UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

Título del Proyecto de Investigación:

"Caracterización microbiana y fermentativa de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays*) con inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)"

Autor:

Luis Fernando Olvera Reinado

Auspicio Académico:

Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Luis Fernando Olvera Reinado**, declaro que la investigación aquí descrita 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 documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Luis Fernando Olvera Reinado

C.C. # 0941507410

ii

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Dr. **ÍTALO FERNANDO ESPINOZA GUERRA**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **LUIS FERNANDO OLVERA REINADO**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **"CARACTERIZACIÓN MICROBIANA Y FERMENTATIVA DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) CON INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Dr. **ÍTALO FERNANDO ESPINOZA GUERRA**
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

iii

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

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito Dr. **Ítalo Fernando Espinoza Guerra**, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **"CARACTERIZACIÓN MICROBIANA Y FERMENTATIVA DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) CON INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)"** de autoría del estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, **Luis Fernando Olvera Reinado**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 9%, el mismo que es permitido por el mencionado Software y los requerimientos académicos establecidos.

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	OLVERA.docx (D58882714)
Submitted:	14/11/2019 17:03:00
Submitted By:	iespinoza@uteq.edu.ec
Significance:	9 %

Atentamente,

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

iv

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

"CARACTERIZACIÓN MICROBIANA Y FERMENTATIVA DE ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO *(Zea mays)* CON INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO *(Musa paradisiaca)*"

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Bolívar Montenegro Vivas.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Orly Cevallos Falquez.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Adolfo Sánchez Laiño.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2019

v

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Facultad de Ciencias Pecuarias) por aceptarme y ayudarme en este camino de aprendizaje además a sus docentes por el conocimiento brindado y su apoyo, me siento sumamente orgulloso de pertenecer a la F.C.P.

Mi agradecimiento va dirigido para el Ing. Wilfrido Escobar y al Ing. Diego Romero, gracias a su experiencia y ayuda sobre el tema no lograríamos alcanzar la meta planteada.

Agradezco sinceramente a mi tutor de tesis Dr. Ítalo Espinoza Guerra por sus conocimientos, persistencia y motivación fueron fundamentales para la culminación del tema planteado, así como también por la paciencia brindada para guiarme durante el desarrollo del trabajo de grado.

Durante este tiempo han sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración le doy mi agradecimiento en el tiempo que ha durado este trabajo de grado.

DEDICATORIA

En primer lugar dedico de manera muy especial este trabajo de grado con todo mi cariño a mi DIOS, a mis Abuelitos, a mis padres Fernando y Leonor.

Me han dado todo como persona mis valores, mis principios, mi carácter, mis empeños y perseverancia para conseguir mis objetivos en el transcurso de cada año en mi carrera Universitaria.

A mis hermanos Andreita y Marcos, quienes me apoyaron en todo momento, muchos de mis logros se los dedico infinitamente a ellos, por la motivación que me dan todos los días para seguir adelante.

A mis familiares y amigos que estuvieron apoyándome en el largo transcurso de mi formación académica.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Esta investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización microbiana y fermentativa del ensilaje del maíz forrajero (*Zea mays*) con inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*), la misma que se llevó a cabo en el laboratorio de Rumiología en la finca experimental "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme, Recinto San Felipe, cantón Mocache. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos de ensilajes de forraje de maíz con la inclusión de cáscara de plátano de 25, 50, 75 y 100 % y cinco repeticiones. Se evaluó la composición bromatológica del ensilado, el comportamiento microbiológico y fermentativo (hongos, levaduras, bacterias lácticas y totales) y de estabilidad aeróbica (pH y temperatura). Los resultados señalaron que el T1 (100% Forraje de maíz) fue el tratamiento que obtuvo los menores promedios en lo que respecta a hongos y levaduras, sin embargo en el crecimiento de bacterias lácticas y totales fue el tratamiento que registro el valor más alto de 8,60 y 8,81 respectivamente. Dentro de estabilidad aeróbica el pH evaluado indica que no hubo variaciones considerables a excepción de las 0 horas donde este vario entre tratamientos, sin embargo a las 96 y 120 horas fue igual en todos los tratamientos y se observó una incremento en su valor al pasar las horas; la temperatura a las 48 horas señalo variaciones entre los tratamientos mientras que a las 0 y 144 horas se mantiene la temperatura entre tratamientos de 23ºC y 26ºC, respectivamente.

Palabras claves: composición bromatológica, ensilaje, estabilidad aeróbica**,** plátano.

ABSTRACT AND KEYWORDS

This research aimed to carry out the microbial and fermentative characterization of silage of forage corn (Zea mays) including banana peel (Musa paradisiaca), the same that was carried out in the Rumiology laboratory in the experimental farm "La María", From the State Technical University of Quevedo, located at km 7 of the Vía Quevedo – El Empalme, San Felipe Campus, Mocache canton. A Completely Random Design (DCA) was used, with five treatments of corn fodder silages with the inclusion of 25, 50, 75 and 100% banana peel and five repetitions. The bromatological composition of the silage, the microbiological and fermentative behavior (fungi, yeasts, lactic and total bacteria) and aerobic stability (pH and temperature) were evaluated. The results indicated that T1 (100% corn fodder) was the treatment that obtained the lowest averages in regards to fungi and yeasts, however in the growth of lactic and total bacteria it was the treatment that registered the highest value of 8.60 and 8.81 respectively. Within aerobic stability the pH evaluated indicates that there were no considerable variations except for the 0 hours where this varied between treatments, however at 96 and 120 hours it was the same in all treatments and an increase in its value was observed when passing the hours; the temperature at 48 hours indicated variations between the treatments while at 0 and 144 hours the temperature between treatments of 23°C and 26°C, respectively, is maintained.

Key words: bromatological composition, silage, aerobic stability, banana.

TABLA DE CONTENIDO.

Capítulo **Página.**

PORTADA i

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ...**¡Error! Marcador no definido.**

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ....**¡Error! Marcador no definido.**

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....**¡Error! Marcador no definido.**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN. .....**¡Error! Marcador no definido.**

AGRADECIMIENTO .....**¡Error! Marcador no definido.**

DEDICATORIA vii

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES viii

ABSTRACT AND KEYWORDS ix

TABLA DE CONTENIDO. x

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE GRÁFICAS xiv

ÍNDICE DE ANEXOS xv

CÓDIGO DUBLÍN xvi

INTRODUCCIÓN. 1

CAPÍTULO I 3

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.1. Problema de investigación. 4

1.1.1. Planteamiento del problema. 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 7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 7

2.1. Marco conceptual. 8

2.1. Marco referencial. 9

2.1.1. Cultivo de maíz (*Zea mays*). 9
2.1.2. Influencia de la edad de corte sobre la producción y calidad de forraje. 9
2.1.4. Momento óptimo de cosecha del maíz. 10
2.1.5. Híbridos de maíz. 11
2.1.7. El maíz en ensilaje. 12
2.1.8. Ensilaje. 13
2.1.8.1. Fase aeróbica. 13
2.1.8.2. Fase de fermentación. 14
2.1.8.3. Fase estable. 14
2.1.8.4. Fase de deterioro aeróbico. 14
2.1.9. Aditivos para ensilaje. 15
2.1.10. El residuo de plátano. 15
CAPÍTULO III 18
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 18
3.1. Localización. 19
3.1.1. Condiciones climáticas. 19
3.2. Tipo de investigación. 19
3.3. Métodos de investigación. 20
3.3.1. El método de observación. 20
3.3.2. El método exploratorio. 20
3.4. Fuentes de recopilación de información. 20
3.4.1. Fuentes primarias. 20
3.4.2. Fuentes secundarias. 20
3.5. Diseño de la investigación. 21
3.5.1. Arreglo de los tratamientos. 21
3.6. Instrumentos de investigación. 22
3.7. Tratamientos de los datos. 23
3.8. Recursos humanos y materiales. 23
CAPÍTULO IV 26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26
4.1. Análisis microbiológico del ensilado. 27
4.1.1. Hongos y levaduras. 27
4.1.2. Bacterias lácticas. 28
4.1.3. Bacterias totales. 29
4.2. Análisis físico. 30
4.2.1. pH. 30

4.2.2. Temperatura (ºC). 31
CAPITULO V 33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 33
5.1. Conclusiones. 34
5.2. Recomendaciones. 35
CAPÍTULO VI 36
BIBLIOGRAFÍA 36
5.1. Referencias bibliográficas. 37
CAPÍTULO VII 44
ANEXOS 44
7.1. Anexos de análisis de la varianza. 45
7.2. Fotografías de la investigación. 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones agro climáticas de la finca experimental "La María" UTEQ Mocache 2019. 19
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza. 21
Tabla 3. Descripción de los tratamientos. 21
Tabla 4. Promedios estadísticos del crecimiento de hongos y levaduras de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019. 28
Tabla 5. Promedios estadísticos del crecimiento de Bacterias lácticas de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019. 29
Tabla 6. Promedios estadísticos del crecimiento de Bacterias lácticas de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019. 29

