAL IN. Quevedo;; 2016.
6. Prado-Martínez M, Anzaldo-Hernández J, Becerra-Aguilar B, Palacios-Juárez H, Vargas-Radillo J, Rentería-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 Septiembre; 18(3): p. 37-51.
7. Pallarez M. Alternativas modernas y tradicionales para la alimentación del ganado. [Online].; 2016 [cited 2019 Julio 12. Available from: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/alternativas-modernas-y-tradicionales-para-la-alimentacion-del-ganado>.
8. Katia. C, Aguas Y, Martinez A, Olivero R, Olivero R. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista Colombiana de Cinencia Animal. 1998;; p. 122-132.
9. Emilio. V, Mario Z. Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 2003;; p. 07-18.
10. Pasturas de América. Residuos del cultivo de maíz. [Online].; 2012 [cited Julio 20 2019. Available from: <http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>.
11. Ramírez RC. Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos y. Revista de las Sedes Regionales. 2013;; p. 128-153.
12. Araiza R, Delgado L, Carrete C, Medrano R, Solís S. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de. Redalyc.org. 2013;; p. 79-96.
13. 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*). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2017.

14. Saval S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales. BioTecnología. 2012; 16(2): p. 15-16.
15. Definición xyz. Concepto de Cinética. [Online].; 2017 [cited 2019 julio 20. Available from: <https://www.definicion.xyz/2017/04/cinetica.html>.
16. Yepes S, Naranjo L, Sánchez F. VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES – FRUTAS - EN MEDELLÍN Y EL SUR DEL VALLE DEL ABURRÁ, COLOMBIA. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 2008; 61(1): p. 4422-4431.
17. Martín PC. El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro. Avances en Investigación Agropecuaria. 2009; 13(3): p. 3-10.
18. Alzate L, Jiménez C, Londoño J. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. Producción + Limpia. 2011; 6(1): p. 108-127.
19. Guzmán D. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (Zea mays L.). Cumandá;; 2017.
20. Badillo A. "EVALUACIÓN DEL APORTE DE GALLINAZA FRESCA. Loja;; 2016.
21. Farinango V. Evaluación fitosanitaria y potencial agronómico de la variabilidad de maíz de Cotacachi y Saraguro en las principales zonas maiceras de Imbabura y Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2015.
22. Guardia M, Palacios I, Medina H. Composición química del grano de maíz (Zea mays) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. [Online]. Quibdó: Universidad Tecnológica del Chocó; 2016 [cited 2019 Julio 23. Available from: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1619/1946>.
23. Fleites R, Díaz V. Generalidades del Cultivo del Maíz Villa Clara: Feijóo; 2011.
24. El Comercio. La producción de maíz en el 2019 será de 1,3 millones de toneladas. [Online].; 2018 [cited 2019 Julio 23. Available from: <https://www.elcomercio.com/actualidad/produccion-maiz-agricultores-ministerio-guayas.html>.
25. Baca L. La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR; 2016.
26. Grande C, Orozco B. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. Revista Científica Guillermo de Ockham. 2013 enero; 11(1).
27. Macías E. "APLICACIÓN DE CELULASAS O XILANASAS PARA MEJORA EN LA DIGESTIÓN RUMINAL in vitro EN TRES RESIDUOS DE. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA; 2015.
28. Guamán S. Contiene abundante fibra, algo de almidón y proteína. Molida puede usarse en niveles de 15 a 25%. Niveles altos dan lugar a mezclas muy toscas y voluminosas y el ganado deja residuos en el comedero. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un recu Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO; 2019.

29. Barrera C. Artesanías de tusa. 2010..
30. PÉREZ C. DEGRADABILIDAD RUMINAL IN VITRO DE ENSILAJES DE PASTO SABOYA (*Panicum maximum* Jacq.) CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* Sims.). Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015.
31. Posada S, Noguera R. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 2005; 17(36).
32. 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; 14(1): p. 7-12.
33. Barchiesi C, Alomar D, Miranda H. Pepsin-Cellulase digestibility of pasture silages: Effects of pasture type, maturity stage, and variations in the enzymatic method. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2011; 71(2): p. 249-257.
34. ANKOM Technology. Daisy Incubators | ANKOM Technology. [Online].; 2014 [cited 2019 Agosto 18. Available from: <https://ankom.com/media/documents/ANKOM%20Daisy%20Incubator%20Info.pdf>.
35. ANKOM Technology. ANKOM Technology, Macedon, NY. [Online].; 2008 [cited 2019 Agosto 16. Available from: https://ankom.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf.
36. Holden L. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. *Journal of Dairy Science*. 1999; 82(8).
37. Wilman D, Adesogan A. A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the in vitro digestibility of forages. *Animal Feed Science and Technology*. 2000; 84: p. 33-47.
38. Pederacen J, Milton T, Mass R. A Twelve-Hour In Vitro Procedure for Sorghum Grain Feed Quality Assessment. *CROP SCIENCE*. 2000; 40: p. 204-208.
39. Mabjeesh S, Cohen M, Arieli A. In Vitro Methods for Measuring the Dry Matter Digestibility of Ruminant Feedstuffs: Comparison of Methods and Inoculum Source. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(10): p. 2289-2294.
40. Spanghero M, Boccalon S, Gracco L, Gruber L. NDF degradability of hays measured in situ and in vitro. *Animal Feed Science and Technology*. 2003; 104: p. 201-208.
41. Adesogan A. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM Daisy II incubators. *Animal Feed Science and Technology*. 2005; 119: p. 333-334.
42. Giraldo L, Gutiérrez L, Rúa C. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Col Cienc Pec*. 2007; 20: p. 269-279.

