



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL MENCIÓN
NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Investigación según normativa de examen
complexivo previa la obtención del Grado
Académico de Magíster en Producción
Animal, Mención nutrición y Alimentación
Animal.

TEMA:

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
ENSILAJES DE FORRAJE DE MAÍZ (*Zea mays* L.) OBTENIDOS CON LA
INCLUSIÓN DE GALLINAZA Y FORRAJE DE SOYA**

AUTOR:

ING. EDWIN OSWALDO TAPIA MORENO

QUEVEDO – ECUADOR
2015

AUTORÍA

Yo, EDWIN OSWALDO TAPIA MORENO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Por medio de la presente declaración cedo mi derecho de privacidad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Unidad de Posgrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normativa vigente.

Ing. Edwin Oswaldo Tapia Moreno

DEDICATORIA

A mis Padres María Moreno (+) y Carlos Tapia, mi esposa Margarita Palomino, mis hijos; Karina, Viviana, Edwin, Eloísa, Andrés y Erick; que con su enorme e incondicional cariño han guiado toda mi vida y especialmente en el desarrollo de esta investigación

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Tengo la satisfacción de expresar mi sentimiento de gratitud a **Jesús** por enseñarme a usar para el bien la energía divina que su **Padre** me dio.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en las personas: Ing Zoot. Mg. Roque Vivas Moreira, Rector.

Al Dr. Eduardo Díaz Ocampo, Director de la Unidad de Posgrado.

Al Dr. Délsito Zambrano Gracia, Coordinador del Programa de Maestría en Producción Animal.

Al Dr. Juan Avellaneda Cevallos que además de sus orientaciones y reflexiones, motivó la culminación del trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁG.
Resumen	xii
EXECUTIVE SUMMARY	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO I	3
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	3
1. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	4
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	5
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.3.1. Problema general	6
1.3.2. Problemas derivados	6
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.5. OBJETIVOS	7
1.5.1. Objetivo General	7
1.5.2. Objetivos específicos	7
1.6. HIPÓTESIS	7
1.6.1. Hipótesis general	7
1.6.2. Hipótesis específicas	8
1.7. JUSTIFICACIÓN	8
1.8. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN	10
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL	12
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
2.2.1. Ensilaje	13
2.2.2. Fases del proceso de ensilaje	15

2.2.2.1.	Fase Aeróbica	15
2.2.2.2.	Fase de fermentación.....	16
2.2.2.3.	Fase estable.....	17
2.2.2.4.	Fase de deterioro aerobio	17
2.2.2.5.	Tipos de fermentación	19
2.2.2.6.	Fermentación láctica	19
2.2.2.7.	Fermentación alcohólica.....	19
2.2.2.8.	Fermentación butírica.....	20
2.2.3.	Aditivos en el ensilaje	20
2.2.4.	Investigaciones realizadas con ensilajes	21
2.3.	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	27
2.3.1.	Derechos del buen vivir.....	28
CAPITULO III		29
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION		29
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.2.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
3.3.	CONDICIONES METEORÓLOGAS	31
3.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	31
3.5.	METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE SILAJES..	32
3.6.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
3.6.1.	Unidad experimental	38
3.6.2.	Diseño experimental	38
3.7.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	40
3.8.	MANEJO EXPERIMENTAL	41
CAPITULO IV		42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		42
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.	Valoración del ensilaje	43
4.2.	Composición química.....	44
4.3.	Características fermentativas.....	48

CAPÍTULO V	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	52
CAPÍTULO VI	53
BIBLIOGRAFÍA	53
6. BIBLIOGRAFÍA.....	54
CAPÍTULO VII	61
ANEXOS	61
7. ANEXOS.....	62
7.1. ANAVAS: características fermentativas	62
7.2. CUADRADOS MEDIOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E ÍNDICE DE CONSUMO OVINO	69
7.3. ANAVAS: composición química	70
7.4. CUADRADOS MEDIOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	75
7.5. PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR	76

INDICE DE TABLAS

Contenido	Pág
Tabla 1. Condiciones meteorológicas y otras características del lugar experimental.....	31
Tabla 2. Calidades de ensilajes.....	32
Tabla 3. Indicadores que determinan la clasificación de ensilajes	33
Tabla 4. Distribución de puntos por indicador	33
Tabla 5. Puntuación procedente de la fermentación	34
Tabla 6. Evaluación cuantitativa de los AGVs.....	35
Tabla 7. Puntuación procedente del tenor de proteína total (PT) en el ensilaje	35
Tabla 8. Puntuación procedente del nitrógeno amoniacal como por ciento del nitrógeno total	35
Tabla 9. Puntuación procedente de la relación entre materia seca y el pH del ensilaje	36
Tabla 10. Puntuación procedente del índice de consumo ovino	36

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pág
Cuadro 1. Esquema de los tratamientos	37
Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza para la evaluación de variables de composición química y características fermentativas de silajes de maíz (Zea mays).	39
Cuadro 3. Valoración integral de los tratamientos en estudio. Campus experimental "La María". FCP-UTEQ.	43
Cuadro 4. Comparaciones y polinomios ortogonales: efecto promedio, de aditivos nitrogenados sobre la composición química en microsilos de maíz forrajero. Finca "La María", FCP-UTEQ.	47
Cuadro 5. Comparaciones y polinomios ortogonales: efecto promedio, de aditivos nitrogenados sobre las características fermentativas, en microsilos de maíz forrajero. Finca "La María", FCP- UTEQ.....	50

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Pág
Anexo 1. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH ₃ , g/kg MS)	62
Anexo 2. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre potencial de hidrogeno (pH)	63
Anexo 3. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre sobre la acidez total (%).	64
Anexo 4. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido láctico (AL%)	65
Anexo 5. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido acético (AA,%)	66
Anexo 6. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido butírico (AB,%)	67
Anexo 7. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el índice de consumo ovino (ICo)	68
Anexo 8. Cuadrados medios, comparaciones y polinomios ortogonales, de las características fermentativas e indice de consumo ovino, de microsilos de maiz forrajero con y sin aditivos nitrogenados. Finca "La Maria", FCP- UTEQ.	69
Anexo 9. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de materia seca (MS, g/kg)	70
Anexo 10. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de proteína (PC, g/kg MS)	71
Anexo 11. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de fibra (FC, g/kg MS)	72
Anexo 12. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de ceniza (CENIZA, g/kg MS)	73
Anexo 13. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de materia orgánica (MO)	74

Anexo 14.	Cuadrados medios, comparaciones y polinomios ortogonales, de materia seca, proteína, fibra, ceniza y materia orgánica (g kg ms ⁻¹) de microsilos de maíz forrajero con y sin aditivos nitrogenados. Finca "La María", FCP- UTEQ.	75
Anexo 15.	Promedios y desviaciones estándar de las variables de composición química, características fermentativas e índice de consumo ovino	76

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo cuantificar la capacidad de fermentación y calidad nutricional del ensilaje de maíz con la inclusión de fuentes de nitrógeno: Gallinaza (G) y forraje de soya (FS; *Glicine max* (L.) Merr.), para la alimentación de rumiantes en condiciones tropicales. Se evaluó siete tratamientos, cada uno constituido por microsilaje de forraje maíz más un aditivo nitrogenado. Los tratamientos fueron: Forraje de maíz solo o testigo (FM); FM con inclusión de 10% de forraje de soya (FS10); FM con 20% de forraje de soya (FS20); FM con 30% de forraje de soya (FS30); FM con 5% de gallinaza (G5); FM con 10% de gallinaza (G10) y FM con 15% de gallinaza (G15). La adición de Gallinaza incrementó significativamente el contenido de Materia seca (MS), mientras que el Forraje de soya (FS) presentó similitud con el testigo. El contenido de proteína total (PT) por efecto de la adición de forraje de soya, fue mayor a los otros tratamientos estudiados. Las fuentes de nitrógeno empleadas, no afectaron el contenido de fibra total (FT). El valor de la concentración de cenizas (C), fue fuertemente afectado por la adición de Gallinaza. El contenido de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), se incrementó con la inclusión de gallinaza en el proceso de ensilaje. El valor del pH, la concentración de ácido láctico y butírico fue significativamente superior con la adición de gallinaza. En conclusión, se puede indicar que la adición tanto de gallinaza como forraje de Soya, mejoran el contenido nutricional del ensilaje de maíz, sin embargo, la inclusión de forraje de soya es mucho más favorable en término de las variables fermentativas.

EXECUTIVE SUMMARY

The present research aimed to quantify the ability of fermentation and nutritional quality of corn silage with the addition of nitrogen sources such as chicken and forage soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), Alternatively ruminant feeding conditions tropical. Seven treatments, each consisting of corn microsilaje plus nitrogen additive was evaluated. Treatments were: corn forage alone or Control (FM); Corn including 10% forage soybean (FS10); Corn with 20% forage soybean (FS20); Corn including 30% forage soybean (FS30); Corn including 5% chicken manure (G5); Corn including 10% chicken manure (G10) and Corn including 15% chicken manure (G15). It was demonstrated that the addition of Gallinaza significantly increase the content of dry matter (DM), whereas forage soybeans (FS) presented similarity with the control. The total protein content (PT) by effect of the addition of FS, was higher than the other treatments studied. Nitrogen sources employed, did not affect the total fiber content (FT). The value of the ash concentration (C) was strongly affected by the addition of G. The content of ammoniacal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), increased with the inclusion of G in the ensiling process. The pH, the concentration of lactic acid and butyric acid were significantly higher with the addition of G. In conclusion, it may indicate that the addition of both G and FS, improve the nutritional content of maize silage, however, inclusion FS is far more favorable in terms of fermentative variables.

Introducción

En zonas tropicales como en Ecuador el régimen de lluvias limita la disponibilidad del pasto durante el verano afectando la productividad ganadera. Por otro lado la ampliación de la frontera agrícola y su generación de residuos de cosechas y subproductos agroindustriales induce a la implementación de sistemas de producción cada vez más intensivos, cuyo balance alimentario permita el máximo y regular rendimiento animal. Tal regularidad es el reflejo de la oferta continua de alimento, que en parte se logra a través de la conservación de forrajes (Rotz & Muck, 1994).

La técnica de conservación, como silaje, es de aplicación mundial (Wilkinson & Davies, 2012) y entre los pastos el maíz (*Zea mays*) cultivado como forraje y ensilado, es de mayor aceptación debido a su regularidad de producción y atributos nutricionales, composición química y óptimas características fermentativas (Khan *et al.*, 2014), no obstante el bajo contenido de nitrógeno de esta planta, hace que se traslade este valor al ensilaje y por lo tanto el aporte nutricional al sistema ruminal sea restringido (Castillo Jiménez *et al.*, 2009), por lo que se hace necesaria la búsqueda de alternativas para incrementar el contenido proteico para mejorar su calidad y con ello la productividad animal.

Para tal propósito la gallinaza es una alternativa, como subproducto agroindustrial, de rápida y suficiente disponibilidad con elevado contenido de nitrógeno proteico y

no proteico (van Ryssen, 2001). Es de gran utilidad en la alimentación de rumiantes principalmente por esta característica (Hadjipanayiotou *et al.*, 1993), aunque debe considerarse que en su mayor parte se halla en forma de nitrógeno no proteico (NNP), representando una alternativa al ser asociado a los procesos en conservación de forrajes para mejorar el contenido de estos que generalmente poseen bajo valor en este nutriente (Estrada, 2005).