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados del pH de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019..... 31
Gráfica 2. Resultados del pH de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019..... 32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable hongos en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019. 45
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable levaduras en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019. 45
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable bacterias lácticas en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019. 45
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable bacterias totales en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019. 46
Anexo 5. Preparación del terreno para siembra de maíz forrajero. 47
Anexo 6. Cultivo de maíz forrajero. 47
Anexo 7. *Cosecha del maíz forrajero.* 47
Anexo 8. Picado del maíz forrajero. 48
Anexo 9. Llenado de los silos. 48
Anexo 10. Cerradura de los silos. 48
Anexo 11. Tratamientos con sus respectivas repeticiones. 49
Anexo 12. Apertura de los silos. 49
Anexo 13. Determinación de pH 49
Anexo 14. Determinación de temperatura. 50
Anexo 15. Secada del material vegetativo. 50
Anexo 16. Desinfección de los materiales. 50
Anexo 17. Identificación de placa Petri. 51
Anexo 18. Siembra del UFC (unidades formadoras de colonias) 51
Anexo 19. UFC (unidades formadoras de colonias) 51
Anexo 20. Conteo de las UFC (unidades formadoras de colonias) 51

CÓDIGO DUBLÍN

Titulo:	"Caracterización microbiana y fermentativa de ensilaje de maíz forrajero (*Zea mays*) con inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)"			
Autor:	Luis Fernando Olvera Reinado			
Palabras claves:	composición bromatológica	ensilaje	estabilidad aeróbica	plátano
Fecha de publicación:				
Editorial				
Resumen	**Resumen:** Esta investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización microbiana y fermentativa del ensilaje del maíz forrajero (Zea mays) con inclusión de cáscara de plátano (Musa paradisiaca), la misma que se llevó a cabo en el laboratorio de Rumiología en la finca experimental "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme, Recinto San Felipe, cantón Mocache. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos de ensilajes de forraje de maíz con la inclusión de cáscara de plátano de 25, 50, 75 y 100 % y cinco repeticiones. Se evaluó la composición bromatológica del ensilado, el comportamiento microbiológico y fermentativo (hongos, levaduras, bacterias lácticas y totales) y de estabilidad aeróbica (pH y temperatura). Los resultados señalaron que el T1 (100% Forraje de maíz) fue el tratamiento que obtuvo los menores promedios en lo que respecta a hongos y levaduras, sin embargo en el crecimiento de bacterias lácticas y totales fue el tratamiento que registro el valor más alto de 8,60 y 8,81 respectivamente. Dentro de estabilidad aeróbica el pH evaluado indica que no hubo variaciones considerables a excepción de las 0 horas donde este vario entre tratamientos, sin embargo a las 96 y 120 horas fue igual en todos los tratamientos y se observó una incremento en su valor al pasar las horas; la temperatura a las 48 horas señalo variaciones entre los tratamientos mientras que a las 0 y 144 horas se mantiene la temperatura entre tratamientos de 23ºC y 26ºC, respectivamente. **Abstract:** This research aimed to carry out the microbial and fermentative characterization of silage of forage corn (Zea mays) including banana peel			

	(Musa paradisiaca), the same that was carried out in the Rumiology laboratory in the experimental farm “La María”, From the State Technical University of Quevedo, located at km 7 of the Vía Quevedo – El Empalme, San Felipe Campus, Mocache canton. A Completely Random Design (DCA) was used, with five treatments of corn fodder silages with the inclusion of 25, 50, 75 and 100% banana peel and five repetitions. The bromatological composition of the silage, the microbiological and fermentative behavior (fungi, yeasts, lactic and total bacteria) and aerobic stability (pH and temperature) were evaluated. The results indicated that T1 (100% corn fodder) was the treatment that obtained the lowest averages in regards to fungi and yeasts, however in the growth of lactic and total bacteria it was the treatment that registered the highest value of 8.60 and 8.81 respectively. Within aerobic stability the pH evaluated indicates that there were no considerable variations except for the 0 hours where this varied between treatments, however at 96 and 120 hours it was the same in all treatments and an increase in its value was observed when passing the hours; the temperature at 48 hours indicated variations between the treatments while at 0 and 144 hours the temperature between treatments of 23°C and 26°C, respectively, is maintained.
Descripción	68 hojas dimensiones, 29 x 21 cm
URI:	

INTRODUCCIÓN.

La generación de residuos orgánicos se ha convertido en una problemática mundial que afecta la biodiversidad, la economía y la seguridad alimentaria de los países. Estos residuos de alimentos conocidos como "mermas", pueden reconocerse como pérdidas, desperdicio y despilfarro. Países latinoamericanos como Chile, Cuba, Brasil, Panamá, México y Colombia son ricos en diversidad de subproductos y residuos agroindustriales, que han logrado ser incorporados en dietas para animales (1). Una fuente importante de estos residuos agroindustriales lo genera la industria de frutas procesadas, aportando alrededor de un 40% de los residuos agroindustriales. La gestión de estos residuos es un gran problema económico, ya que las empresas tienen que asumir los altos costos por la disposición de éstos (2).

Los sistemas de producción de ganado bovino en el trópico se caracterizan por tener el pasto como fuente primaria de alimento, sin embargo, el ensilaje es una técnica de conservación de forraje por vía húmeda, permite mantener la disponibilidad del componente forrajero durante la estación seca o lluviosa, condiciones que reducen el rendimiento por hectárea de las pasturas (3).

Un cultivo húmedo puede soportar el crecimiento de una amplia gama de microorganismos, la mayoría de los cuales degradarán el valor nutritivo del ganado. Sin embargo, el ensilado generalmente controla la actividad microbiana mediante una combinación de un ambiente anaeróbico y una fermentación natural de azúcares por bacterias de ácido láctico en el cultivo (4). Estas bacterias lácticas epífitas fermentan los hidratos de carbono del forraje a ácido láctico y, en menor medida, ácido acético. Por la presencia de estos ácidos, el pH del ensilado disminuye y los microorganismos indeseables son inhibidos (5).

Así, el maíz (*Zea mays*) es el cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina mediante su conservación (ensilaje), por su alto rendimiento de biomasa área de 35-95 T ha^{-1} (6). Debido a la alta digestibilidad de la MS, alto contenido de carbohidratos no estructurales y baja fibra, posee el nivel energético más elevado entre los forrajes conservados. Por estas razones se puede asegurar que es una opción viable de raciones alimenticias para explotaciones pecuarias (7). El uso de musáceas en la alimentación de rumiantes se evidencia en diversos estudios que indican el uso de los frutos

maduros o verdes, las cáscaras y el pseudotallo de la planta. El uso de frutos de musáceas en combinación con los forrajes tropicales, permite incrementar el contenido de energía, por su alto contenido de almidones, en las dietas de animales rumiantes en producción (8).

Con relación a las investigaciones sobre los cultivos asociados de maíz con especies leguminosas, se citan los casos de ensilaje de girasol combinado con ensilaje de maíz (9), inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero (10), uso de inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (11), morera fresca con ensilaje de maíz (12), ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipita (8), degradabilidad ruminal *in situ* de residuos agroindustriales de maracuyá y plátano (2), ensilaje de maíz con ensilaje de trébol rosado (13), maíz con fríjol vigna (*Vigna sinensis*) (6), maíz con frijol (*Phaseolus vulgaris*) (7), valor nutritivo del ensilaje de morera (*Morus alba*) mezclado con forraje de maíz (14), ensilados de maíz complementados con manzana y melaza (15).

Por lo consiguiente, esta investigación tuvo el objetivo de determinar la población microbiana y estabilidad aeróbica del ensilaje del maíz forrajero (*Z. mays*) con niveles de inclusión de cáscara de plátano.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrientes para el ganado, existiendo diversas especies forrajeras adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas, pero con deficiencia en su uso y aprovechamiento lo que implica frecuentes improvisaciones para solucionar dificultades debido a la escasez (16). La necesidad de atender la demanda de nutrientes en el ganado lechero, de forma constante a través del año, se inicia con un balance forrajero, fundamentado en las metas de productividad animal de la finca, el crecimiento y el almacenamiento de una reserva forrajera para disponer oportunamente (17). Otro factor importante y a veces limitante en la ganadería es la estacionalidad, ya que en épocas de baja precipitación hay una baja oferta de forraje verde, por lo cual se crea la necesidad de conservar forrajes. La producción de ensilaje permitiría al productor abastecer las necesidades nutricionales de su hato durante épocas de poca precipitación. El mayor inconveniente en la producción de Silo de Maíz es el elevado costo de producción en la etapa de obtención del cultivo cuando como se realiza de forma convencional en la actualidad (18).

Diagnóstico.

Uno de los problemas limitantes que se da en la ganadería bovina es la baja producción de las pasturas, especialmente durante la época seca, para contrarrestar este problema se recurre a la conservación de forrajes a través de ensilajes con la utilización de gramíneas, empleando diferentes residuos agroindustriales para brindar un alimento de buena calidad, aprovechando los recursos locales siendo así un aporte nutritivo en la alimentación de rumiantes durante todo el año.

Pronóstico.

Los análisis microbiológicos y la estabilidad aeróbica en el método de conservación del forraje como es el ensilaje de maíz forrajero (*Z. mays*) se verá afectado por los niveles de inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*).