43. Ceballos A, Noguera R, Bolivar D, Posada S. Comparación de las técnicas in situ de los sacos de nylon e in vitro (DaisyII) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 2008; 20(7).
44. Departamento Agrometeorológico del INIAP. Información Agrometeorológica de la Finca Experimental "La María". ; 2016.
45. Fallas J. ANÁLISIS DE VARIANZA. 2012..
46. Boschini C, Amador A. Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*. 2001; 12(1): p. 89-93.
47. Peña M. Composición química y degradabilidad in situ de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género *Pleurotus*. Finca La María. Quevedo;; 2012.
48. Fuentes J, Magaña C, Suárez L, Peña R, Rodríguez S, Ortiz B. Análisis químico y digestibilidad in vitro de rastrojo de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 2001; 12(2): p. 189-192.
49. Martínez-Trejo G, Ortega-Cerrilla ME, Landois-Palencia L, Pineda-Osnaya A, Pérez-Pérez J. Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2012; 3(6): p. 1157-1170.
50. Jackson M. Review article: the alkali treatment of straws.. *Animal Feed Sci. Technol*. 1977; 2: p. 105-130.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.

7.1.1. Análisis de varianza de las variables estudiadas.

Anexos 1. Análisis de varianza de la DIVMS a las 0 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	1681.86	560.62	26.9	0.0002
Error	8	166.71	20.84		
Total	11	1848.57			

Elaborado: Autor.

Anexos 2. Análisis de varianza de la DIVMS a las 3 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	2076.32	692.11	37.28	<0.0001
Error	8	148.51	18.56		
Total	11	2224.84			

Elaborado: Autor.

Anexos 3. Análisis de varianza de la DIVMS a las 6 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	1691.95	563.98	199.25	<0.0001
Error	8	22.64	2.83		
Total	11	1714.59			

Elaborado: Autor.

Anexos 4. Análisis de varianza de la DIVMS a las 12 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	2628.4	876.13	63.42	<0.0001
Error	8	110.51	13.81		
Total	11	2738.92			

Elaborado: Autor.

Anexos 5. Análisis de varianza de la DIVMS a las 24 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	3141.74	1047.25	139.6	<0.0001
Error	8	60.01	7.5		
Total	11	3201.76			

Elaborado: Autor.

Anexos 6. Análisis de varianza de la DIVMS a las 48 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	2729.46	909.82	19.92	0.0005
Error	8	365.34	45.67		
Total	11	3094.8			

Elaborado: Autor.

Anexos 7. Análisis de varianza de la DIVMS a las 72 horas.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3	2619.48	873.16	107.21	<0.0001
Error	8	65.16	8.14		
Total	11	2684.64			

Elaborado: Autor.

Anexos 8. Análisis de varianza de la fracción A de materia seca.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	370.86	123.62	0.78	0.5173
Error	20	3157.54	157.88		
Total	23	3528.39			

Elaborado: Autor.

Anexos 9. *Análisis de varianza de la fracción B de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	2700.24	900.08	0.95	0.4361
Error	20	18982.13	949.11		
Total	23	21682.37			

Elaborado: Autor.

Anexos 10. *Análisis de varianza de la fracción C de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	1431.97	477.32	0.55	0.6542
Error	20	17367.51	868.38		
Total	23	18799.48			

Elaborado: Autor.

Anexos 11. *Análisis de varianza de la fracción A + B de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	1431.74	477.25	0.55	0.6542
Error	20	17366.76	868.34		
Total	23	18798.51			

Elaborado: Autor.

Anexos 12. *Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 2% tasa de pasaje de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	246.95	82.32	0.37	0.7745
Error	20	4433.55	221.68		
Total	23	4680.5			

Elaborado: Autor.

Anexos 13. *Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 5% tasa de pasaje de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	352.01	117.34	0.54	0.6608
Error	20	4351.50	217.58		
Total	23	4703.52			

Elaborado: Autor.

Anexos 14. *Análisis de varianza de la degradabilidad efectiva 8% tasa de pasaje de materia seca.*

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	384.60	128.2	0.63	0.6059
Error	20	4088.84	204.44		
Total	23	4473.44			

Elaborado: Autor.

Anexos 15. Recolección de los subproductos del maíz



Anexos 16. Picado de los subproductos del maíz



Anexos 17. Toma de dato del pesos de los subproductos



Anexos 18. Molido de los subproductos en un molino pulverizador



Anexos 19. Secado de las Bolsistas ANKOM F57 en la estufa



Anexos 20. Toma de dato del pesos de la bolsitas ANKOM F57



Anexos 21. Pesado, llenado y sellado de las bolsitas ANKOM F57 con los subproductos



Anexos 22. Reactivos utilizados para la elaboración de la saliva artificial



Anexos 23. Preparación de la saliva artificial de bovino



Anexos 24. Extracción de líquido ruminal en toros fistulados



Anexos 25. Licuado del líquido ruminal con CO₂



Anexos 26. Limpieza y revisión de la incubadora DAISY



Anexos 27. Introducción de las muestras en los frascos de la incubadora DAISY



Anexos 28. Preparación de los frascos con las muestras para meterlo a la incubadora DAISY



Anexos 29. Lavado de las bolsitas con las muestras