Otra alternativa es la soya cultivada como forraje (Hintz *et al.*, 1992), es de gran producción de biomasa y fuente de nitrógeno sostenible con la madurez (Touno *et al.*, 2014), el mismo que tiene una alta solubilidad e incrementa con el proceso de ensilaje (Mustafa *et al.*, 2007), lo que permite presumir una mejor relación del uso de los carbohidratos y compuestos nitrogenados para así favorecer la multiplicación bacteriana. Por ello este trabajo planteó cuantificar la capacidad de fermentación y calidad nutricional del ensilaje de maíz con la adición de fuentes de nitrógeno como gallinaza y forraje de soya (*Glicine max* (L.) Merr.), como alternativa de alimentación de rumiantes en condiciones tropicales.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo a través de la Carrera de Ingeniería Zootécnica, de la Facultad de Ciencias Pecuarias, tiene influencia sobre una amplia zona de vocación ganadera especialmente bovina, que involucra los cantones de Quevedo, Mocache, Valencia, El Empalme y Buena Fé. Sistema de producción ganadera ubicado en la zona central del trópico húmedo del Ecuador.

Esta zona también es agrícola, cuyos inmediatos cantones más representativos son Ventanas, Balzar y Palenque, especialmente en la producción de maíz seguido de banano, palma, frutas, condición que facilita el desarrollo de sistemas intensivos de producción bovina al reducir costos de la alimentación con balanceado y el potencial uso de los subproductos agrícolas y agro-industriales.

La zona tiene diferentes grados de sequía que afecta la producción de pastos afectando el máximo rendimiento y la regularidad en la producción de carne y leche, durante el año. Regularidad que puede lograrse a través de la conservación de biomasa verde de cultivos forrajeros y de residuos agrícolas y agroindustriales, durante la época de mayor precipitación y su utilización en la época crítica. Dentro de los cultivos forrajeros de mayor producción destacan el maíz, sorgo forrajero y pasto elefante.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Según el último Censo Agropecuario el Ecuador la ganadería bovina implica aproximadamente 427 mil unidades de producción y registra 4.5 millones de bovinos distribuidos en la región Interandina; 51%, Litoral; 37% y en la Amazonía; 12%. Esta población bovina se desarrolla en una superficie de 3.35 millones de hectáreas de pastos cultivados y 1.12 millones de pastos naturales (Cornejo & Wilkie, 2010). La distribución por razas es; 55% criolla, 43% mestizo Holstein Fresian; Brahmán; Cebuina y otros; aproximadamente 2% pertenecen a razas puras de carne, leche y doble propósito.

En el Litoral estas unidades de producción ocupan zonas con déficit hídrico para los pastos en la época de verano ocasionando un déficit en la disponibilidad de alimento y por tanto depresión en los indicadores productivos reproductivos, sanitarios y económicos. Como parte de la estrategia para maximizar la producción de la ganadería de carne y leche, está haciéndose cada vez muy extendida la conservación y utilización de forrajes como ensilaje de plantas enteras de maíz, especialmente durante la época de sequía; ya que la falta de agua constituye un factor limitante de los sistemas agro productivos que en muchos casos conllevan a la búsqueda de alternativas de riego (Zamora-Salgado *et al.*, 2011).

La producción de forraje de maíz de alto valor energético requiere el suministro adecuado de agua en el momento del llenado de grano debido a su relación con

la producción de materia seca (Marsalis *et al.*, 2010), por tanto, problemas en la disponibilidad de agua significaría un menor aporte de carbohidratos de la mazorca; así mismo, es cada vez más importante la búsqueda de alternativas que permitan mejorar el contenido de los compuestos nitrogenados de los forrajes utilizados en la nutrición animal, por lo que ante esta condición, se requiere realizar investigaciones que conlleven al mejoramiento de la calidad proteica del ensilaje de maíz (Hadjipanayiotou *et al.*, 1993).

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

¿Determinar los cambios en la composición química y en la cinética de fermentación del ensilaje de maíz cuando se le incluye gallinaza o forraje de soya?

1.3.2. Problemas derivados

¿Mejorar la calidad nutricional en términos de contenido de compuestos nitrogenados del ensilaje de maíz por la inclusión de gallinaza o forraje de soya?

¿Conocer la cinética de fermentación del ensilaje de maíz asociada a la adición de gallinaza y forraje de soya?

¿Determinar el mejor aditivo asociado al ensilaje de planta entera de maíz, que permita mejorar su calidad en términos cuantitativos y cualitativos?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Aspecto: Mejoramiento de la calidad del ensilaje de maíz por inclusión de gallinaza o forraje de soya.

Sector: La provincia de Los Ríos y su zona de influencia.

Tiempo: 6 meses

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Evaluar las características fermentativas y composición química de ensilajes de forraje de maíz (*Zea mays* L.) obtenidos con la inclusión de gallinaza y forraje de soya.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel adecuado de inclusión de gallinaza o forraje de soya en los cambios químicos del ensilaje de maíz.
- Determinar el nivel adecuado de inclusión de gallinaza o forraje de soya en la fermentación del ensilaje de planta entera de maíz.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

- La inclusión de aditivos nitrogenados al ensilaje de planta entera de maíz, mejora las características químicas y de fermentación.

Variable independiente

Niveles de inclusión de gallinaza y forraje de soya

Variable dependiente

Cambios químicos y de fermentación del ensilaje de planta entera de maíz

1.6.2. Hipótesis específicas

- La mayor inclusión de gallinaza y forraje de soya mejorará las variables de composición química del ensilaje de planta entera de maíz.
- La mayor inclusión de gallinaza y forraje de soya mejorará las variables de fermentación del ensilaje de planta entera de maíz

1.7. JUSTIFICACIÓN

En la década de los años 70, una parte importante de los biotecnólogos de todo el mundo enfocaron sus investigaciones hacia la utilización y aprovechamiento de los residuos agroindustriales para la producción de compuestos útiles como insumos de otros procesos industriales; los primeros años la prioridad se enfocó a la generación de productos con valor agregado, años más tarde se sumó la prioridad de utilizar los residuos para reducir el impacto ambiental que ocasiona su disposición, y a partir del presente siglo la prioridad está enfocada a la producción de bioenergéticos y a la elaboración de nuevas formulaciones de alimentos para animales (Saval, 2012).

Actualmente la tendencia es mantener hatos pequeños y el uso de residuos agrícolas de maíz, banano, palma, maracuyá (Saval, 2012), y, agroindustriales como la pollinaza, gallinaza, melaza, palmiste y de la industria frutícola (Yepes, Montoya, & Orozco, 2008). Sin embargo persiste el desfase en la producción de pastos en el verano. Esta tendencia debe transformarse en una fortaleza e

inducir el desarrollo de una ganadería cada vez más intensiva de manera que el mejoramiento de la genética animal, el uso de pastos de corte y los subproductos referidos se conjuguen en un balance alimentario anual, en el que la conservación de forrajes a través de la técnica del ensilaje es una alternativa importante debido a las condiciones climáticas tropicales de la zona que no permiten la elaboración de heno como en los climas templados y fríos (Dormond *et al.*, 1998; Jiménez *et al.*, 2005; Martín, 2009; Bolio-López *et al.*, 2011).

Entre las alternativas de cultivos forrajeros más difundidas está el maíz cosechado como planta entera para conservación, inclusive los pequeños productores tendrían el beneficio económico de la venta del choclo y en varios ciclos de cosecha en invierno, disponiendo del residuo verde para conservarlo como ensilaje. Sin embargo el maíz como una gramínea tropical es de bajo contenido proteico, el mismo que puede mejorar con la adición de residuos nitrogenados (Núñez *et al.*, 2001; S/N, 2010).

Con base en la realidad descrita se justifica investigar la calidad del ensilaje de forraje de maíz incluyendo la utilización de aditivos, como una alternativa para mejorar el contenido de proteína del ensilaje y mejorar la productividad animal. Esta investigación pretende evaluar la alternativa propuesta utilizando gallinaza y forraje de soya y aportar a la construcción de una recomendación tecnológica de alimentación bovina para la zona tropical.

1.8. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Se consideró que esta investigación contribuyó en:

- ✓ Mejorar la calidad nutricional del ensilaje de planta entera de maíz.
- ✓ Establecer el mejor nivel de inclusión de gallinaza y forraje de soya en la cinética de fermentación del ensilaje de maíz.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Agrostología:

La Agrostología, es la ciencia que se ocupa del estudio de Las especies forrajeras, su clasificación, manejo y utilización, en la alimentación y nutrición de los animales (Quispe, 2012).

Aprovechamiento de los pastizales:

La ciencia y el arte de lograr el mejor uso posible del forraje de los pastizales, sin afectar a otros recursos o usos del terreno (Rebollo & Gómez-Sal, 2003).

Asignación de forraje:

Es el peso de forraje por unidad de demanda animal a cada instante (Mena-Urbina *et al.*, 2007).

Calidad de forrajes: Contenidos de proteína, energía, fibra y digestibilidad que pueden tener los forrajes (Araya-Mora & Boschini-Figueroa, 2005).

Capacidad neutralizante de las forrajeras: Capacidad que tienen las forrajeras para evitar acidificaciones bruscas en el proceso de ensilado. Esta capacidad aumenta en la medida que tiene mayor nivel de carbohidratos solubles (Mier-Quiroz).

Contenido de carbohidratos solubles de las plantas: Azúcares que forman o sintetizan las planta por el proceso de fotosíntesis (García *et. al.*, 2005).

Ensilabilidad de las forrajeras: Condición que presentan las plantas para ser ensiladas. Esta capacidad aumenta en la medida que tiene mayor contenido de carbohidratos solubles (Martínez *et al.*, S/F).

Ensilaje: Método para conservar forrajes frescos a base de fermentación parcial de azúcares en ausencia de oxígeno (Garcés *et al.*, 2004).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Ensilaje

Es el proceso mediante el cual se almacena y conserva, en depósitos denominados silos, forraje verde picado, utilizando la fermentación anaeróbica. En otras palabras, el proceso de ensilaje es una fermentación en ausencia total de oxígeno, con actividad de bacterias lácticas (Streptococos y Lactobacilos, especialmente), que actúan sobre los carbohidratos del forraje. Durante el proceso, se produce gran cantidad del ácido láctico que previene el deterioro del forraje y conserva su valor nutritivo (Cevallos, 2005).

El ensilado es un proceso de conservación de los forrajes, en estado húmedo, mediante acidificación (descenso del pH), que impide que la planta se pudra y,

elimina las bacterias peligrosas de los forrajes, en estado natural. La bajada del pH del forraje, surge a raíz de una serie de fermentaciones (Bezabih & Tamir, 2014). El ensilado es en general, preferible al henificado, ya que permite una mayor independencia de las condiciones meteorológicas adversas, si bien, es más difícil obtener un buen ensilado que un buen heno. En el caso del maíz, sólo sirve el método de ensilado. Después de segar la hierba, las células de las plantas, permanecen vivas, durante unos días, consumiendo al oxígeno del aire para su respiración pudriéndose. Si se impide la entrada de aire, el oxígeno se acaba, muriendo las células en poco tiempo (Cevallos, 2005).

Adheridos al forraje, existen una serie de microbios, que producen fermentaciones sobre los vegetales. Ante la eliminación del oxígeno sobrevivirán las bacterias que crecen sin la presencia de éste (anaerobias), las cuales bajan el pH, desapareciendo la mayor parte de las bacterias perjudiciales (aerobias: necesitan oxígeno y poca acidez). Las bacterias aerobias destruyen parte de la proteína (putrefacción) originando un olor muy desagradable en el forraje a ensilar y disminución del valor nutritivo del forraje. Existen forrajes con mayor o menor capacidad para ser ensilados, según sea la especie vegetal, tipo de corte, manejo, etc. Así, se distinguirán forrajes de ensilabilidad alta, media y baja. A menor grado de ensilabilidad, más necesidad de aditivos (Cevallos, 2005).

2.2.2. Fases del proceso de ensilaje

2.2.2.1. Fase Aeróbica

Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0). Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilaje es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO₂. La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche cuando se emplea para alimentar vacas lecheras (Garcés *et al.*, 2004).

Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂O, lo que eleva el valor del pH del ensilaje, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables. Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas. Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las bacterias ácido lácticas por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas. La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicos y ácidos grasos de cadena múltiple (Garcés *et al.*, 2004).

2.2.2.2. Fase de fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus* (Garcés *et al.*, 2004).

La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer 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, dependiendo de las especies y del tipo de forraje. Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran cierta preferencia por la condición anaerobia. Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato influirán sobre la capacidad de competencia de la flora BAC con las enterobacterias durante la fermentación del ensilaje (Garcés *et al.*, 2004).

2.2.2.3. Fase estable

La mayoría de los microorganismos de la fase fermentación lentamente reducen su presencia. Algunos micro 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 (Garcés *et al.*, 2004).

Algunas bacterias indeseables en la fase estable son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo *Acetobacter* spp., es perniciosa aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua. El género *Clostridium* es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas. La presencia de *Clostridium* en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede contaminar la leche (Garcés *et al.*, 2004).

2.2.2.4. Fase de deterioro aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o

pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto aumenta 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, los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias (Garcés *et al.*, 2004).

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssosclamyces*, *Absidia*, *Arthrrium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad del ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas (Garcés *et al.*, 2004).

2.2.2.5. Tipos de fermentación

Distinguimos tres tipos de fermentaciones sobre el forraje, las cuales se presentan de acuerdo al tipo de descomposición que presente el forraje, y estos tipos de fermentación las describimos a continuación (Cevallos, 2005).

2.2.2.6. Fermentación láctica

Es la fermentación más deseable e importante en el proceso de ensilado. La desarrollan bacterias lácticas (similares a las que originan el yogurt, a partir de la leche), las cuales se multiplican de forma óptima, en ausencia de aire y suficientes hidratos de carbono (azúcares), en el forraje a ensilar. Así, las bacterias, al producir ácido láctico, a partir de los azúcares, en condiciones de anaerobiosis, se produce una acidificación del producto obtenido (Cevallos, 2005).

2.2.2.7. Fermentación alcohólica

La originan levaduras. Es indeseable, ya que puede dar niveles de alcohol excesivos en el silo obtenido, lo que puede ser tóxico para los animales. Para evitar este tipo de fermentación, se debe favorecer la anaerobiosis (dejar la mínima cantidad de aire, en la masa a ensilar) (Cevallos, 2005).

2.2.2.8. Fermentación butírica

Los gérmenes presentes en la tierra y el estiércol, que contaminan el ensilado, puede dar origen a este tipo de fermentación, lo que es muy desastroso, ya que el resultado que se obtiene, es un silo putrefacto (Cevallos, 2005).

2.2.3. Aditivos en el ensilaje

La fermentación del ensilaje es un proceso dinámico que se ve afectado por diversos factores. Las investigaciones sobre los aditivos de ensilado y ensilaje se ha llevado a cabo durante muchos años para mejorar el valor nutritivo de estos y reducir algunos de los riesgos durante el proceso de ensilaje (Henderson, 1993). Un aditivo de ensilaje debe ser seguro de manejar, reducir pérdidas de materia seca (MS), y principalmente se añaden al forraje cosechado para ensilar, con el fin de mejorar el proceso de fermentación, reducir las pérdidas, reducir el deterioro aeróbico, mejorar la calidad higiénica del ensilaje, limitar la fermentación secundaria, mejorar la estabilidad aeróbica, aumentar el valor nutritivo, y como resultado de esto, un aumento de la producción de los animales (Bezabih & Tamir, 2014).

Algunos aditivos para ensilaje pueden reducir también inevitables pérdidas, en particular los asociados con las enzimas de plantas y de microorganismos. Entre estos aditivos, se encuentran cinco clases principales de aditivos para ensilaje (McDonald *et al.*, 1991), los mismos que son:

- a) Estimulantes de la fermentación (fuentes de carbohidratos de azúcares fermentables como la melaza, sacarosa, glucosa, pulpa de cítricos, pulpa de piña, pulpa de remolacha azucarera; enzimas como celulasas, hemicelulasas, amilasas; e inoculantes tales como bacterias del ácido láctico (BAL).
- b) Inhibidores de la fermentación (los ácidos y sales de ácidos orgánicos tales como ácidos minerales, ácido fórmico, ácido acético, ácido láctico, ácido acrílico, formiato de calcio, ácido propiónico, propionatos; y otros inhibidores químicos tales como formaldehído, nitrito de sodio, metabisulfito de sodio).
- c) Inhibidores de deterioro aeróbico (ácido propiónico, propionatos, ácido acético, ácido caproico, amoníaco, algunos inoculantes).
- d) Nutrientes (Urea, amoníaco, grano, minerales, pulpa de remolacha azucarera).
- e) Absorbentes (cebada, paja etc.).

2.2.4. Investigaciones realizadas con ensilajes

Con el fin de conocer la preferencia de ovinos por los microsilos compuestos de *Pennisetum purpureum* y follajes de *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia*, Pinto *et. al.* (2010). utilizaron seis ovinos de pelo de la raza Pelibuey con una edad promedio de ocho meses y un peso de 24.6 Kg (± 2.3 kg) a los cuales se les ofrecieron microsilos (tratamientos) con diferentes proporciones de inclusión de las arbóreas (0, 20, 40, 60, 80 y 100%), y en los cuales se midió el

consumo de materia seca, índice de consumo e índice de preferencia; asimismo, se caracterizó químicamente cada uno de los tratamientos; encontrándose que los valores proteínicos de las mezclas, en las cuales se incorporaron arbóreas forrajeras, fueron mayores respecto al ensilaje de *Pennisetum purpureum* solo, lo cual respalda la información referente a que el uso de arbóreas mejora la calidad de esta práctica de conservación de forrajes. Para el caso de los tratamientos con base en *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*, los niveles de inclusión de la arbórea en 20 y 40% fueron los más preferidos ($P<0.05$), expresados por el mayor consumo de materia seca que los animales realizaron, en tanto, los tratamientos de solo pasto y solo árbol fueron los menos preferidos ($P<0.05$).

En el Instituto de Zootecnia de la Agencia Paulista de Tecnología de los Agronegocios, São Paulo Estado-Brasil, se llevó a cabo un experimento para evaluar la composición química y la degradación ruminal de la materia seca (DM), neutral fibra detergente (FND) y proteínas (CP) de ensilajes de maíz y girasol. El ensilaje de girasol mostró mayor concentración de proteína cruda (11.6 vs 9.4%), extracto etéreo (10.1 frente a 3.2%), fibra detergente ácido (42.7 vs 31.9%) y lignina (9.4 vs 3.7%), y menor concentración de materia seca que el de ensilado de maíz (22.0 vs 34.6%), respectivamente; y también mayor concentración de nitrógeno amoniacal (10.7 vs 5.8%) y ácido acético (3.0 vs 0.79%) y menor concentración de ácido láctico (3.7 vs 11.3%) que el ensilaje maíz. Las tasas de degradación efectivas de MS, FDN y PT fueron inferiores en el ensilaje de girasol, indicándose que el ensilaje de maíz mostró características más favorables para el proceso de ensilaje (Possenti *et al.*, 2005).

Por otra parte, Jalc *et al.* (2009) evaluaron en condiciones de laboratorio la supervivencia y el efecto de tres nuevos inoculantes probióticos (*Lactobacillus plantarum* CCM 4000, *L. fermentum* LF2, y *Enterococcus faecium* CCM 4231) sobre el valor nutritivo y los parámetros de fermentación del ensilaje de maíz. Las plantas enteras de maíz (288.3 g kg⁻¹ MS) fueron cortadas y ensilado a 21 ° C durante 105 días. Los inoculantes se aplicaron a una concentración de 1.0 × 10⁹ ufc mL⁻¹. El ensilaje no inoculado se utilizó como testigo. El maíz picado fue ensilado en 40 frascos de plástico (1 L) divididos en cuatro grupos (4 × 10 por tratamiento). Todos los ensilajes de maíz tenían un pH bajo (por debajo de 3.55) y del 83-85% del total de concentración de ácidos de este, le correspondió al ácido láctico a los 105 días del proceso de ensilaje. Los inoculantes probióticos afectaron significativamente (p <0.05-0.001) las características de ensilaje de maíz en términos de incrementar pH, numéricamente menor contenido de proteína total y la relación de ácido láctico a ácido acético en comparación con el testigo. Sin embargo, los inoculantes no afectaron la concentración de ácidos totales del ensilado (acético, propiónico y ácidos lácticos), así como de las digestibilidad in vitro (DIVMS) materia seca de ensilajes de maíz.

Así mismo, Jalc *et al.* (2010) evaluaron el efecto de tres inoculantes microbianos (*Lactobacillus plantarum* MCP 4000, *L. fermentum* LF2, y *Enterococcus faecium* MCP4231) sobre la fermentación y el valor nutritivo del ensilaje de pasto Orchard (*Dactylis glomerata*) y maíz en condiciones de laboratorio. El maíz picado y el pasto orchard fueron ensilados en 40 frascos de plástico (1 L) divididos en cuatro

grupos (4×10 por tratamiento) cada uno. El pasto Orchard y las plantas enteras de maíz (280.0 y 288.3 de DM.kg^{-1}) fueron cortadas y ensiladas a 21°C durante 105 días. Todos los inoculantes se aplicaron en una concentración de 1.0×10^9 ufc.mL⁻¹. Cabe indicar, que los inoculantes presentaron efectos positivos sobre las características del pasto y de la planta entera de maíz, en referencia a la concentración de hidrogeniones (pH); para el pasto estos valores fluctuaron desde 5.26 para el testigo y 4.37 para el pasto inoculado; mientras que para el ensilaje de maíz los valores fueron desde 3.44 para el testigo: a 3.50 para el maíz inoculado.

En esta investigación, se determinó la composición química y la distribución del tamaño de partícula de 37 ensilajes de maíz producidos en noroeste de Portugal. Se obtuvieron valores medios de materia seca (MS), proteína total (PT), fibra neutro detergente (FND) y almidón (288 ± 33 , 81 ± 9 , 502 ± 45 y 229 ± 54 g kg⁻¹ MS, respectivamente). El tamaño de partícula se determinó por separación manual de ensilado fresco en tres fracciones: material > 30 mm de longitud; material entre 30 y 10 mm de longitud; y materiales <10 mm en longitud. La interpolación y extrapolación lineal calculó el tamaño medio de partícula. Los resultados de este estudio sugieren que la mayoría de los agricultores cortan las plantas de maíz muy grueso antes de su almacenamiento. De hecho, el tipo de máquina de recolección y picado no tuvo ningún efecto sobre el tamaño medio de las partícula, pero el tipo de cuchilla usadas afectó significativamente ($p < 0,001$) este parámetro (Fonseca *et al.*, 2000).

En un estudio se determinó los cambios que se producen en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum vulgare*) durante la exposición al aire, y los factores que determinan la estabilidad aeróbica del ensilaje. Dos experimentos con ensilaje maíz y dos de ensilaje de sorgo se realizaron en minicilos. Después de un período de almacenamiento de 5 meses, los diversos ensilajes fueron sometidos a una prueba de estabilidad aeróbica en un sistema de botellas, que duró 7 días. En estas botellas los cambios en el pH, producción de CO², número de levaduras y mohos sirvieron como indicadores de deterioro. También fueron monitoreados los cambios químicos que siguieron los componentes durante la exposición aeróbica. El primer silo de maíz fue aeróbicamente estable, mientras que el segundo silo de maíz se deterioró; con valores de pH que inestabilizaron al ensilaje con resultados que fueron desde de 3.6 a 4.1 y 5.9, y la producción de CO² que fue de 38 y 48 g kg⁻¹ MS⁻¹, después de 4 y 7 días de exposición aeróbica, respectivamente. El primero de maíz ensilaje que era aeróbicamente estable contenía altas concentraciones de ácido acético, mientras que el segundo silo de maíz que se deterioró tuvo bajas concentraciones de ácidos grasos volátiles. La dos ensilajes de sorgo fueron más estables tras la exposición aeróbica a pesar de su bajo contenido de ácido acético y otros ácidos grasos volátiles (AGV), que se conocen como inhibidores de hongos (Weinberg *et al.*, 2011).