1.1.2. Formulación del problema.

¿Se podrá obtener un alimento con alto valor nutritivo después de determinar la población microbiana y estabilidad aeróbica del ensilaje del maíz forrajero con niveles de inclusión de cáscara de plátano?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Se podrá controlar la actividad microbiana al cuantificar la población de bacterias acido lácticas, bacterias totales, hongos y levaduras del ensilaje del maíz forrajero con niveles de inclusión de cáscara de plátano?

¿Evitara el deterioro del ensilaje del maíz forrajero con niveles de inclusión de cáscara de plátano al establecerse la estabilidad aeróbica mediante la determinación de pH y temperatura?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la caracterización microbiana y fermentativa del ensilaje del maíz forrajero (*Zea mays*) con inclusión de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*).

1.2.2. Objetivos específicos.

Cuantificar la población de bacterias (ácido lácticas, bacterias totales, hongos y levaduras) del ensilaje del maíz forrajero (*Z. mays*) con inclusión (25, 50, 75 y 100%) de cáscara de plátano (*M. paradisiaca*).

Establecer la estabilidad aeróbica mediante la determinación de pH y temperatura del ensilaje del maíz forrajero (*Z. mays*) con inclusión (25, 50, 75 y 100 %) de cáscara de plátano (*M. paradisiaca*).

1.3. Justificación.

Dada la coyuntura económica nacional e internacional, es imprescindible mejorar la competitividad del sector agropecuario, mediante un incremento en la rentabilidad que se puede conseguir aumentando la productividad, más kilogramos de producto por área, o por reducción de costos (7). El ensilaje es un importante método para preservar los forrajes destinados a la alimentación bovina. Mediante este proceso, buscamos comprobar si el material ensilado podrá conservarse con un mínimo de pérdidas de materias secas y nutrientes, manteniendo una buena palatabilidad.

Con la fermentación natural que se da dentro del ensilaje se busca inhibir el crecimiento de microorganismos indeseables que afectan la degradación de la materia seca y el valor nutricional del material ensilado. La estabilidad del proceso fermentativo puede manejarse por medio del uso de aditivos acidificantes como los ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados o melazas que pueden ser adicionados al forraje al momento de ser ensilado en este caso con la implementación de residuos de plátano (19).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Ensilaje.

El ensilaje es un método de conservación para el forraje húmedo y su objetivo, es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. Este proceso, permite almacenar alimento en tiempos de cosecha conservando calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y sustituir o complementar concentrados (20).

Análisis microbiológicos.

El análisis microbiológico forma parte de la bromatología, ciencia que se encuentra integrada por el análisis toxicológico y químico. Este se basa habitualmente en el cultivo y recuento de microorganismos, siendo necesario preparar y conservar de forma adecuada los medios de cultivo, realizar una siembra y observar los resultados. Se entiende por cultivo el crecimiento de poblaciones microbianas en ambientes artificiales bajo condiciones de laboratorio (21).

Estabilidad aeróbica.

La estabilidad aeróbica es un término utilizado para describir el tiempo que el ensilaje se mantiene frío y no sufre deterioro después de expuesto al aire. El calentamiento del material después de abierto el silo es iniciado por levaduras. La exposición al aire es el primer paso de una cadena de eventos que resultará en el deterioro del ensilaje (22).

Residuos agroindustriales.

Son materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, y que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social (23).

2.1. Marco referencial.

2.1.1. Cultivo de maíz (*Zea mays*).

El maíz es un producto agrícola estratégico para la seguridad alimentaria de la humanidad por su alto contenido energético. La calidad del grano del maíz depende de su constitución física, que determinan la textura y dureza, y de su composición química, que define el valor nutricional (24). En un ensilaje de maíz generalmente las hojas son más digestibles que los tallos, ya que los tallos contienen niveles más altos de lignina que las hojas (25).

En condiciones tropicales, el cultivo de maíz se considera la primera opción para ensilar, debido a su capacidad de adaptación como cultivo a diferentes latitudes, su ciclo de cosecha, entre 80 y 90 días (grano desarrollado en estado pastoso), producciones de forraje verde entre 30 a 50 t materia verde ha^{-1}, alta concentración de carbohidratos fermentables (5 a 20% MS), baja capacidad alcalinizante y la presencia de una abundante flora natural de microorganismos productores de ácido láctico. Además, desde el punto de vista nutricional, el aporte de una alta concentración energética (1,49 Mcal ENL.kg^{-1} MS) y como limitante, el suministro de cantidades bajas de proteína lo que representa alrededor de un 7% MS (11).

2.1.2. Influencia de la edad de corte sobre la producción y calidad de forraje.

El estado de madurez de la planta a la cosecha (o etapa de corte) es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz. La etapa de corte para ensilaje tradicionalmente se realiza en estado lechoso-masoso o masoso. En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores, y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de fibra se obtiene cuando se cosecha a 1/2 o a 1/3 de línea de leche, debido principalmente a que incrementa la proporción de grano (26).

2.1.3. Proteínas del maíz.

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 por ciento del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos del maíz han sido estudiadas ampliamente, y según, están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas. El maíz aporta numerosos elementos nutritivos (proteínas, aceites, ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas, minerales, etc.) y materiales energéticos. El 57% de sus sales minerales son ácidas, por lo que tiene una acción ligeramente acidulante. Por su contenido en celulosa, favorece el peristaltismo intestinal y modera la acción tiroidea (27).

2.1.4. Momento óptimo de cosecha del maíz.

El momento ideal para el picado está determinado en función del tipo de corta-picadora a usar. Con los equipos antiguos (picado simple) se tiene que picar en estado lechoso, mientras que con equipos modernos (picado fino o ultra picado) el picado deberá realizarse cuando el grano alcanza el estado de madurez fisiológica. En estas condiciones se asegura un mejor llenado del grano (mayor % de almidón). El momento óptimo de picado se determina en función de la línea de leche; línea que separa el endosperma duro (almidonoso) del endosperma líquido (lechoso). Esta línea de leche debe ubicarse entre 1/4 a 1/2 del grano, es decir 1/4 a 1/2 del grano es líquido y el resto es sólido. De todos modos, generalizando, se puede decir que para pasar de grano lechoso a 1/2 línea de leche demora 11 días, de 1/2 a 1/4 línea de leche tarda 6 días y de 1/4 línea de leche a grano duro o sin leche 7 días. Cuando se alcanza la madurez fisiológica, el grano contiene entre 62 a 65% de MS, la espiga entre 55 a 60% y la planta entera entre 32 y 38% de MS. Cualquier variación en el % de MS después de este período, se debe a una pérdida de humedad. Si el silaje de maíz se almacena en silos embolsados o silopress, se recomienda trabajar con 65% de humedad en la planta entera (28).

2.1.5. Híbridos de maíz.

Se utilizan para el silo variedades híbridas de maíz, las cuales tienen características muy homogéneas en su desarrollo y productividad, han sido seleccionadas para resistir diversos problemas o enfermedades que atacan a la gran mayoría de variedades de maíz. La hibridación del maíz consiste en cruzar dos variedades de maíz, llamadas progenitoras, las cuales se siembran una hilera de una variedad y la otra hilera de la otra variedad, a la variedad denominada "materna" se le corta la espiga (donde se produce el polen que fecunda las semillas) para que la mazorca solo reciba polen de la variedad "paterna". De esta forma, los granos de las mazorcas de la variedad paterna son lógicamente de la misma variedad utilizada inicialmente para el cruce, no son híbridos; pero los granos de la variedad a la que se le cortaron las espigas son híbridos, y son los que se cosecharán para posteriormente ser utilizados en el proceso del ensilaje, como semillas de maíz de variedad híbrida (29).

2.1.6. Aspectos de selección de híbridos de maíz para forrajes y ensilajes.

Entre los criterios importantes de selección para el mejoramiento del maíz para ensilaje se encuentran la digestibilidad, el contenido de fibras y el rendimiento de materia seca. Se han desarrollado híbridos forrajeros con mayor digestibilidad de la fibra bajo el supuesto de mejorar el consumo de materia seca y de esa manera la producción. Una buena calidad forrajera en maíz se puede lograr con una digestibilidad superior a 70 % (30).

Un aspecto importante es que el rendimiento de forraje y el valor energético de los híbridos de maíz es afectado por factores de manejo (fecha de siembra, densidad de plantas, el estado de madurez entre otros). Estos mismos autores indican que la selección de híbridos de maíz para forraje se lleva a cabo principalmente por su rendimiento de materia seca por hectárea, no obstante la relación entre rendimiento y digestibilidad son inconsistentes es decir no están relacionados los híbridos de mayor rendimiento con los 12 de mayor digestibilidad, por lo tanto es crucial en la selección de híbridos de maíz para forraje el estudio tanto de del rendimiento como de la calidad nutritiva (31).

2.1.7. El maíz en ensilaje.

El maíz (*Zea mays*), originario de México y Centroamérica, es una excelente opción forrajera que por sus características productivas podrá ser utilizada en zonas ecológicas en donde, ni aún las especies de pastos más adaptadas, permitirán maximizar la capacidad de carga por hectárea. En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (32).

El cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 95 T ha^{-1} en un corto tiempo, y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo en el momento de la cosecha. El contenido de materia seca varía de 15 a 25 % en la planta verde y la composición química es de 4 a 11 % de proteína cruda, 1 a 3,5% de extracto etéreo, 27 a 35% de fibra cruda, 34 a 55% de extracto libre de nitrógeno y de siete a 10% de cenizas, en la materia seca. Se estima una digestibilidad media de 60%, con valores mínimos de 40% en cultivos muy maduros y valores máximos de 71% en los jóvenes. Cuando el maíz está entre el estado lechoso y pastoso duro, la planta está en su condición óptima para la cosecha y conservación. El contenido de materia seca es de 25 a 31%, 5,7 a 6,7% de proteína cruda, 55 a 59% de fibra neutro detergente, 36% de fibra ácida detergente y 67% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (33).

El maíz es un forraje de verano que en pocos meses proporciona una elevada cantidad de materia seca, siempre que no le falte agua. Ocupa el 7% de la superficie total destinada a los cultivos forrajeros. El ensilaje de maíz sirve como un forraje de alta energía, para el ganado lechero. Esto es lo más importante para hatos de alta producción y en establos que experimentan problemas para elaborar o comprar cosechas de heno de alta calidad. El ensilaje de maíz, con su relativo alto contenido de energía, también se adapta para ser usado en raciones de bajo costo para ganado de engorda (34).

El ensilaje de maíz requiere menos trabajo para producir una tonelada de forraje que muchos otros cultivos forrajeros. Se puede prolongar el período de cosecha para toda la superficie

sembrada y provee una oportunidad para salvar cosechas estresadas o dañadas. El ensilaje de maíz también puede reciclar los nutrientes de las plantas eficientemente. Especialmente grandes cantidades de N y K (35).

Sin embargo, el ensilaje de maíz tiene algunas desventajas. Es difícil su venta y transporte lejos. El ensilaje de maíz puede también llevar a un incremento en el potencial en la erosión del suelo y consecuentemente una pérdida en la productividad del suelo cuando las prácticas de conservación del suelo no son parte del sistema de producción (36).

2.1.8. Ensilaje.

El ensilaje es un método de conservación de forraje, basado en la fermentación láctica espontánea en condiciones anaeróbicas. Las bacterias lácticas epífitas fermentan los hidratos de carbono del forraje a ácido láctico y, en menor medida, a ácido acético. Debido a la presencia de dichos ácidos, el pH del material ensilado disminuye y los microorganismos indeseables son inhibidos (37).

El oxígeno es perjudicial para el proceso porque habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO_2 y H_2O. Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi-intensiva o estabulada. El ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico (38).

El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas:

2.1.8.1. Fase aeróbica.

En esta fase dura sólo pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como

las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0) (39).

2.1.8.2. Fase de fermentación.

Se da inicio en un medio anaerobio. Puede persistir de días a semanas, obedeciendo a las características del material ensilado y de las circunstancias ambientales, en el instante del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población sobresaliente. Debido a la obtención de ácido láctico y otros ácidos. Las unidades BAC que se relacionan con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Lactococcus y Streptococcus. En su mayoría son mesófilos, que pueden prosperar en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, obedeciendo de las especies y del tipo de forraje (40).

2.1.8.3. Fase estable.

La mayoría de los microorganismos de la fase dos lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como Lactobacillus buchneri que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios. Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias (38).

2.1.8.4. Fase de deterioro aeróbico.

Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo. El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio

de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos también facultativos como mohos y enterobacterias. La tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas (41).

2.1.9. Aditivos para ensilaje.

Estos aditivos sirven para varios propósitos estos se clasifican de acuerdo a sus funciones en: estimulantes e inhibidores de la fermentación, inhibidores de la deterioración aeróbica, de los nutrientes y absorbentes, además pueden ser biológicos o químicos; existe una gran lista de aditivos disponibles los cuales vienen en una variedad de formas: líquidos, sólidos o suspensión y se pueden aplicar durante la cosecha/picado o en el llenado de los silos. Los aditivos se clasifican en aditivos inhibidores como bactericidas, acidificantes, protectores de sustratos, y trampas de oxígeno, aditivos absorbentes, aditivos saborizantes y aditivos estimulantes entre estos están sustratos, inoculantes, enzimas, Bacillus. Los residuos fibrosos de cosechas agrícolas de arroz, caña, maíz y otros cultivos tienen como limitación su elevado contenido de fibra y sus bajos niveles de nitrógeno y carbohidratos solubles, lo que afecta el comportamiento animal razón por la cual se han sugerido diferentes sistemas para mejorar el valor nutritivo de estos residuos, entre los que se encuentra el empleo de inoculantes microbianos en ensilajes, también se utilizan aditivos acidificantes, bacteriostáticos y estimuladores de la fermentación láctica, así como presecados o mezclas de gramíneas y leguminosas (35).

2.1.10. El residuo de plátano.

Cuando el banano y/o plátano de exportación no alcanza las características requeridas, estos frutos son rechazados y posteriormente transformados en residuos cuyo destino final reutilizable corresponde principalmente a compostaje y alimentación animal, el resto irá para los rellenos sanitarios. Con el fin de aprovechar las características potenciales de estos productos, se han podido evaluar sus propiedades fisicoquímicas para producir compuestos

de valor agregado. El banano rechazado puede ser utilizado para producir harina de banano con cáscara, la cual es empleada en la producción de panes tajados con mezcla de harinas (42).

La práctica agronómica del corte de la planta de plátano para que crezca otra, genera día a día grandes cantidades de residuos que son descartados cerca de las orillas de los ríos o quebradas y en los caminos, causando un problema ambiental. En los últimos años ha surgido un fuerte interés por darle un manejo adecuado y eficiente a los residuos agroindustriales y aprovecharlos para el desarrollo de bioprocesos en los que se involucran como sustratos para la producción de ácidos orgánicos, etanol, enzimas y otros metabolitos secundarios importantes para la industria farmacéutica y alimentaria (43).

Ecuador es un país eminentemente agrícola, en los últimos años el cultivo del plátano ha incrementado convirtiéndose en un importante producto de exportación. La planta de plátano es un recurso natural que no es explotado eficientemente por el cultivador, ya que una vez que produce el racimo, la planta es cortada quedando como abono para la cosecha, al igual su cáscara que es considerada como desecho. El mal aprovechamiento de estos desechos agrícolas provoca contaminación de suelos, aguas subterráneas, proliferación de bacterias y enfermedades por su descomposición abierta sin ningún control (44).

Los residuos de las cosechas de plátano son en su mayoría hojas, pseudotallos y restos de fruto. Las hojas y los pseudotallos contienen niveles importantes de ligninocelulosa, mientras que los restos de fruto presentan en su composición gran cantidad de micronutrientes. Estas propiedades hacen de los residuos sustratos eficientes para algunos hongos basidiomicetos, especialmente hongos de la podredumbre blanca, los cuales producen enzimas ligninolíticas capaces de degradar completamente la lignina, polímero conformado por p-hidroxi-cinnamil alcohol, y metabolizar los monómeros fenólicos en compuestos aromáticos de interés tales como vainilla, ácido ferúlico y eugenol. Todos estos metabolitos son importantes para la industria alimentaria, farmacéutica y de colorantes (43).

Los residuos de la cosecha del plátano son ricos en almidón, el cual puede extraerse para su comercialización directa, o para otras aplicaciones, como el tratamiento de aguas o la polimerización. El almidón tiene numerosas aplicaciones en la industria papelera, textil, farmacéutica (como excipiente), de adhesivos, alimentos (como espesante), tratamiento de

agua (coagulante) y polímeros. El contenido de almidón en el fruto del plátano es de aproximadamente 70-80% en base seca, mientras que la piel puede contener hasta 50% (45).

Debido a la composición bioquímica del plátano, que es rico en poli péptidos, el origen biológico de la cáscara en su condición de cubierta protectora del fruto, indica que sus componentes, y/o características deben determinarse para poder aprovechar las cáscaras de plátano como fuente para la extracción de pectina, razón por la cual obtenerla a partir de la cáscara de plátano mediante la hidrólisis ácida se convierte en una oportunidad industrial y económica para la academia y la ingeniería (46).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización.

La investigación se realizó en el laboratorio de Rumiología en la finca experimental "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme. Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01º 06' de latitud Sur y 79º 29' de longitud Oeste, a una altitud de 73 msnm con una temperatura media de 25.8 °C.

3.1.1. Condiciones climáticas.

Las características climáticas del lugar del experimento se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Condiciones agro climáticas de la finca experimental "La María" UTEQ Mocache 2019.*

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: INAMI (47)

3.2. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo experimental, obtenida mediante la planeación del problema, objetivo y variables a evaluar, enfocado a probar distintos niveles de inclusión de cáscara de plátano en la elaboración de ensilaje con maíz forrajero; dándole uso a los recursos que desperdiciamos brindado así un aporte nutritivo en la alimentación de rumiantes. Contribuye a la línea de investigación haciendo enfoque al comportamiento agronómico, evaluación y mejoramiento de las características nutricionales y métodos de

conservación de gramíneas, leguminosas, arboles forrajeros, subproductos agropecuarios y residuos agroindustriales con fines de alimentación de los animales domésticos.

3.3. Métodos de investigación.

Se utilizaron los métodos de observación y exploratorio, se realizaron análisis bromatológicos que permitieron establecer diferencias en cuanto a contenido nutricional de los ensilajes de maíz con diferentes niveles de inclusión de cáscara de plátano.