La combinación de maíz con leguminosas para en el proceso de ensilaje es una estrategia viable para mejorar la concentración de proteína cruda del ensilaje de maíz. Por lo que se realizó un estudio para determinar las características de la

fermentación y el valor nutritivo de ensilaje de la planta completa de maíz (*Zea mays L.*), de guisantes (*Pisum sativum L.*), y mezclas de los dos cultivos en tres proporciones diferentes. Los dos cultivos eran ensilado en maíz / mezclas de guisantes que contienen 0, 33, 50, 67 y 100% de maíz en bolsas de plástico, aspiradas durante 60 días y mantenidos en un cuarto temperado. El ensilaje de maíz tuvo una mayor ($P < 0.05$) concentración de ácido láctico que el ensilaje de guisantes y que el de las mezclas. No hubo diferencias ($P > 0,05$) en la digestibilidad in vitro de la materia seca in vitro y de la fibra detergente neutra entre los ensilajes hechos con guisantes, maíz y mezclas. Mejores características de fermentación se obtuvieron en los ensilajes de guisantes y de la mezcla de maíz-guisante en una proporción de 33:67 en comparación con las otras mezclas y ensilaje de guisante. Los resultados obtenidos en este estudio, sugieren que la combinación de guisantes con el maíz en el proceso de ensilaje, puede proveer para los animales de granja un alimento no sólo de alta concentración de nergía, sino tambien de proteína (Zhu *et al.*, 2011).

En una investigación se estudió la influencia de diferentes aditivos para ensilajes sobre la fermentación y el valor nutricional del ensilaje de maíz prensado a alta humedad, mismo que fue conservado en condiciones de semi-experimentales.

Tres variantes fueron examinados, el testigo sin tratar (C), y dos variantes experimentales de conservación mediante aditivos biológicos (variante A) y aditivos químicos (variante B). En ensilaje conservado por los aditivos tuvieron menor contenido de fibra cruda (significativamente en ambas variantes experimentales) y superior contenido de extracto libre de nitrógeno, almidón y

azúcares totales (significativamente en la variante A). Las variantes diferentes al testigo, tuvieron significativamente menor concentración de ácido láctico. En el ensilaje conservado por inoculante biológico se encontró menor contenido de ácido acético y mayor contenido de ácido butírico, pero su contenido fue en general muy bajo. Los aditivos utilizados en el experimento disminuyeron el contenido de nitrógeno amoniacal (0.074 g.kg^{-1} en la variante A y 0.095 g.kg^{-1} de materia seca en la variante B (Branislav *et al.*, 2008).

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El numeral 5 del artículo 3 de la Constitución de la República del Ecuador 2008 consagra como deber esencial del Estado, planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y redistribuir equitativamente la riqueza para alcanzar el buen vivir. El artículo 279 establece que el sistema nacional descentralizado de planificación participativa organizará la planificación para el desarrollo. La Universidad, la Facultad de Ciencias Pecuarias y Carrera de Ingeniería Zootécnica ejecuta investigaciones en el marco de la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y sustentabilidad, reflejada en las líneas de investigación de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2.3.1. Derechos del buen vivir

Los derechos del buen vivir o Sumak Kawsay son primordiales, constan en la Constitución Ecuatoriana, son el marco del que se derivan los derechos humanos de carácter económico, social y cultural; sobre la base de las tradiciones, costumbres, tecnologías ancestrales y locales, privilegiando a las comunidades indígenas. El primer derecho del buen vivir tiene relación con el agua y la alimentación.

Esta investigación se enmarca en el espíritu de la legislación citada porque tiene el propósito de contribuir a la delimitación de una tecnología relacionada con la conservación de pastos, uso de subproductos y propiciar mayor productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción animal y en consecuencia la elevación de la calidad de vida de la población, en base a insumos mayoritariamente endógenos.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de carácter experimental ya que se desarrolla bajo los términos del método científico. Las observaciones y estudios ya realizados indican que una limitante del uso de ensilajes de forrajes tropicales es el menor contenido de nitrógeno por lo que el presente trabajo pone a prueba la hipótesis de que el proceso de ensilaje permite mantener y superar el valor proteico del ensilaje, al adicionar compuestos nitrogenados.

3.2. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se realizó en el programa de Bovinos de la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizado en el kilómetro 7,5 de la vía Quevedo-El Empalme, entrada al cantón Mocache, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3′ 18″ de latitud sur y 79° 25′ 24″ de longitud oeste, a una altura de 73 metros sobre el nivel del mar. Tuvo una duración de 160 días.

3.3. CONDICIONES METEORÓLOGAS

Tabla 1. Condiciones meteorológicas y otras características del lugar experimental

Parámetros	Promedio anual
Temperatura, °C	24.52
Humedad relativa, %	85.75
Heliofanía, horas luz.año ⁻¹	897.70
Precipitación, mm/año	2238.22
Zona ecológica	Bosque húmedo tropical (bh-T)
Topografía	Ligeramente ondulado

Fuente: Estación del INAMHI ubicada en la “Estación Experimental Tropical del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “Pichilingue” Anuario meteorológico, 2013).

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

De campo:

Forraje de la planta entera de maíz de 70 días de crecimiento

Forraje de la planta entera de soya de 55 días de crecimiento

Gallinaza de jaula

Melaza

28 tanques de plástico de 20 litros de capacidad, polietileno

Balanza

Vaso milimétrico

Botiquín de primeros auxilios

De Laboratorio:

Fundas plásticas, cintas adhesivas

Balanza analítica

Potenciómetro

Equipo Kjeldahl para determinación de proteína total

Equipo Kjeldahl para determinación de N-NH₃

Equipo Kjeldahl para determinación de ácidos grasos volátiles (AGVs)

Equipo ANKOM para determinación de fibra total

Equipo MUFLA para determinación de cenizas

ESTUFA y desecadores, para determinación de materia seca (MS)

3.5. METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE SILAJES

La metodología utilizada por Ojeda *et al.* (1991) se presenta en las siguientes tablas: 2 a 10.

Tabla 2. Calidades de ensilajes

Categorías	Puntos
Excelente	81 – 100 puntos
Bueno	61 – 80 puntos
Regular	41 – 60 puntos
Malo	< 40 puntos

Tabla 3. Indicadores que determinan la clasificación de ensilajes

Indicadores de calidad
Ácidos grasos volátiles (AGVs): Suma de ácidos láctico, acético y butírico,
Contenido de proteína bruta
Nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total
pH en relación con la materia seca ensilada
Índice de consumo estimado en ovinos

Tabla 4. Distribución de puntos por indicador

Producción de ácidos grasos volátiles (AGVs)	60 puntos
Proteína bruta	10 puntos
N/NH ₃	10 puntos
pH en relación a Materia seca	10 puntos
Índice de consumo	10 puntos
Total	100 puntos

Tabla 5. Puntuación procedente de la fermentación

Acido	% del ácido sobre el total de AGVs	Puntos
Láctico	70 ó más	30
	65.1 a 70	28
	60.1 a 65	26
	55.1 a 60	24
	50.1 a 55	20
	45.1 a 50	18
	40.1 a 45	14
	35.1 a 40	10
	30.1 a 35	6
	25.1 a 30	4
	20.1 a 25	2
	0 a 20	0
Acético	0 a 20	20
	20.1 a 25	18
	25.1 a 30	16
	30.1 a 35	13
	35.1 a 40	10
	40.1 a 45	7
	45.1 a 50	4
	50.1 a 55	2
	55.1 ó mas	0
Butírico	0 a 2.5	50
	2.6 a 4.0	30
	4.1 a 5.0	20
	5.1 a 7.0	15
	7.1 a 9.0	10
	9.1 a 11.0	9
	11.1 a 13.0	8
	13.1 a 15.0	7
	15.1 a 17.0	6
	17.1 a 19.0	4
	19.1 a 20.0	2
	21 ó mas	0

Tabla 6. Evaluación cuantitativa de los AGVs

Suma de los 3 ácidos	Puntuación
81 - 100	60
61 - 80	50
41 - 60	40
21 – 40	20
< 20	10

Tabla 7. Puntuación procedente del tenor de proteína total (PT) en el ensilaje

PB, %	Puntos
0 - 5	0
5.1 - 6	3
6.1 - 7	5
7.1- 8	6
8.1 - 9	8
9.1– 10	9
>10	10

Tabla 8. Puntuación procedente del nitrógeno amoniacal como por ciento del nitrógeno total

N-NH ₃ /N _t , %	Puntos
< 7	10
7 a 10	8
11 - 15	6
16 - 20	4
21 a 25	2
>25	0

Tabla 9. Puntuación procedente de la relación entre materia seca y el pH del ensilaje

Relación pH/MS								Puntos
10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	
3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	10
3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	9
3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	8
4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	7
4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	6
4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5
4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	4
4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	3
4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	2
5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,2	6,4	1
5,8	5,9	6,0	6,1	6,3	6,3	6,4	6,5	0

Tabla 10. Puntuación procedente del índice de consumo ovino

Puntos	Maíz, planta entera
10	>60
8	60 - 51
6	50 – 41
4	40 -31
2	< 30

Para determinar el índice de consumo en ovinos, calculado como $g\ MS^* (P^{0.75})^{-1}$ se aplicó la siguiente ecuación propuesta por el mismo autor:

$$ICo = 38,782 + 0,12 * (MS, g) - 0,054 * (F, g) - 0,0222 \text{ Ácido butírico}$$

El factor en estudio fue las fuentes de nitrógeno para inclusión al ensilar forraje de maíz de la variedad INIAP-501 cosechado como planta entera a los 75 días de crecimiento con un grano en estado pastoso: Los tratamientos en estudio se presenta en la tabla 11.

3.6. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 1. Esquema de los tratamientos

Código	Tratamientos	Numero de repeticiones
FM	Ensilaje de forraje de maíz solo, con 3% de melaza	4
G5	FM con la inclusión de 5% de gallinaza presecada	4
G10	FM con la inclusión de 10% de gallinaza presecada	4
G15	FM con la inclusión de 15% de gallinaza presecada	4
FS10	FM con la inclusión de 10% de forraje de soya fresca	4
FS20	FM con la inclusión de 20% de forraje de soya fresca	4
FS30	FM con la inclusión de 30% de forraje de soya fresca	4
Total		28

La soya de la variedad INIAP-301 fue cosechada a los 55 días de crecimiento cuando la planta presentó vainas con granos en formación y aun en floración. Las plantas de maíz y de soya fueron picadas en trozos de 2-5 cm de longitud en una picadora estacionaria. La gallinaza fue recolectada y pre-secada una semana antes del proceso del llenado y ensilado de acuerdo a los diferentes tratamientos.

3.6.1. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un envase plástico de 20 litros de capacidad conteniendo 5 kg de cada tipo de ensilado comprimido al máximo y sellado con polietileno y la respectiva tapa.

3.6.2. Diseño experimental

El experimento estuvo conformado por siete tratamientos y cuatro repeticiones, cada uno constituido por un microsilaje de maíz más un aditivo nitrogenado de 60 días de fermentación, contenido en un tanque de plástico de 20 litros de capacidad. Los tratamientos fueron: Forraje de maíz solo o testigo (FM); FM con inclusión de 10% de forraje de soya (FS10); FM con 20% de forraje de soya (FS20); FM con 30% de forraje de soya (FS30); FM con 5% de gallinaza (G5); FM con 10% de gallinaza (G10) y FM con 15% de gallinaza (G15). Todos los microsilajes fueron mezclados con 3% melaza en relación al peso.