3.3.1. El método de observación.

A través de este método se pudo determinar la calidad del silo y cuantificar la población de bacterias presentes en el mismo.

3.3.2. El método exploratorio.

Este método nos permitió conocer las condiciones perfectas para la elaboración del ensilaje de maíz forrajero, además de los niveles de inclusión de cáscara de plátano para el correcto desarrollo del silo.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes primarias.

La observación directa en campo permitió obtener información precisa sobre el problema de la investigación.

3.4.2. Fuentes secundarias.

Las fuentes secundarias de información tales como artículos científicos, libros, documentos de tesis y manuales entre otros.

.

3.5. Diseño de la investigación.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos de ensilajes de forraje de maíz con la inclusión de cáscara de plátano (25, 50, 75 y 100 %). Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones (microsilos). Las respuestas experimentales se ajustan en el siguiente modelo lineal:

$$\mathbf{Y_{ij} = \mu + Ti + E_{ij}}$$

Dónde:

Yij= Valor de la variable respuesta i "esimo"efecto de las observaciones

μ= Valor de la media general

Ti= Efecto de los tratamientos en estudio

Eij= Error experimental o efecto aleatorio (48).

El análisis de varianza se detalla en la Tabla 2 con el siguiente esquema:

Tabla 2. *Esquema del análisis de varianza.*

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	t – 1	4
Error experimental	t x (r-1)	20
Total	t x r-1	24

Elaborado por autor

3.5.1. Arreglo de los tratamientos.

En la Tabla 3 que se encuentra a continuación se detalla la descripción de los tratamientos.

Tabla 3. *Descripción de los tratamientos*.

Tratamiento	Detalle	Repeticiones
T1	100% Forraje de maíz	5
T2	75% Forraje de maíz con inclusión 25 % de cáscara de plátano	5
T3	50% Forraje de maíz con inclusión 50 % de cáscara de plátano	5
T4	25% Forraje de maíz con inclusión 75 % de cáscara de plátano	5
T5	100% cáscara de plátano	5

Elaborado por autor

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Manejo específico del experimento.

El experimento comenzó con la elaboración de 25 microsilos utilizando tubos pvc de 4 pulgadas con una dimensión de 30 cm de altura x 10cm de ancho en el cual se selló la parte inferior con un tapón para tubos y se colocó una manguera para permitir la salida de fluidos, una vez elaborados se procedió al llenado y comprimido con el material vegetativo, en cada micro silo se colocó 3 kg entre forraje de maíz previamente picado a un tamaño de partícula entre 1 y ½ cm antes del sellado se colocó los porcentajes de cáscara de plátano (25, 50, 75 y 100 %) en cada silo, posteriormente se sellaron los microsilos con un tapón superior se colocaron tonillos para asegurar la tapa y se selló con cinta de embalaje.

Una vez que se llenaron todos los microsilos fueron almacenados por un periodo de 30 días a temperatura ambiente dentro de un depósito con iluminación natural 12 horas luz – 12 horas oscuridad, sin radiación solar directa, se procedió a la apertura a los 30 días de ensilaje, al abrirlos se tomaron muestras representativas de aproximadamente 500 gramos en cada uno, previa homogenización del material ensilado, a las cuales se le realizo la evaluación de variables.

Una vez que termino la fase del ensilado, las muestras se colocaron en una estufa a 65° C por 48 horas, para luego ser molido en un molino de laboratorio Thomas Willy con criba de 2 milímetros.

3.6.2. Variables de estudio para comparación antes y después del ensilado.

- **Análisis fisico del ensilado.**

Para la determinación de la composición bromatológica se tomó muestras de 500g. Cada muestra fue etiquetada, rotulada y empaquetada para ser enviada al laboratorio de la Bromatologías de la UTEQ para determinar hongos, levaduras, bacterias lácticas y totales.

- **pH**

Se tomó 10 g de muestra a los cuales se les adiciono 100 ml de agua destilada en un envase y posteriormente se filtró la solución. Se determinó el pH a través de un potenciómetro con electrodo de vidrio (Oakton p meter 510 Series) en el galpón a la sombra para luego ser evaluados.

- **Temperatura**

Para la determinación de la temperatura se empleó un termómetro de mercurio de bulbo fino. Para el efecto las temperaturas fueron tomadas al momento de destapar el silo introduciendo el termómetro y dejándolo reposar por 15 minutos.

3.7. Tratamientos de los datos.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y las medias fueron comparadas mediante la prueba del Test de Tukey ($P \leq 0.05$) de confiabilidad, con la utilización del paquete estadístico de Software libre, tablas y figuras y el procedimiento de los datos se efectuó en Excel paquete Office de Microsoft.

3.8. Recursos humanos y materiales.

En la realización de la investigación se contó con la contribución de talentos humanos como el Director del proyecto de investigación Dr. Ítalo Fernando Espinoza Guerra y el Autor del proyecto de investigación Luis Fernando Olvera Reinado.

En la investigación también se usaron materiales y equipos para medir y evaluar las distintas variables en la investigación, los mismos que se detallan a continuación.

3.8.1. Material vegetativo.

- Forraje de maíz
- Residuos de cáscara de plátano.

3.8.2. Equipos.

- Estufa Memmert
- Balanza
- Balanza analítica
- Calentador agitador
- Analizador de fibra Ankom
- Analizador de proteinas
- Mufla
- Molino de cuchillas con cribas de 2 mm (Thomas Scientifics)

3.8.3. Materiales de laboratorio.

- Fundas plásticas y de papel
- Desecadores
- Espátula
- Pinzas
- Agitador de vidrio
- Barras de agitación magnética
- Matraz Kjeldahl de 500 u 800 mL
- Matraz Erlenmeyer de 500 mL
- Crisoles
- Pinza para crisoles
- Alcohol 98°
- Mecheros
- Caja Petri
- pH metro

3.8.4. Materiales otros.

- Cinta de embalaje
- Estilete
- Tijera
- Marcador permanente
- Bandeja de aluminio

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis microbiológico del ensilado.

4.1.1. Hongos y levaduras.

En la variable de hongos y levaduras se presentó significancia estadística ($p < 0.005$) entre los tratamientos, mostrando el T4 (25% forraje de maíz con inclusión 75 % de cáscara de plátano) el promedio más alto de 4,41 UFC mL^{-1} y el T1 (100% forraje de maíz) fue quien señalo el promedio más bajo de 1,87 UFC mL^{-1} esto en lo que respecta a hongos, mientras que en levaduras el tratamiento que presento el valor más alto de 3,08 UFC mL^{-1} fue el T5 (100% cáscara de plátano) y el menor valor se encontró en el T1 (100% forraje de maíz) que fue de 2,01 UFC mL^{-1} (Tabla 4).

Narváez (49) al investigar el efecto de la aplicación de inoculantes sobre las características microbianas a los 60 días de ensilaje de maíz forrajero no obtuvo significancia estadística, sin embargo, señalo promedios similares a los nuestros de crecimiento de hongos 4,36 UFC mL^{-1}, con respecto a las levaduras, mostró crecimiento de 2, 60 UFC mL^{-1}. La investigación sobre las características fermentativas y nutritivas de ensilajes de forrajes tropicales con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales de cáscara de maracuyá, realizada por Espinoza (50) se muestran valores más altos a los de esta investigación, registrando valores de hongos de 7,34 UFC g^{-1} y de levaduras 7,32 UFC g^{-1}.

Según Villa (51) en su investigación sobre el estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia señala que no se encontró diferencias significativas para la interacción clima-día, mostrando un crecimiento diferencial de estos microorganismos en cada ambiente climático a lo largo del tiempo; registrando valores de 7,7E+03 UFC/g^{-1} para clima frio y 9,7E+04 UFC/g^{-1} para clima cálido. Mismo que indica que es posible que las condiciones ambientales en que se cultivó el forraje de clima frío, fueran mejores que las de clima cálido para el crecimiento de estos microorganismos.

Tabla 4. *Promedios estadísticos del crecimiento de hongos y levaduras de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019.*

Variables	Tratamientos										EEM	P < Probabilidad
	T1 0%		T2 25%		T3 50%		T4 75%		T5 100%			
Hongos	1,87	a	3,07	a	3,31	b	4,41	b	3,86	b	0,32	0,0003
Levaduras	2,01	a	2,42	ab	2,95	bc	2,84	bc	3,08	c	0,15	0,0003

Medias con una letra común no son significativamente según el test de Tukey (p≥0.05)
Elaborado por: Luis Olvera Reinado

4.1.2. Bacterias lácticas.

Según el ANDEVA la variable de bacterias lácticas no presenta significancia estadística (p>0.05), sin embargo el tratamiento con mayor promedio fue el T1 (100% forraje de maíz) con 8,60 y el valor más bajo lo señalo el T2 (75% forraje de maíz con inclusión 25 % de cáscara de plátano) y T3 (50% forraje de maíz con inclusión 50 % de cáscara de plátano) con 8,43 ambos (Tabla 5).

Estos valores no concuerdan con los obtenidos por Villa *et al* (52), quien al realizar el estudio microbiológico del ensilaje de maíz en dos ecorregiones mostro valores inferiores de 1,30 E+10 a los 10 días en clima frio y de 1,00 E+10 en clima cálido. Dentro de las características microbianas de silos de pasto saboya con residuo de maracuyá en la investigación realizada por Espinoza (50) se obtuvo valores similares de 8,23.