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza para la evaluación de variables de composición química y características fermentativas de silajes de maíz (*Zea mays*).

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	27
Silajes	6
Entre grupos (FM; G, FS)	2
FM vs (G; FS)	1
G vs FS	1
Dentro de G	2
G5 vs (G10; G15)	1
G10 vs G15	1
Efecto lineal	1
Efecto cuadrático	1
Dentro de FS	2
FS10 vs (FS20; FS30)	1
FS20 vs FS30	1
Efecto lineal	1
Efecto cuadrático	1
Error experimental	21

Para el análisis estadístico se empleó el paquete SAS (SAS, 2004). Se realizó el análisis de varianza ANOVA de un diseño completamente aleatorizado con comparaciones ortogonales y polinomios ortogonales. Cuando existieron diferencias estadísticas significativas entre grupos y dentro de grupos se aplicó la prueba de separación de medias: Tukey, testando probabilidades menores a 0,05.

El modelo matemático para el diseño experimental es el siguiente.

$$Y_i = \mu + T_i + \sum ij$$

Donde:

Y_i = respuesta de la observación

μ = Media general

T_i = Efecto debido a la inclusión de aditivos nitrogenados

Σ_{ij} = Error experimental

3.7. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Variables en estudio

Los datos sobre composición química y fermentabilidad tomados en los microensilajes fueron:

Materia seca (MS)

Proteína total (PT)

Fibra total (FT)

Cenizas (C)

Materia orgánica (MO)

Nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$).

Potencial de hidrogeniones (pH)

Ácido láctico, acético y butírico

Índice de consumo ovino (IC_o)

3.8. MANEJO EXPERIMENTAL

En cada unidad experimental se propició la condición básica de anaerobiosis para la conservación del forraje, previo a ello se colocó, en el fondo, 1 kg de tuza de maíz seca aislado por una malla de tela para evitar el apelmazamiento por posibles efluidos. Las unidades experimentales selladas fueron enterradas a 70 cm de profundidad durante 60 días y posteriormente los microsilos fueron abiertos para tomar una muestra compuesta de 1 kg de cada unidad experimental. Las 28 muestras fueron colocadas a congelamiento a 2°C por 20 horas y remitidas al Laboratorio de la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) para los correspondientes análisis.

Para determinar la composición química en términos de contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína total (PT), fibra total (FT) y cenizas (C) se empleó la metodología sugeridas por la AOAC (1990), y para las características fermentativas de los silajes, en lo referente a la concentración de ácido láctico fue determinado espectrofotométricamente de acuerdo a Baker & Summerson (1941), ácido acético y butírico mediante lo establecido por Erwin et al. (1961), Nitrógeno amoniacal (N-NH₃) según McCullough (1967), y el pH mediante el empleo de un potenciómetro (Orión Research, Inc Type 260A), desarrolladas en el Laboratorio de Bromatología de la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH). El índice de consumo ovino (IC_o), $IC_o = 38,782 + 0,12 * (MS, g) - 0,054 * (F, g) - 0,0222 \text{ Acido butírico}$, según Ojeda *et al.* (1991).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Valoración del ensilaje

La valoración de los ensilajes por la metodología de Ojeda *et al.* (1991) indica que el ensilaje control (FM) es igualado por los ensilajes con inclusión de FS en todos los niveles estudiados, alcanzando una calidad de “excelente” con puntajes que oscilan entre 90,75 -93,00 puntos, considerando la referencia de 80-100 puntos para tal categoría. Mientras que los ensilajes con la inclusión de gallinaza alcanzaron una calidad de “bueno” con puntajes de 63,00 -74,50. El aporte de cada indicador para las categorías de ensilajes se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valoración integral de los tratamientos en estudio. Campus experimental “La María”. FCP-UTEQ.

Tratamiento Código	AGVs	Proteína	N/NH ₃	pH/MS	IC _{ovino}	Promedio	Categoría del silaje
FM	60	5	6	10	8	90,75	Excelente
FS10	60	10	4	10	10	92,50	Excelente
FS20	60	10	4	10	8	92,00	Excelente
FS30	60	10	4	10	8	93,00	Excelente
G 5	40	8	4	10	8	74,50	Bueno
G10	40	8	4	9	10	69,75	Bueno
G15	40	6	4	6	10	63,00	Bueno

Para alcanzar la categoría de excelente el aporte de los AGVs fue total (60 puntos), igual aporte se logró con todos los niveles de FS (10 puntos) lo que indica que el control FM aporta menos proteína. El nitrógeno amoniacal afecta negativamente la calidad del FM (6 puntos) pero más aún y de manera similar a la

calidad del resto de ensilajes (4 puntos). La puntuación por el indicador: relación pH/MS fue similar en todos los ensilajes (10 puntos) excepto para los ensilajes G10 y G15, con 9 y 6 puntos respectivamente. El puntaje para el ICo fue el máximo (10 puntos) para los ensilajes FS10, G10 y G15, que estimularían el mayor consumo. Aunque establecidos mediante una escala diferente, estos datos son congruentes con los reportados por Pinto *et al.* (2010) quienes al estudiar la preferencia de ovinos por el ensilaje de *Pennisetum purpureum* mezclado con arbóreas forrajeras tropicales, pudieron evidenciar que todos aquellos tratamientos que fueron mejorados por la inclusión de estas leguminosas, tuvieron índices de consumo superiores al testigo.

4.2. Composición química

Las respuestas de la presente investigación en términos de composición química se presentan en el Cuadro 4. En lo referente al contenido de materia seca del ensilaje de Forraje de Maíz, los valores fueron similares a los reportados por Fonseca *et al.* (2000), quienes en promedio obtuvieron valores de 288 g kg⁻¹ de materia seca (MS) cuando evaluaron 37 muestras de ensilaje de maíz; y a los reportados por Jalc *et al.* (2009) con 279.5 g kg⁻¹, pero distantes a los indicados por Jalc *et al.* (2010) que obtuvieron valores de 222.8 g kg⁻¹ de MS para este tipo de ensilaje; sin embargo, comparando el testigo ensilado, al que se le adicionó gallinaza (G) y soya (FS) en su conjunto, el que recibió la inclusión de gallinaza, incrementó ($P < 0,01$) en 4.1% el contenido de materia seca (MS), estos resultados concuerdan con los reportados por Mthiyane *et al.* (2001) quienes con el fin de

evaluar las características del ensilaje del forraje de caña de azúcar asociado a pollinaza, encontraron un comportamiento creciente en el contenido de esta variable, ya que los resultados incrementaron desde 336.6 a 482.3 g kg⁻¹ de MS cuando al ensilaje de esta gramínea se le adicionó pollinaza en un nivel de 60%. Por otra parte, el FS provocó una reducción de 7,0 % (P>0,05), siendo el ensilaje con el de mayor nivel de inclusión (G15) de este desecho avícola el que reportó el más alto contenido de materia seca (P<0,01). El efecto de la gallinaza sobre el contenido de la MS fue lineal y positivo, y con igual tendencia pero negativa, en el caso del ensilaje elaborado con forraje de soya (FS; P<0,01). El contenido de MS del ensilaje con el nivel de 10% de FS fue superior (P<0,05) al ser comparado con los otros niveles de inclusión.

Coincidentemente con los resultados de esta investigación, Fonseca *et al.* (2000), encontraron que el ensilaje de maíz presentó valores promedios de PT de 81 g Kg⁻¹ de MS, aunque Possenti *et al.* (2005) y Castillo *et al.* (2009) reportaron valores ligeramente superiores (94.2 y 99.8 g kg⁻¹ de MS, respectivamente). Los resultados del contenido de proteína total (PT), en esta investigación demostraron que con la inclusión de FS mejoró (P<0.01) el contenido de este nutriente en el ensilaje de FM; un comportamiento similar lo reportaron Ojeda *et al.* (2006), cuando encontraron un incremento de este nutrientes por efecto de adicionar forraje de morera (*Morus alba*) al ensilaje del pasto guinea (*Panicum maximun*). Mientras que dentro de FS los tres niveles tuvieron el mismo efecto (P>0.05); así mismo, la adición de G al ensilaje no estimuló cambio alguno en esta variable; este comportamiento, es contrario al reportado por Mthiyane *et al.* (2001) quienes

con niveles incrementales de G, el ensilaje presentó mayor contenido de proteína total (desde 55.2 a 104.8 g kg⁻¹ de MS) cuando la inclusión de este residuo aumentó desde 0 a 60%. La inclusión tanto de G como de FS no afectó el contenido de fibra total (FT) del ensilaje de FM, sin embargo, evaluando el efecto directo de la G como nivel incremental (G10 y G15) condujo a un menor contenido de fibra. El efecto de la inclusión de G presentó una disminución lineal en el contenido de paredes celulares ($P < 0.05$), estos resultados concuerdan con los reportados por Mthiyane *et al.* (2001), quienes demostraron que con el incremento de la inclusión de pollinaza las concentraciones de las fracciones fibrosas (fibra detergente neutra, FDN) del ensilaje fueron inferiores al testigo (596.9 a 673.9 g de FDN kg⁻¹ de MS, respectivamente); sin embargo, estos resultados son contrarios a los reportados por Zhu *et al.* (2011), en términos del uso de la inclusión de leguminosas en el ensilaje de FM, ya que la relación incremental de 33:67 a 67:33% de ensilaje de maíz:leguminosa, respectivamente, produjo un incremento de la FDN, desde 499 a 572 g kg⁻¹ de MS.

Al comparar el efecto de la inclusión de G y el FS en el ensilaje de FM, solo la G incrementó el contenido de Ceniza ($P < 0.01$), ya que el testigo presentó valores de 6.9% de esta fracción, siendo estos similares a los reportados por Possenti *et al.* (2005), quienes reportaron un contenido de este nutriente, que estuvo en promedio 5.8%; y superiores a los indicados por Khan *et al.* (2012), quienes reportaron la presencia de 3.8% de este nutriente. Debe indicarse que, que la inclusión de G en el ensilaje de FM presentó una tendencia lineal positiva de esta variable ($P < 0.01$). En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), la inclusión

de FS propicio iguales respuestas a las demostradas por el testigo, siendo estos superiores ($P<0.01$) con relación al FM con inclusión de G; la misma que tuvo una tendencia lineal decreciente al incrementar los niveles de G ($P<0.01$).

Cuadro 4. Comparaciones y polinomios ortogonales: efecto promedio, de aditivos nitrogenados sobre la composición química en microsilos de maíz forrajero. Finca "La María", FCP-UTEQ.

Variables	Materia Seca g/kg	Proteína g/kg MS	Fibra g/kg MS	Ceniza g/kg MS	Materia Orgánica g/kg MS
Entre grupos					
Testigo	282,7 b	79,43 b	312,08	69,28 b	930,73 a**
Gallinaza (G)	323,78 a **	100,52 b	285,63	160,56a**	839,44 b
Soya (S)	275,7 b	133,71 a**	283,14	86,57 b	913,43 a
Testigo vs G + S					
Testigo	282,7b	79,43 b	312,08	69,28	930,73 a**
G + S	299,74 a**	117,12 a**	284,39	123,57 a**	876,44b
G vs S					
G	323,78a**	100,52 b	285,63	160,56 a**	820,875 b
S	275,7b	133,71 a**	283,14	86,57b	913,43 a**
Dentro de G					
G5	308,325 b	107,58	309,35	123,43 c**	876,58 a**
G10	320,8 b	91,55	282,95	164,65 b	835,35 b
G15	342,2 a**	102,43	264,6	193,6 a*	806,4 c*
G5 vs G10 + G15					
G5	308,33 b	107,58	309,35 a*	123,43 b	876,58 a**
G10 + G15	331,5 a**	96,99	273,78 b	179,13 a**	820,875 b
G10 vs G15					
G10	320,8 b	91,55	282,95	164,65 b	835,35 a**
G15	342,2 a**	102,43	264,6	193,6 a**	806,4 b
Efecto lineal	**		*	**	**
Dentro de S					
S10	286,56 a*	122,23	285,18	84,74	915,26
S20	270,43b	141,78	285,51	85,83	914,18
S30	270,1 b	137,13	278,74	89,15	910,85
S10 vs S20+ S30					
S10	286,575 a**	122,23	285,18	84,74	915,26
S20 + S30	270,27 b	139,46	282,13	87,49	912,52
S20 vs s30					
S20	270,425	141,78	285,51	85,83	914,18
S30	270,1	137,13	278,74	89,15	910,85
Efecto lineal	**				

a,b. Promedios con el mismo literal son estadísticamente iguales según Tukey ($P<0.05$).

4.3. Características fermentativas

Las concentraciones N-NH₃ como parte proporcional del N total del ensilaje con G, demostró mayor concentración, al compararse con el testigo y con el ensilaje con FS; siendo la tendencia de estos resultados similares a los reportados por Zhu *et al.* (2011), quienes evaluaron la inclusión de *Pisum sativum* en el ensilaje de FM, y evidenciaron que este ensilaje sin adición de la leguminosa, contenía concentraciones de N-NH₃ de 41.7 versus 180.6 g kg⁻¹ del N total, cuando fue adicionada en un 67%; acción que demuestra en la presente investigación que la inclusión de la G tiene efectos negativos en el proceso de conservación del FM, asociando esta respuesta a la alta concentración de N-NH₃ presente en este subproducto avícola.

El potencial de hidrogeniones (pH) del ensilaje de FM presentó un valor de 4.28, valor superior a los reportados por Fonseca *et al.* (2000) con 3.61; Steidlová & Kalac (2002) con 3.64, Branislav *et al.* (2008) con 3.75, y Weinberg *et al.* (2011) con 3.9, respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar, que la inclusión de G elevó el pH, mientras que el forraje de soya lo disminuyó (P<0.05), lo anterior en terminos de las respuesta de la adición del FS, puede ser explicado por el alto contenido de humedad del FS utilizado en la presente investigación, el cual como lo menciona Giver-Revendin *et al.* (2002), a las fuentes alimenticias con alto contenido de humedad, se las considera que tienen un alta capacidad de retención de agua; misma que demuestran la posibilidad de reduccion de pH.

La concentración de ácido láctico (AL) del ensilaje de FM, reportó valores de 36.3 g kg⁻¹ de MS, valores que son similares a los alcanzados por Weinberg *et al.* (2011) autores que indicaron la presencia de 37.8 g kg⁻¹ de MS de este componente en el ensilaje de FM. Es indispensable mencionar que no existieron diferencias entre el FM y el forraje que contenía G, esto pudiera deberse al proceso de conservación del forraje; sin embargo, la adición del forraje de soya deprimió la fermentación láctica, fenómeno asociado al estado de madurez. En cuanto al ácido acético (AA) solo la G incrementó ($P<0.05$) su concentración en el FM, mientras que la inclusión de G y de FS incrementó significativamente ($P<0.01$) la concentración de ácido butírico (AB). La mayor inclusión de G indujo linealmente ($P<0.01$) mayor concentración de AB (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparaciones y polinomios ortogonales: efecto promedio, de aditivos nitrogenados sobre las características fermentativas, en microsilos de maíz forrajero. Finca "La María", FCP- UTEQ

Variables	Nitrógeno amoniaco N-NH₃.Nt⁻¹	pH	Ácido láctico g/kg MS	Ácido acético g/kg MS	Ácido butírico g/kg MS
Entre grupos					
Testigo	15,49 b	4,28 b	36,3 a	8,9	0,1 b
Gallinaza (G)	18,65 a**	4,91 a*	38,0 a**	10,9	9,8 a**
Soya (S)	16,35 b	3,68 c*	18,9 b	8,6	0,2 b
Testigo vs G + S					
Testigo	15,49b	4,28	36,3 a*	8,9	0,1 b
G + S	17,5 a**	4,29	28,5	9,7	5,0 a**
G vs S					
G	18,65 a**	4,91 a**	38,0 a**	10,9 a*	9,8 a**
S	16,35	3,68	18,9	8,6	0,2 b
Dentro de G					
G5	18,04	4,70	37,6	10,9	5,2b
G10	19,28	4,80	40,7	10,9	8,8b
G15	18,62	5,23	35,7	10,8	15,3 a**
G5 vs G10 + G15					
G5	18,04	4,70	37,6	10,9	5,2 b
G10 + G15	18,95	5,02	38,2	10,9	12,1 a**
G10 vs G15					
G10	19,28	4,80	40,7	10,9	8,8
G15	18,62	5,23	35,7	10,8	15,3 a**
Efecto lineal					
Dentro de S					
S10	16,64	3,56	16,7	7,4	0,2
S20	16,68	3,69	18,9	8,3	0,2
S30	15,74	3,78	21,1	10,1	0,2
S10 vs S20 + S30					
S10	16,64	3,56	16,7	7,4	0,2
S20 + S30	16,21	3,74	20,0	9,2	0,2
S20 vs s30					
S20	16,68	3,69	18,9	8,3	0,2
S30	15,74	3,78	21,1	10,1	0,2
Efecto lineal					

a,b. Promedios con el mismo literal son estadísticamente iguales según Tukey (P<0.05).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se puede indicar que la inclusión de Gallinaza y Forraje de Soya en el proceso de ensilaje del forraje de maíz, tiene efectos positivos relacionados con el incremento de las características nutritivas y fermentativas de esta gramínea forrajera, toda vez que la adición de Gallinaza provocó incrementos de contenido de Materia Seca; el Forraje de Soya, mejoró el contenido de proteína, así como, las concentraciones de las variables de fermentación; por lo que estas respuestas hacen considerar que el uso de Forraje de Soya, es una buena alternativa para corregir las deficiencias nutricionales del forraje de maíz.

5.2. Recomendaciones

Utilizar el forraje de soya como aditivo nitrogenado debido a que incrementa significativamente la concentración de proteína y propicia un pH más favorable para la conservación del forraje, sin embargo, con el fin de incrementar el contenido de materia seca, el uso de la gallinaza es una alternativa viable. Es importante indicar, que se recomienda efectuar otras investigaciones donde se evalúe la inclusión incremental de la mezcla de estas dos fuentes de nitrógeno.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. (15th ed., Vol. 1). Washington, DC., USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Araya-Mora, M., & Boschini-Figueroa, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de costa rica. *16*(1), 37-43.
- Baker, B., & Summerson, W. (1941). The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biology and Chemistry*, 538-554.
- Bezabih, M., & Tamir, B. (2014). Silage additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*, 4, 258-274.
doi:<http://dx.doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>
- Bolio-López, G. I., Valadez-González, A., Veleza, L., & Andreeva, A. (2011). Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: Obtención y caracterización. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(2), 291-299.
- Branislav, G., Daniel, B., Miroslav, J., & Milan, S. (2008). Influence of silage additive on fermentation of high moisture crimped corn. *Journal Central European Agriculture*, 9(3), 439-444.
- Castillo Jiménez, M., Rojas-Bourillon, A., & Wing Chin-Jones, R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*, 33(1), 133-146.
- Cevallos, D. (2005). *Utilización de ensilaje de residuos agroindustriales y biológicamente acelerado en la alimentación de terneros de levante*. Tesis

- Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*
 Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1817>
- Cornejo, C., & Wilkie, A. (2010). Greenhouse gas emissions and biogas 44 potential from livestock in Ecuador. *Energy for Sustainable Development*, 14(4), 256-266.
- Dormond, H., Boschini, C., & Rojas-Bourrillón, A. (1998). Efecto de dos niveles de cascara de banano maduro sobre la producción láctea en ganado lechero. *Agronomía Costarricense*, 22(1), 43-49.
- Erwin, E., Marco, G., & Emery, E. (1961). Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Animal Science*, 44, 1768-1776.
- Estrada, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1), 43-48.
- Fonseca , A., Cabrita, A., Lage, A., & Gomes, E. (2000). Evaluation of the chemical composition and the particle size of maize silage produced in North-West of Portugal. *Animal Feed science and Technology*, 83, 173-183.
- Garcés, A. M., Berrio, L., Ruiz, S., Serna, J. G., & Builes, A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66-71.
- García, V., Medina, M., & Ojeda, F. (2005). Carbohidratos solubles en cuatro variedades de morera. *Pastos y Forrajes*, 28(3), 233-239.

- Giver-Revendin, S., Duvaux-Ponter, C., Sauvant, D., Martin, O., Nunes do Prado, I., & Muller, R. (2002). Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 96, 83-102.
- Hadjipanayiotou, M., Verhaeghe, L., Labban, L., Shurbaji, A., El-Rahman Kronfoleh, A., Al-Wadi, M., . . . Kader Al-Haress, A. (1993). Feeding ensiled poultry excreta to ruminant animals in Syria. *Livestock Research for Rural Development*, 5(1). Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd5/1/syria1.htm>
- Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45, 35-36.
- Hintz, R., Albrecht, K., & Oplinger, E. (1992). Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agronomy Journal*, 84(5), 795-798.
- Jalc, D., Lauková, A., & Kisidayova, S. (2010). Effect of inoculants on fermentation parameters and chemical composition of grass and corn silages. *Slovak Journal of Animal Science*, 43(3), 141-146.
- Jalc, D., Laukova, A., Pogány, M., Váradyová, Z., & Homolka, P. (2009). Bacterial inoculant effects on corn silage fermentation and nutrient composition. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 22(7), 977-983.
- Jímenez, P., Cortés, H., & Ortiz, S. (2005). Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. *Acta Agronómica*, 54(2).
- Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W., & Hendriks, W. H. (2014). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality.

Journal of Science Food and Agriculture, 95(2), 238-252.

doi:10.1002/jsfa.6703

Khan, N., Cone, J., Fievez, V., & Hendriks, W. (2012). Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. *Animal Feed Science and Technology*, 174, 36-45.

Marsalis, M., Angadi, S., & Contreras, F. (2010). Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. *Field Crops Research*, 116(1), 52-57.

Martín, P. C. (2009). El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(3), 3-10.

Martínez, A., Pedrol, N., & Argamentoría, A. (S/F). *No sólo de maíz viven las vacas*. Obtenido de <http://www.serida.org/pdfs/1517.pdf>

McCullough, H. (1967). The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clinical Chemistry Acta*, 17, 297-304.

McDonald, P., Henderson, A., & Heron, S. (1991). *The Biochemistry of Silage* (2da. ed.). Reino Unido: Chalcombe Publications.