Para Cardoso (53) al realizar la evaluación y validación de la tecnología de producción de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maíz para la alimentación de vacas productoras de leche indico que el contenido de hongos mesófilos a la hora 0 fue de mayor carga, en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche presentando un promedio de 40,0 UFC/cc^{-1}.

Tabla 5. *Promedios estadísticos del crecimiento de Bacterias lácticas de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019.*

Variables	Tratamientos										EEM	P < Probabilidad
	T1 0%		T2 25%		T3 50%		T4 75%		T5 100%			
Bacterias lácticas	8,60	a	8,43	a	8,43	a	8,50	a	8,52	a	0,06	0,2955

Medias con una letra común no son significativamente según el test de Tukey (p>0.05)
Elaborado por: Luis Olvera Reinado

4.1.3. Bacterias totales.

Para la actual variable no se registró diferencia estadística según la prueba de Tukey (p>0.05) indicando que la variable bacterias totales registro el valor más alto de 8,81 en el T1 (100% forraje de maíz) y el promedio más bajo en el T2 con 8,69 (Tabla 6).

Estos valores no concuerdan con los obtenidos por Villa (51), quien al realizar el estudio microbiológico del ensilaje de maíz en dos ecorregiones mostro valores inferiores de 8,0E+09 en clima frio y de 5,7E+05 en clima cálido. Según Narváez (49) al analizar el crecimiento de lactobacilos totales en los microsilos de maíz no presentó diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, sin embargo presento mayor crecimiento a los de esta investigación siendo así de 9,07 UFC mL^{-1}.

Tabla 6. *Promedios estadísticos del crecimiento de Bacterias lácticas de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019.*

Variables	Tratamientos										EEM	P < Probabilidad
	T1 0%		T2 25%		T3 50%		T4 75%		T5 100%			
Bacterias totales	8,81	a	8,69	a	8,78	a	8,78	a	8,78	a	0,03	0,1121

Medias con una letra común no son significativamente según el test de Tukey (p>0.05)
Elaborado por: Luis Olvera Reinado

4.2. Análisis físico.

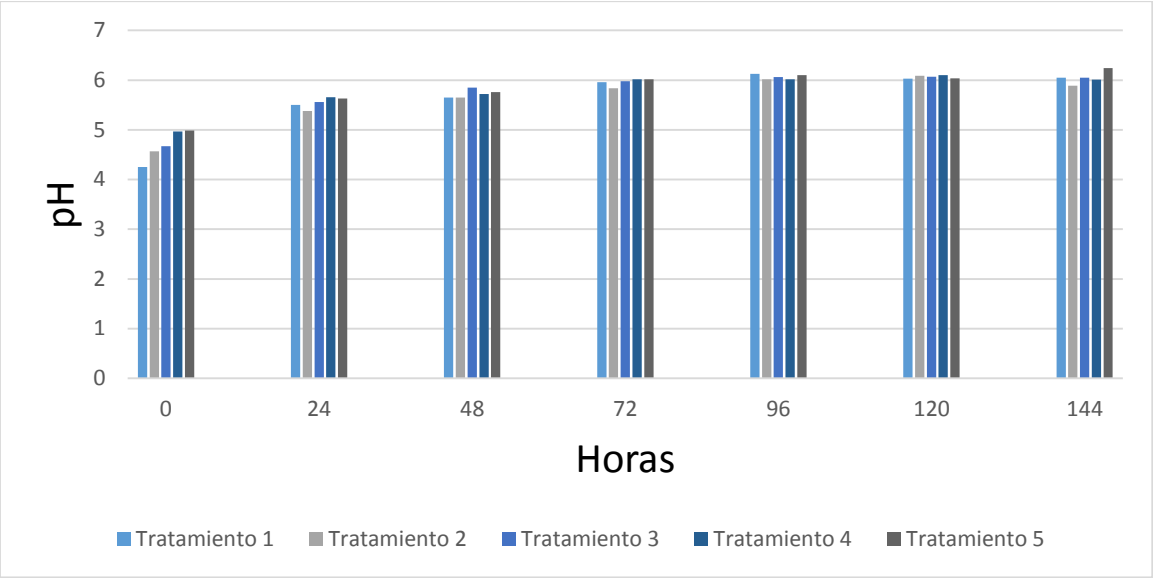
4.2.1. pH.

El pH evaluado indica que no hubo variaciones considerables a excepción de las 0 horas donde este vario un poco entre tratamientos siendo más bajo el T1 (100% forraje de maíz) y el más alto el T4 (25% forraje de maíz con inclusión 75 % de cáscara de plátano) y T5 (100% cáscara de plátano), sin embargo a las 96 y 120 horas fue casi igual en todos los tratamientos siendo este aproximadamente de 6,0 (Grafica 1).

Estos resultados no concuerdan con los de Pinto *et al* (54) quien al evaluar la conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de *Pennisetum* y pulpa de café señalo valores de 4,01 con el 100% de pulpa de café, para él los valores de pH obtenidos indicaron que ensilar pulpa de café proporciona condiciones ambientales favorables, ya que valores de 4,5 son indicadores de una fermentación anaeróbica adecuada, y cuando se alcanzan valores de 4,2 se logra estabilidad fermentativa. Villalobos y Arce (55) al evaluar el efecto del picado sobre las características nutricionales y fermentativas de ensilajes de pastos kikuyo, ryegrass perenne y alpiste forrajero, obtuvo valores similares a los de estas investigación a las 0 horas, señalando el pasto ryegrass perenne picado 4,41 y sin picar 4,83.

En el ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum o Kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos, trabajo que realizaron Boschini y Pineda (56) señalo diferencia estadísticas entre aditivos dentro de un rango muy estrecho de 4,38 usando melaza a 4,73 utilizando maíz. Aragadvay *et al* (57) al realizar la evaluación in vitro del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz señalo valores de 3,6 a 4,7.

Para Castillo *et al* (58) en su investigación al cuantificar la fermentabilidad y valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*) mediante la técnica de microsilos, indico que los resultados de pH en los distintos tratamientos fluctuaron entre 3,65 y 4,82, respectivamente. Castillo señala que con relación al pH, se cuantificó valores que garantizan la conservación del ensilaje y se observó una disminución en su valor al pasar de menor a mayor porcentaje de vigna en la asociación.



Elaborado por: Luis Olvera Reinado

Gráfica 1. *Resultados del pH de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019.*

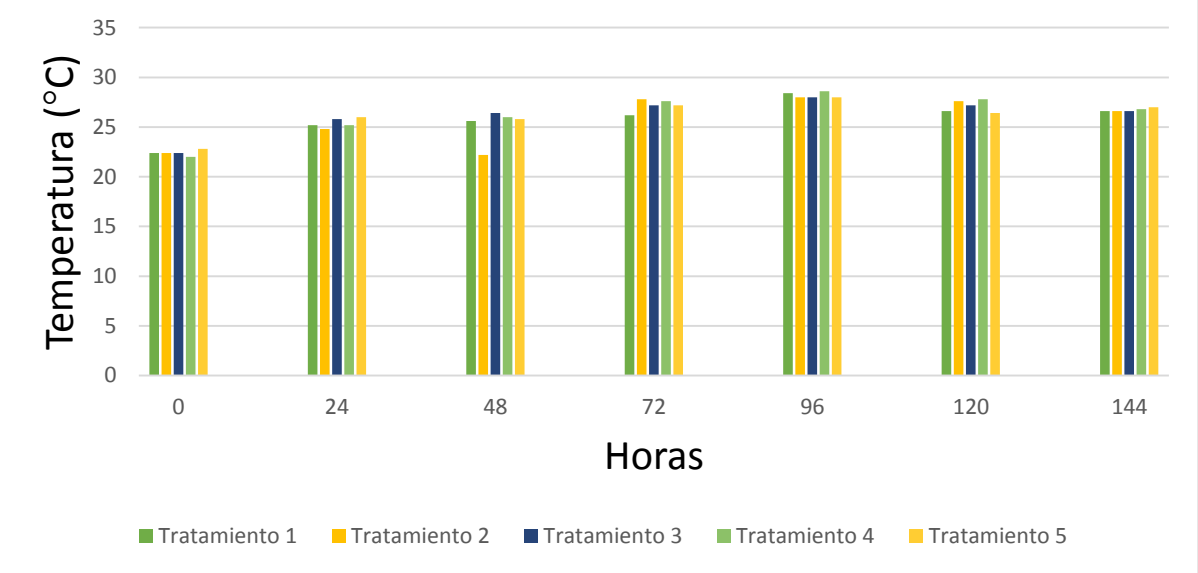
4.2.2. Temperatura (ºC).

La temperatura evaluada a las 48 horas, señala variaciones entre los tratamientos siendo el T2 el que señalo menos temperatura siendo esta de 21º C, sin embargo existen particularidades en el transcurso del tiempo, siendo el T3 a las 24 horas el que señala mayor temperatura de 26ºC, mientras que a las 72 y 120 horas el T2 y T4 mantienen una temperatura de 28ºC aproximadamente. Sin embargo se puede observar que a las 0 y 144 horas se mantiene la temperatura entre tratamientos alrededor de los 23ºC y 26ºC respectivamente (Gráfica 2).

Para Santos da Silva *et al* (59) quien en su investigación determino el efecto de diferentes aditivos (urea, NaOH y maíz molido) en la estabilidad aeróbica de la caña de azúcar, conservada como ensilaje en silos de laboratorio señalo valores superiores a los de esta investigación en un rango de 28 a 48ºC. Rodríguez *et al* (60) al determinar el efecto de un aditivo microbiano sobre las características fermentativas, estabilidad aeróbica, consumo y digestibilidad de ensilaje de maíz por carneros alimentados con dietas que contenían ensilaje de maíz indica temperaturas que van de 4,11 a 39,15ºC tratado con un inoculante microbiano. Por otro lado para Mier (61) sus valores más altos fueron 11,84 y 12,85ºC al evaluar el efecto de la adición de un inoculante microbiano asociado a urea sobre el valor nutricional

y la estabilidad aeróbica de ensilaje de maíz forrajero. Él mismo señala que la temperatura afecta de forma significativa el crecimiento y actividad de los microorganismos que actúan en los ensilajes. Asimismo la elevación de la temperatura diurna frente a la nocturna puede resultar en cambios significativos en la actividad de los microorganismos.

Estudios realizados por Gualoto (62) al evaluar el contenido nutricional del silaje de maíz en forma de microsilos inoculado con bacterias ácido lácticas señalo rango de temperaturas entre 24,00 a 27,57ºC, él también señala que el ensilaje que presenta bajas temperaturas en las primeras semanas de fermentación es más valioso y de buen sabor alimenticio.



Elaborado por: Luis Olvera Reinado

Gráfica 2. *Resultados del pH de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano. UTEQ 2019.*

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

En lo que respecta a hongos y levaduras el mejor tratamiento fue el T4 (25% forraje de maíz con 75% de cascara de plátano) mientras que el T1 (100% forraje de maíz) obtuvo el menor promedio de hongos y levaduras.

En base de bacterias lácticas, demostró que el T1 (100% forraje de maíz) el valor más alto entre los tratamientos, mientas que el T2 (75% de forraje d maíz 25% cascara de plátano) fue el más bajo. Así mismo demostrando las bacterias totales tiene los mismo resultados

El pH no tuvo variaciones altas, pero todos los tratamientos tuvieron un mejor resultado las 96 y 120 horas en donde tuvieron una igualdad homogénea. En cambio, en temperatura señalo a las 48 horas una variación entre los tratamientos, teniendo una uniformidad en las 144 horas

5.2. Recomendaciones.

En base a la instigación elaborada se remienda para un buen aprovechamiento se debe realizar trabajos con el T4 que fue el superior que contenía (25% forraje de maíz con 75% de cascara de plátano).

Las temperaturas altas y bajas son perjudícales para el ensilaje por lo que se recomienda que el ensilaje tenga al inicio temperaturas hasta los 30ºC para ir bajando hasta los 25ºC antes de abrir el silo y un pH menor a 5 y una buena producción de ácido láctico.

En base a la investigación se debe realizar un picado de maíz de1 y 1,5 cm aproximadamente para mejorar la densidad dentro de las bolsas y evitar pérdidas de MS y nutrientes.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

5.1. Referencias bibliográficas.

1. Ramírez N VM, Peñuela S LM, Pérez R MDR. Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. Revista de Ciencias Agrícolas. 2017 Marzo; 34(2)(107-124).
2. Espinoza Guerra I, Medina Villacís M, Barrera Alvarez A, Montenegro Vivas L, Sánchez Laiño A, Romero Romero M, et al. Composición bromatológica y degradabilidad ruminal in situ de residuos agroindustriales de maracuyá (Passiflora edulis) y plátano (Musa paradisiaca). Ciencia y Tecnología. 2017 Diciembre; 10 (2)(63-67).
3. López Herrera M, Rojas Bourrillon , Briceño Arguedas. Sustitución del pasto Megathyrsus maximus por guineo cuadrado y urea en mezclas ensiladas. Agronomía Mesoamericana. 2019 Enero; 30(1)(179-194).
4. Muck RE. Silage microbiology and its control through additives. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010 Julio; 39(183-191).
5. Santos EM, Zanine AdM. Silagem de gramíneas tropicais. Colloquium Agrariae. 2006 Marzo; 2(1)(32-45): p. 32-45.
6. Castillo Jiménez , Rojas-Bourrillón , WingChing-Jones. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (Vigna radiata). Agronomía Costarricense. 2009 Febrero; 33(1)(133-146): p. 133-146.
7. Oramas Wenholz C, Vivas Quila NJ. Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (Zea mays) en monocultivo y en asociación con fríjol (Phaseolus vulgaris), para ensilaje. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA. 2007 Febrero; 5(1)(29–35).
8. López Herrera , Rojas Bourrillon A, Zumbado Ramírez. Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano Pelipita. Agronomía Mesoamericana. 2017 Diciembre; 28(3)(629-642).
9. Aragadvay Yungán RG, Rayas Amor AA, Heredia Nava , Estrada Flores JG, Martínez Castañeda FE, Arriaga Jordán CM. Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (Helianthus annuus L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2015; 6(3)(315-327).

10. Espinoza Guerra1 IF, Bolívar Montenegro , Vallejo Torres CA, López Vera MR, García Montes YM. Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz forrajero. Espamciencia. 2015 Mayo; 6(1)(15-21).
11. Cubero JF, Rojas , WingChing. Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (Zea mays). Valor nutricional y fermentativo. Agronomía Costarricense. 2010 Octubre; 34(2)(237-250).
12. Mora Valverde D. Consumo de morera (Morus alba) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado Jersey en crecimiento. Agronomía Mesoamericana. 2010 Diciembre; 21(2)(337-341).
13. Gómez A , Mardones , Morales S MS, Butendieck B , Hazard T. Evaluación de la mezcla ensilaje de maíz con ensilaje de trébol rosado en diferentes proporciones en la alimentación invernal de vacas lecheras en la zona sur. Agricultura técnica. 2001; 61(3)(306-318).
14. Boschini Figueroa. Características físicas y valor nutritivo del ensilaje de morera (Morus alba) mezclado con forraje de maíz. Agronomía Mesoamericana. 2003; 14(1)(51-57).
15. Araiza Rosales EE, Delgado Licón , Carrete Carreón FO, Medrano Roldán , Solís Soto , Rosales Serna , et al. Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzanza y melaza. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 2015 Mayo; 2(6)(255-267).
16. Boschini Figueroa , Pineda Cordero , Chacón Hernández. Evaluación del ensilaje del pasto Ratana (Ischaemum indicum HOUTT.) con tres diferentes aditivos. Agronomía Mesoamericana. 2013 Agosto; 25(2)(297-311).
17. Boschini C, Elizondo J. Desarrollo productivo y cualitativo de Maíz para ensilaje. Agronomía Mesoamericana. 2004; 15(1)(31-37.).
18. Clavijo Cabrera , Morantes Daza. Evaluación productividad del ensilaje de maíz (Zea mays) para la alimentación bovina empleando agricultura de precisión. Revista Nova. 2016 Diciembre; 2 (2)(66-75).
19. Rendón Correa ME, Noguera R, Posada Ochoa SL. Ruminal degradation kinetics of the corn silage with different levels of inclusion of vinasse. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2013 Diciembre; 8 (2)(42-51).

20. Villa R , Hurtado V. Evaluación nutricional de diferentes ensilajes para alimentar conejos. Revista de Ciencias Agrícolas. 2016 Diciembre; 33(2)(76-83).
21. Alkemi. Alkemi. [Online].; 2018 [cited 2019 Febrero 01. Available from: https://alkemi.es/blog/el-analisis-microbiologico/.
22. Andrade Filho , Mohamad. Estrategias para mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Monografia. Argentina:; 2010.
23. Vargas Corredor YA, Perez Perez LI. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2018 Marzo; 14(1)(1-14).
24. Díaz Coronel GT, Sabando Ávila FA, Zambrano Montes , Vásconez Montúfa GH. Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (Zea mays L.) en dos localidades de la Provincia de Los Ríos. Ciencia y Tecnología. 2009 Febrero; 2(1)(15-23).
25. Cabrales R, Montoya , Rivera. Evaluación Agronómica de 25 genotipos de maíz (Zea maiz) con fines forrajeros en el valle del Sinú Medio. Revista MVZ Córdoba. 2007 Diciembre; 12(2)(1054-1060).
26. González Castañeda F, Peña Ramos A, Núñez Hernández. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. Revista Fitotecnia Mexicana. 2010 Septiembre; 29(2)(103-107).
27. Chamba DAT. Ensilado de maíz con adición de lactosuero y microorganismos eficientes, en el cantón Paltas. Tesis de grado. Loja: Universidad Nacional de Loja; 2015.
28. Mayer AF. Silaje de Maíz. Monografia. Argentina:, Área Producción Animal; 2000.
29. Gaona Velásquez CU, Mendez Alvarado S. Implementación estratégica de ensilaje como complemento alimenticio para la ganadería de la finca la Catara en el municipio de Puerto Lleras – Meta. Trabajo de Grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD CEAD –ACACIAS, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio ambiente; 2018.
30. Peña Ramos A, González Castañeda F, Núñez Hernández G, Jiménez González C. Aptitud combinatoria de líneas de maiz. Revista Fitotecnia Mexicana. 2004 Septiembre; 27(1)(1-6).