Mena-Urbina, M., Hernández-Garay, A., Enríquez-Quiroz, J., Pérez-Pérez, J., Zaragoza-Ramírez, L., Velasco-Zebadua, E., & Avellaneda-Cevallos, J. (2007). Efecto de asignación de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. 41, 1-12. Obtenido de <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2007/ene-feb/art-1.pdf>

- Mier-Quiroz, M. (s.f.). *Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis de fin de Master, Departamento de Producción Animal, Universidad de Córdoba. Córdoba, España. Obtenido de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex /22_11_37_maritza.pdf*
- Mthiyane, D., Nsahlai, I., & Bonsi, M. (2001). The nutritional composition, fermentation characteristics, in sacco degradation and fungal pathogen dynamics of sugarcane tops ensiled with broiler litter with or without water. *Animal feed Science and Technology*, 94, 171-185.
- Mustafa, A., García, J. C., Seguin, P., & Marois-Mainguy, O. (2007). Chemical composition, ensiling characteristics and ruminal degradability of forage soybeans cultivars. *Canadian Journal of Animal Science*, 87, 623-629.
- Núñez, G., Faz, R., Tovar, M., & Zavala, A. (2001). Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México*, 39(2), 77-88.
- Ojeda, F., Cáceres, O., & Esperance, H. (1991). *Conservación de forrajes*. Playa, Cuba: Pueblo Nuevo y Educación.
- Ojeda, F., Montejo, I., & López, O. (2006). Estudio de la calidad fermentativa de la morera y la hierba de guinea ensilada en diferentes proporciones. *Pastos y Forrajes*, 29(2), 195-200.
- Pinto, R., Hernández, D., Guevara, F., Gómez, H., Medina, F., Hernández, A., . . . Ruiz, B. (2010). Preferencia de ovinos por el ensilaje de *Pennisetum purpureum* mezclado con arbóreas forrajeras tropicales. *Livestock*

- Research for Rural Development*, 22(6). Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd22/6/pint22106.htm>
- Possenti , R., Junior, E., Bueno, M., Bianchini, D., Leinz, F., & Rodrigues , C. (2005). Parametros bromatologicos e fermentativos das silagens de milho e girasol. *Ciencia Rural*, 35(5), 1185-1189.
- Quispe, C. (2012). *Análisis del medio agrostológico y las consecuencias en la minería*. Obtenido de <http://biologosperuanos.com/web/foro-minero/quispe-benavente.pdf>
- Rebollo, S., & Gómez-Sal, A. (2003). Aprovechamiento sostenible de los pastizales. *Ecosistemas*, 7(3). Obtenido de http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8897/1/ECO_12%283%29_08.pdf
- Rotz, C. A., & Muck, R. E. (1994). Changes in forage quality during harvest and storage. En G. C. Fahey, M. Collins, D. R. Mertens, L. E. Moser, & C. S. American Society of Agronomy (Ed.), *Forage quality, evaluation and utilization. Silage Science and Technology*. (págs. 828-868). Madison, Wisconsin, USA.
- S/N. (2010). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Recuperado el 23 de marzo de 2015, de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/143-maiz_ensilaje.pdf
- SAS. (2004). Institute. User's Guide: Statistics [CD-ROM Computer file]. Version 9. USA.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.

- Steidlová, S., & Kalac, P. (2002). Levels of biogenic amines in maize silages. *Animal Feed Science and Technology*, 102, 197-205.
- Touno, E., Kaneko, M., Uozumi, S., Kawamoto, H., & Deguchi, S. (2014). Evaluation of feeding value of forage soybean silage as a substitute for wheat bran in sheep. *Animal Science Journal*, 85, 46-52.
- van Ryssen, J. (2001). Poultry litter as a feedstuff for ruminants: A South African seense. *South African Journal of Animal Science*, 1-8. Obtenido de http://www.sasas.co.za/sites/sasas.co.za/files/Van%20RyssenPoultry%20litterReg_0.pdf
- Weinberg, Z., Khanal, P., Yildiz, C., Chen, Y., & Arieli, A. (2011). Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. *Grassland Science*, 57, 1-5.
- Wilkinson, J., & Davies, D. (2012). The aerobic stability of silage: Key finding and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68, 1-19.
- Yepes, S., Montoya, L., & Orozco, F. (2008). Valoración de residuos agroindustriales—frutas—en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4422-4431.
- Zamora-Salgado, S., Ruiz-Espinoza, F., Beltrán-Morales, A., Fenech-Larios, L., Murillo-Amador, B., Loya-Ramírez, J., & Troyo-Diéguez, E. (2011). Régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en porcentaje de evaporación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 181- 186.
- Zhu, Y., Bai, C., Guo, X., Xue, Y., & Ataku, K. (2011). Nutritive value of corn silage in mixture with vine peas. *Animal Production Science*, 51, 1117-1122.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7. ANEXOS

7.1. ANAVAS: características fermentativas

Anexo 1. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de nitrógeno amoniacal (N-NH₃, g/kg MS)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	78,7462107				
Tratamientos	6	50,7067857	8,45113095	6,329436	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	45,3908	22,6954	16,99762	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	13,8575	13,8575	10,37851	4,32	8,02**
Gallinaza vs						
Soya	1	31,5333	31,5333	23,61672		**
Gallinaza	2	3,068	1,534	1,148882		
G5 vs G10,G15	1	2,1901	2,1901	1,640265		
G10 vs G15	1	0,8778	0,8778	0,657424		
Efecto Lineal	1	0,6613	0,6613	0,495278		
Efecto						
Cuadrático	1	2,4067	2,4067	1,802487		
Soya	2	2,248	1,124	0,841815		
S10 vs S20,S30	1	0,4902	0,4902	0,367133		
S20 vs S30	1	1,7578	1,7578	1,316496		
Efecto Lineal	1	1,611	1,611	1,206551		
Efecto						
Cuadrático	1	0,637	0,637	0,477078		
Error	21	28,039425	1,33521071			

Anexo 2. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre potencial de hidrogeno (pH)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	12,9917857				
Tratamientos	6	9,84053571	1,64008929	10,92959	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	9,1277	4,56385	30,4136	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	0,001	0,001	0,006664	4,32	8,02
Gallinaza vs						
Soya	1	9,1267	9,1267	60,82053		**
Gallinaza	2	0,6217	0,31085	2,071511		
G5 vs G10,G15	1	0,2604	0,2604	1,735311		
G10 vs G15	1	0,3613	0,3613	2,407711		
Efecto Lineal	1	0,5513	0,5513	3,673875		
Efecto						
Cuadrático	1	0,0704	0,0704	0,469147		
Soya	2	0,0912	0,0456	0,303879		
S10 vs S20,S30	1	0,0759	0,0759	0,505799		
S20 vs S30	1	0,0153	0,0153	0,10196		
Efecto Lineal	1	0,0903	0,0903	0,601761		
Efecto						
Cuadrático	1	0,0009	0,0009	0,005998		
Error	21	3,15125	0,15005952			

Anexo 3. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre sobre la acidez total (%)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	77,8002954				
Tratamientos	6	60,0452469	10,0075412	11,83654	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	57,5828	28,7914	34,05338	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	0,1643	0,1643	0,194328	4,32	8,02
Gallinaza vs						
Soya	1	57,4185	57,4185	67,91243		**
Gallinaza	2	1,4432	0,7216	0,853481		
G5 vs G10,G15	1	1,406	1,406	1,662964		
G10 vs G15	1	0,0371	0,0371	0,04388		
Efecto Lineal	1	1,2617	1,2617	1,492291		
Efecto						
Cuadrático	1	0,1815	0,1815	0,214671		
Soya	2	1,0194	0,5097	0,602854		
S10 vs S20,S30	1	0,6888	0,6888	0,814687		
S20 vs S30	1	0,3305	0,3305	0,390903		
Efecto Lineal	1	1,0125	1,0125	1,197547		
Efecto						
Cuadrático	1	0,0069	0,0069	0,008161		
Error	21	17,7550485	0,8454785			

Anexo 4. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido láctico (AL%)

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Total	27	34,6380384					
Tratamientos	6	24,9115479	4,15192465	8,964222	2,57	3,81**	
Entre Grupos	2	24,0119	12,00595	25,92147	3,47	5,78**	
Testigo vs G,S	1	2,1348	2,1348	4,609144	4,32*	8,02	
Gallinaza vs							
Soya	1	21,8771	21,8771	47,2338		**	
Gallinaza	2	0,5084	0,2542	0,548831			
G5 vs G10,G15	1	0,0074	0,0074	0,000761			
G10 vs G15	1	0,501	0,501	0,051509			
Efecto Lineal	1	0,078	0,078	0,168406			
Efecto							
Cuadrático	1	0,4304	0,4304	0,929256			
Soya	2	0,3912	0,1956	0,422311			
S10 vs S20,S30	1	0,2948	0,2948	0,636489			
S20 vs S30	1	0,0964	0,0964	0,208133			
Efecto Lineal	1	0,3912	0,3912	0,844621			
Efecto							
Cuadrático	1	0	0	0			
Error	21	9,7264905	0,46316621				

Anexo 5. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido acético (AA,%)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	1,73804086				
Tratamientos	6	0,48352736	0,08058789	1,349006	2,57	3,81
Entre Grupos	2	0,3356	0,1678	2,808898	3,47	5,78
Testigo vs G,S	1	0,0255	0,0255	0,426859	4,32	8,02
Gallinaza vs						
Soya	1	0,3101	0,3101	5,190937 *		
Gallinaza	2	0,0006	0,0003	0,005022		
G5 vs G10,G15	1	0,0002	0,0002	0,003348		
G10 vs G15	1	0,0004	0,0004	0,006696		
Efecto Lineal	1	0,0005	0,0005	0,00837		
Efecto						
Cuadrático	1	0,0001	0,0001	0,001674		
Soya	2	0,1473	0,07365	1,232868		
S10 vs S20,S30	1	0,0809	0,0809	1,35423		
S20 vs S30	1	0,0664	0,0664	1,111507		
Efecto Lineal	1	0,1407	0,1407	2,355256		
Efecto						
Cuadrático	1	0,0066	0,0066	0,110481		
Error	21	1,2545135	0,05973874			

Anexo 6. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre la concentración de ácido butírico (AB,%)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	9,60583071				
Tratamientos	6	8,38526021	1,39754337	24,04483	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	6,2942	3,1471	54,14607	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	0,8029	0,8029	13,81395	4,32	8,02**
Gallinaza vs						
Soya	1	5,4913	5,4913	94,4782		**
Gallinaza	2	2,09105	1,04553	17,98842		**
G5 vs G10,G15	1	1,24215	1,24215	21,37128		**
G10 vs G15	1	0,8489	0,8489	14,60538		**
Efecto Lineal	1	2,03314	2,03314	34,98031		**
Efecto						
Cuadrático	1	0,05792	0,05792	0,996518		
Soya	2	0,00006	0,000025	0,00043		
S10 vs S20,S30	1	0,00001	0,00001	0,000172		
S20 vs S30	1	0,00005	0,00005	0,00086		
Efecto Lineal	1	0,00003	0,00003	0,000516		
Efecto						
Cuadrático	1	0,00002	0,00002	0,000344		
Error	21	1,2205705	0,0581224			

Anexo 7. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el índice de consumo ovino (ICo)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	360,530084				
Tratamientos	6	304,098955	50,6831592	18,86098	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	216,7802	108,3901	40,33575	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	40,3917	40,3917	15,03117	4,32	8,02**
Gallinaza vs						
Soya	1	176,3885	176,3885	65,64034		**
Gallinaza	2	78,53566	39,26783	14,61294		**
G5 vs G10,G15	1	55,22487	55,22487	20,55111		**
G10 vs G15	1	23,31079	23,31079	8,674762		**
Efecto Lineal	1	78,31887	78,31887	29,1452		**
Efecto						
Cuadrático	1	0,21679	0,21679	0,080675		
Soya	2	8,78309	4,391545	1,634248		
S10 vs S20,S30	1	8,57054	8,57054	3,189398		
S20 vs S30	1	0,21255	0,21255	0,079097		
Efecto Lineal	1	5,31217	5,31217	1,976845		
Efecto						
Cuadrático	1	3,47092	3,47092	1,291651		
Error	21	56,431129	2,68719662			

7.2. CUADRADOS MEDIOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E ÍNDICE DE CONSUMO OVINO

Anexo 8. Cuadros medios, comparaciones y polinomios ortogonales, de las características fermentativas e índice de consumo ovino, de microsilos de maíz forrajero con y sin aditivos nitrogenados. Finca "La Maria", FCP-UTEQ.