31. Nuñez G, Contreras E, Contreras R. Características agronómicas y químicas importantes en hibridos de maiz para forraje con alto valor energético. Téc. Pecu.Méx. 2013; 41(1)(37-48).
32. Elizondo J, Boschini C. Producción de forraje con maíz Criollo y maíz Híbrido. Agronomía Mesoamericana. 2002; 13(1)(13-17).
33. Amador AL, Boschini F C. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana. 2000; 11(1)(171-177).
34. Revuelta H. Aprovechamiento de materias primas. [Online].; 2014 [cited 2019 Febrero 01. Available from: http://vidaplenaingagroindustrial.blogspot.com/.
35. Villacrés RS. Efecto de la adición de Bacillus spp. en ensilaje de maíz (Zea mays) sobre la cinética de degradación ruminal in situ y fermentación ruminal in vitro. Trabajo de investigación. Ambato – Tungurahua: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2017.
36. Agribiotech. Agribiotech. [Online].; 2016 [cited 2019 Febrero 01. Available from: http://www.agribiotech.com.mx/test/wp-content/uploads/2016/01/Ensilaje-de-Maiz-Traduccion.pdf.
37. Santos da Silva W, Carvalho dos Santos TM, Cavalcanti Neto CC, Espíndola Filho AM, Mesquita da Silva SG, Neves Figueiredo , et al. Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. Pastos y Forrajes. 2014 Junio; 37(2)(182-190).
38. Garcés Molina AM, Berrio Roa , Ruiz Alzate , Serna de León JG, Builes Arango AF. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación. 2004 Junio ; 1(1)(66-71).
39. Gamarra Bojorquez J. Manejo y conservación de avena forrajera. Peru: Agrobanco; 2013.
40. Valencia Ramírez AF. Los ensilajes: una mirada a esta estrategia de conservación de forraje para la alimentación animal en el contexto colombiano. Monografía. Bogotá: Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2016.
41. Oude Elferink S, Driehuis , Gottschal JC, Sierk F. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación Roma: CIPAV; 2001.

42. Peñaranda Gonzalez LV, Montenegro Gómez SP, Giraldo Abad PA. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2017 Diciembre; 8(2)(141-150).
43. Granda R DM, Mejía G AI, Jiménez T. GA. Utilización de residuos de plátano para la producción de metabolitos secundarios por fermentación en estado sólido con el hongo. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 2005 Agosto; 12(2)(13-20).
44. Haro Velasteguí AJ, Borja Arévalo AE, Triviño Bloisse SY. Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Ciencias Administrativas. 2017 Mayo; 3(2)(506-525).
45. Lambis M , Hernández , Morales , Fernando Marín , Pasqualino. Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano. XXVIII Congreso Colombiano de Ingeniería Química. 2015 Septiembre;(62-66).
46. Carrión KM. Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (Musa paradisiaca) y plátanos (Musa sapientum) para la producción de alimentos destinados al consumo humano. Tesis de grado. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química; 2013.
47. INAMI. INAMI. [Online].; 2018 [cited 2019 Febrero 01. Available from: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/.
48. Fernández Escobar R, Trapero A, Domínguez Giménez J. Experimentación en Agricultura Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía; 2010.
49. Narvaez Aranda DS. Efecto de la aplicacion de inoculantes sobre las caracteristicas microbianas a los 60 dias de ensilaje de maiz forrajero (Zea mayz L.) Mocache, Ecuador 2013. Tesis de grado. Mocache: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2013.
50. Espinoza Guerra IF. Características fermentativas y nutritivas de ensilajes de forrajes tropicales con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis). Tesis Doctoral. Cordoba: Universidad de Cordoba, Programa de doctorado en recursos naturales y gestion; 2016.
51. Villa Leniz Z AF. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. Trabajo de grado. Bogota: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de medicina Veterianaria y Zootecnia; 2008 Marzo.

52. Villa AF, Meléndez AP, Carulla JE, Pabón ML, Cárdenas EA. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2010 Marzo; 23(1)(65-77).
53. Cardoso Totoy EF. Evaluacion y validacion de la tecnologia de produccion de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maiz para la alimentacion de vacas productoras de leche en la serrania ecuatoriana. Tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo , Facultad de Ciencias Pecuarias; 2013.
54. Pinto Ruiz , Guevara Hernández , Medina JA, Hernández Sánchez , Ley de Coss , Guerra Medina. Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de Pennisetum y pulpa de café. Agronomía Mesoamericana. 2017 Abril; 28(1)(59-67).
55. Villalobos , Arce. Efecto del picado sobre las características nutricionales y fermentativas de ensilajes de pastos kikuyo, ryegrass perenne y alpiste forrajero. Agronomía Costarricense,. 2016 Junio; 40(1)(65-74).
56. Boschini Figueroa C, Pineda Cordero. Ensilaje de kikuyo (pennisetum clandestinum o kikuyuocloa clandestina) fermentado con tres aditivos. Agronomía Mesoamericana. 2016 Junio; 27(1)(48-60).
57. Aragadvay Yungán RG, Rayas Amor AA, Heredia Nava D, Estrada Flores JG, Martínez Castañeda FE, Manuel AJC. Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (Helianthus annuus L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 2015 Septiembre; 6(3)(315-327).
58. Castillo Jiménez M, Rojas Bourrillón A, WingChing Jones R. Valor nutricional del ensilaje de maiz cultivado en asocio con vigna (Vigna radiata). Agronomía Costarricense. 2009 Febrero ; 33(1)(133-146).
59. Santos da Silva W, Carvalho dos Santos TM, Cavalcanti Neto CC, Espíndola Filho AM, Mesquita da Silva SG, Neves Figueiredo A, et al. Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. Pastos y Forrajes. 2014 Junio; 37(2)(182-190).
60. Rodríguez AA, Acosta Y, Rivera , Randel PF. Effect of a microbial inoculant on fermentation characteristics,aerobic stability, intake, and digestibility of corn silage by rams. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2016 Enero; 29(2)(108-118).

61. Maritza de los Ángeles Mier Quiroz. Caracterizacion del valor nutritivo y estabilidad aerobica de ensilados en forma de microsilos para maiz forrajero. Trabajo de fin de Master. Cordoba: Universidad de Cordoba, Departamento produccion animal; 2009.
62. Gualoto Castro AR. Evaluacion del contenido nutricional del silaje de maiz en forma de microsilos enoculado con bacterias acido lascticas. Tesis de grado. Quito: Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito; 2013.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos de análisis de la varianza.

Anexo 1. *Análisis de varianza para la variable hongos en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamiento	4	18,15	4,54	8,71**	5,02	3,96
Error	20	10,42	0,52			
Total	24	28,58				

NS= No significativo
*= Significativo
**= Altamente significativo

Anexo 2. *Análisis de varianza para la variable levaduras en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamiento	4	3,82	0,96	8,96**	5,02	3,96
Error	20	2,13	0,11			
Total	24	5,96				

NS= No significativo
*= Significativo
**= Altamente significativo

Anexo 3. *Análisis de varianza para la variable bacterias lácticas en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamiento	4	0,10	0,03	1,32 NS	5,02	3,96
Error	20	0,38	0,02			
Total	24	0,48				

NS= No significativo
*= Significativo
**= Altamente significativo

Anexo 4. *Análisis de varianza para la variable bacterias totales en el ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de plátano, UTEQ-2019.*

F.V.	GL	SC	CM	F. Cal	F. Tabla	
					5%	1%
Tratamiento	4	0,04	0,01	2,15 NS	5,02	3,96
Error	20	0,10	4,9E-03			
Total	24	0,14				

NS= No significativo
*= Significativo
**= Altamente significativo

7.2. Fotografías de la investigación.

Anexo 5. *Preparación del terreno para siembra de maíz forrajero.*

Anexo 6. *Cultivo de maíz forrajero.*

Anexo 7. *Cosecha del maíz forrajero.*

Anexo 8. *Picado del maíz forrajero.*

Anexo 9. *Llenado de los silos.*

Anexo 10. *Cerramiento de los silos.*

Anexo 11. *Tratamientos con sus respectivas repeticiones.*

Anexo 12. *Apertura de los silos.*

Anexo 13. *Determinación de pH*

Anexo 14. *Determinación de temperatura.*

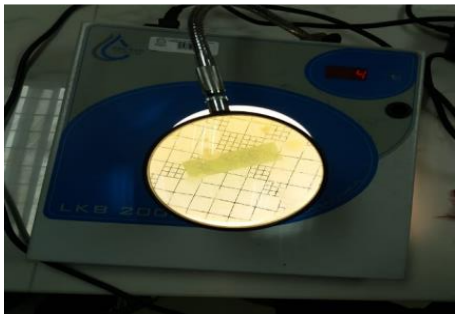
Anexo 15. *Secada del material vegetativo.*

Anexo 16. *Desinfección de los materiales.*

Anexo 17. *Identificación de placa Petri.*

Anexo 18. *Siembra del UFC (unidades formadoras de colonias)*

Anexo 19. *UFC (unidades formadoras de colonias)*



Anexo 20. *Conteo de las UFC (unidades formadoras de colonias)*