Fuente de variación	Grados de libertad	N-NH3	pH	Acidez total	Ácido láctico	Ácido acético	Acido butírico	Índice de consumo ovino
		g Kg ⁻¹	g KgMS ⁻¹	g KgMS ⁻¹	g KgMS ⁻¹	g KgMS ⁻¹	g KgMS ⁻¹	g MS*(P ^{0.75}) ⁻¹
Total	27							
Tratamientos	6	8,451**	1,640**	10,008**	4,152**	0,0806	1,398**	50,683**
Entre Grupos	2	22,695**	4,564**	28,791**	12,006**	0,1678	3,147**	108,390**
Testigo vs G,S	1	13,858**	0,001	0,1643	2,135*	0,0255	0,803**	40,392**
Gallinaza vs Soya	1	31,533**	9,127**	57,419**	21,877**	0,310*	5,491**	176,389**
Gallinaza	2	1,534	0,3109	0,7216	0,2542	0,0003	1,046**	39,268**
G5 vs G10,G15	1	2,1901	0,2604	1,406	0,0074	0,0002	1,242**	55,225**
G10 vs G15	1	0,8778	0,3613	0,0371	0,501	0,0004	0,849**	23,311**
Efecto Lineal	1	0,6613	0,5513	1,2617	0,078	0,0005	2,033**	78,319**
Efecto Cuadrático	1	2,4067	0,0704	0,1815	0,4304	0,0001	0,05792	0,21679
Soya	2	1,124	0,0456	0,5097	0,1956	0,0737	2,5E-05	4,39155
S10 vs S20,S30	1	0,4902	0,0759	0,6888	0,2948	0,0809	0,00001	8,57054
S20 vs S30	1	1,7578	0,0153	0,3305	0,0964	0,0664	0,00005	0,21255
Efecto Lineal	1	1,611	0,0903	1,0125	0,3912	0,1407	0,00003	5,31217
Efecto Cuadrático	1	0,637	0,0009	0,0069	0	0,0066	0,00002	3,47092
Error	21	1,33521	0,1501	0,84548	0,46317	0,0597	0,05812	2,6872
CV (%)		6,71	9,03	21,16	23	25,54	56,27	2,79

7.3. ANAVAS: composición química

Anexo 9. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de materia seca (MS, g/kg)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	19175,8096				
Tratamientos	6	17920,4071	2986,73452	49,96**	2,57	3,81
Entre Grupos	2	14862,467	7431,2335	124,31**	3,47	5,78
Testigo vs G,S	1	1000,1072	1000,1072	16,73**	4,32	8,02
Gallinaza vs Soya	1	13867,2338	13867,2338	231,97**		
Gallinaza	2	2348,135	1174,0675	19,64**		
G5 vs G10,G15	1	1432,215	1432,215	23,96**		
G10 vs G15	1	915,92	915,92	15,32**		
Efecto Lineal	1	2295,0313	2295,0313	38,39**		
Efecto Cuadrático	1	53,1038	53,1038	0,89		
Soya	2	709,8053	354,90265	5,94**		
S10 vs S20,S30	1	709,594	709,594	11,87**		
S20 vs S30	1	0,2113	0,2113	0,004		
Efecto Lineal	1	542,85125	542,85125	9,08**		
Efecto Cuadrático	1	166,95375	166,95375	2,79		
Error	21	1255,4025	59,7810714			

Anexo 10. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de proteína (PC, g/kg MS)

FV	GL	SC	CM	Fc	0.05	Ft 0,01
Total	27	20417,1971				
Tratamientos	6	12849,7821	2141,6304	5,943144	2,57**	3,81
Entre Grupos	2	11479,8837	5739,9419	15,92866	3,47**	5,78
Testigo vs G,S	1	4869,7633	4869,7633	13,51387	4,32**	8,02
Gallinaza vs						
Soya	1	6610,1204	6610,1204	18,34345	**	
Gallinaza	2	535,4517	267,7259	0,742954		
G5 vs G10,G15	1	298,9205	298,9205	0,829521		
G10 vs G15	1	236,5313	236,5313	0,656388		
Efecto Lineal	1	53,045	53,045	0,147203		
Efecto						
Cuadrático	1	482,4067	482,4067	1,338706		
Soya	2	834,4467	417,2234	1,157818		
S10 vs S20,S30	1	791,2017	791,2017	2,195629		
S20 vs S30	1	43,245	43,245	0,120007		
Efecto Lineal	1	444,02	444,02	1,23218		
Efecto						
Cuadrático	1	390,4267	390,4267	1,083456		
Error	21	7567,415	360,3531			

Anexo 11. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de fibra (FC, g/kg MS)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	22769,0336				
Tratamientos	6	6830,51982	1138,41997	1,49994	2,57	3,81
Entre Grupos	2	2665,5852	1332,7926	1,756039	3,47	5,78
Testigo vs G,S	1	2628,3348	2628,3348	3,462997	4,32	8,02
Gallinaza vs						
Soya	1	37,2504	37,2504	0,04908		
Gallinaza	2	4048,3267	2024,16335	2,666963		
G5 vs G10,G15	1	3374,8817	3374,8817	4,44662 *		
G10 vs G15	1	673,445	673,445	0,887306		
Efecto Lineal	1	4005,125	4005,125	5,277006 *		
Efecto						
Cuadrático	1	43,2017	43,2017	0,056921		
Soya	2	116,6079				
S10 vs S20,S30	1	24,8067	24,8067	0,032684		
S20 vs S30	1	91,8013	91,8013	0,120954		
Efecto Lineal	1	82,8828	82,8828	0,109203		
Efecto						
Cuadrático	1	33,7251	33,7251	0,044435		
Error	21	15938,5137	758,976845			

Anexo 12. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de ceniza (CENIZA, g/kg MS)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27	57152,8403				
Tratamientos	6	52941,9209	8823,65348	44,00386	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	42950,1313	21475,0657	107,0969	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	10105,2304	10105,2304	50,39513	4,32	8,02**
Gallinaza vs Soya	1	32844,9009	32844,9009	163,7987		**
Gallinaza	2	9949,5117	4974,75585	24,80928		**
G5 vs G10,G15	1	8273,3067	8273,3067	41,25927		**
G10 vs G15	1	1676,205	1676,205	8,359292		**
Efecto Lineal	1	9849,0613	9849,0613	49,11761		**
Efecto Cuadrático	1	100,4504	100,4504	0,50095		
Soya	2	42,278	21,139			
S10 vs S20,S30	1	20,1667	20,1667	0,100572		
S20 vs S30	1	22,1113	22,1113	0,11027		
Efecto Lineal	1	38,9403	38,9403	0,194197		
Efecto Cuadrático	1	3,3376	3,3376	0,016645		
Error	21	4210,91937	200,51997			

Anexo 13. Análisis de variancia del efecto de la adición de compuestos nitrogenados a microsilos de maíz forrajero, sobre el contenido de materia orgánica (MO)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	27					
Tratamientos	6	52941,9209	8823,65348	44,00386	2,57	3,81**
Entre Grupos	2	42950,1313	21475,0657	107,0969	3,47	5,78**
Testigo vs G,S	1	10105,2304	10105,2304	50,39513	4,32	8,02**
Gallinaza vs Soya	1	32844,9009	32844,9009	163,7987		**
Gallinaza	2	9949,5117	4974,75585	24,80928		**
G5 vs G10,G15	1	8273,3067	8273,3067	41,25927		**
G10 vs G15	1	1676,205	1676,205	8,359292		**
Efecto Lineal	1	9849,0613	9849,0613	49,11761		**
Efecto Cuadrático	1	100,4504	100,4504	0,50095		
Soya	2	42,2779	21,13895	0,105421		
S10 vs S20,S30	1	20,1667	20,1667	0,100572		
S20 vs S30	1	22,1113	22,1113	0,11027		
Efecto Lineal	1	38,9403	38,9403	0,194197		
Efecto Cuadrático	1	3,3376	3,3376	0,016645		
Error	21	4210,91937	200,51997			

7.4. CUADRADOS MEDIOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Anexo 14. Cuadrados medios, comparaciones y polinomios ortogonales, de materia seca, proteína, fibra, ceniza y materia orgánica (g kg⁻¹) de microsilos de maíz forrajero con y sin aditivos nitrogenados. Finca "La Maria", FCP- UTEQ.

FV	GL	Cuadrados medios				
		MS g Kg ⁻¹	PC g KgMS ⁻¹	FC g Kg MS ⁻¹	C g KgMS ⁻¹	MO g KgMS ⁻¹
Total	27					
Tratamientos	6	2986,734**	2141,630**	1138,420	8823,653**	8823,653**
Entre Grupos	2	7431,233**	5739,942**	1332,793	21475,066**	21475,066**
Testigo vs G,S	1	1000,107**	4869,763**	2628,335	10105,230**	10105,230**
Gallinaza vs Soya	1	13867,234**	6610,120**	37,250	32844,901**	32844,901**
Gallinaza G5 vs	2	1174,068**	267,726	2024,163	4974,756**	4974,756**
G10,G15	1	1432,215**	298,921	3374,882*	8273,307**	8273,307**
G10 vs G15	1	915,920**	236,531	673,445	1676,205**	1676,205**
Efecto Lineal	1	2295,031**	53,045	4005,125*	9849,061**	9849,061**
Efecto Cuadrático	1	53,104	482,407	43,202	100,450	100,450
Soya	2	354,903**	417,223	58,304	21,139	21,139
S10 vs S20,S30	1	709,594**	791,202	24,807	20,167	20,167
S20 vs S30	1	0,211	43,245	91,801	22,111	22,111
Efecto Lineal	1	542,851**	444,020	82,883	38,940	38,940
Efecto Cuadrático	1	166,954	390,427	33,725	3,338	3,338
Error	21	59,781	360,353	758,977	200,520	200,520
CV (%)		2,6	16,99	9,55	12,23	12,23

*Hay diferencias estadísticas significativas (p<0,05)

**Hay diferencias estadísticas altamente significativas (p<0,01)

7.5. PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR

Anexo 15. Promedios y desviaciones estándar de las variables de composición química, características fermentativas e índice de consumo ovino

PROMEDIOS Y DS: COMPOSICION QUIMICA

Tratamiento código	MS		Proteína		Fibra		Ceniza		MO	
FM	282,70	8,80	79,43	18,94	312,08	28,39	69,28	16,21	930,73	16,21
FS10	286,58	9,40	122,23	7,81	285,18	9,74	84,74	6,60	915,26	6,60
FS20	270,43	2,56	141,78	6,97	285,51	9,18	85,83	4,12	914,18	4,12
FS30	270,10	3,47	137,13	18,79	278,74	37,94	89,15	24,50	910,85	24,50
G5	308,33	6,35	107,58	31,50	309,35	20,07	123,43	8,90	876,58	8,90
G10	320,80	11,59	91,55	3,34	282,95	44,10	164,65	19,62	835,35	19,62
G15	342,20	7,72	102,43	26,41	264,60	23,25	193,60	4,01	806,40	4,01

PROMEDIOS Y DS: CARACTERISTICAS FERMENTATIVAS

Tratamiento código	N-Nh3		pH	Acidez						AB		ICo		
				Total		AL		AA						
FM	15,49	0,21	4,28	0,75	4,53	0,44	3,63	0,21	0,89	0,24	0,01	0,01	55,85	1,79
FS10	16,64	0,27	3,56	0,05	2,43	0,24	1,67	0,13	0,74	0,14	0,02	0,02	57,77	1,63
FS20	16,68	0,25	3,69	0,03	2,73	0,29	1,89	0,16	0,83	0,14	0,02	0,01	55,81	0,61
FS30	15,74	0,97	3,78	0,10	3,14	0,27	2,11	0,19	1,01	0,11	0,02	0,02	56,14	1,86
G5	18,04	2,05	4,70	0,67	5,38	1,42	3,76	0,76	1,09	0,32	0,52	0,50	58,96	1,65
G10	19,28	1,50	4,80	0,07	6,03	1,62	4,07	1,32	1,09	0,32	0,88	0,29	61,80	2,06
G15	18,62	1,34	5,23	0,16	6,17	0,92	3,57	0,90	1,08	0,32	1,53	0,27	65,22	1,47