



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTÉCNIA

**“EFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y
BIOLÓGICO DEL RASTROJO DE MAÍZ SOBRE SU
FRACCIÓN FIBROSA”**

Tesis de grado previa a la obtención del
título de Médica Veterinaria Zootecnista

AUTORA:

Andrea Gabriela Quizhpe Juela

DIRECTOR:

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg.Sc.

**LOJA – ECUADOR
2018**

CERTIFICACIÓN

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado: **“Efecto del tratamiento químico y biológico del rastrojo de maíz sobre su fracción fibrosa”** de la autoría del Señorita Egresada: **Andrea Gabriela Quizhpe Juela**, previo a la obtención del título de **Médica Veterinaria Zootecnista**, ha sido ejecutado en el cronograma establecido. Los resultados alcanzados son pertinentes, tienen validez y actualidad científica; por tanto se autoriza su presentación, para el trámite correspondiente.

Loja, 12 de enero de 2018


Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de tesis escrita del trabajo de investigación titulado “**EFFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL RASTROJO DE MAÍZ SOBRE SU FRACCIÓN FIBROSA**” de la Srta. Egresada ANDREA GABRIELA QUIZHPE JUELA y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: **MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**.

APROBADO

Loja 28, de marzo del 2018

Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



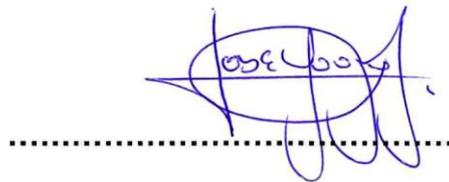
Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL



Dr. José Stalin Yaguana Jiménez Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL



AUTORÍA

Yo, Andrea Gabriela Quizhpe Juela, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Andrea Gabriela Quizhpe Juela

Firma: 

Cedula: 1104797194

Fecha: Loja, 20 de abril de 2018

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, Andrea Gabriela Quizhpe Juela declaro ser autora de la tesis titulada "EFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL RASTROJO DE MAÍZ SOBRE SU FRACCIÓN FIBROSA", como requisito para optar al grado de: Médica Veterinaria Zootecnista, autorizo el Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 20 días del mes de abril del dos mil dieciocho, firma la autora.

Firma:.....

Autor: Andrea Gabriela Quizhpe Juela

Cedula: 1104797194

Dirección: Loja, La Tebaida, calles Cuba y Chile

Correo electrónico: gabyandreira23@gmail.com

Teléfono: 0980986538

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara Mg. Sc. (**Presidente**)

Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc. (**Vocal**)

Dr. José Stalin Yaguana Jiménez Mg. Sc. (**Vocal**)

AGRADECIMIENTO

A la carrera de Medicina Veterinaria de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de Universidad Nacional de Loja por acogerme en su seno y permitir mi profesionalización.

Al Dr. Luis Aguirre Mendoza, Director de Tesis por sus orientaciones en todo momento para la feliz culminación de este trabajo de investigación. Mi gratitud a todos aquellos que con su sabiduría y amistad colaboraron con la ejecución de este trabajo y especialmente al Ing. Vicente Apolo y Dr. Rodrigo Abad.

A mis compañeros quienes estuvieron en las buenas y en las malas, que con su compañerismo y amistad supieron hacer de la vida estudiantil no un sacrificio sino un proceso grato de aprendizaje y formación continua para la culminación de la carrera.

Andrea Gabriela Quizhpe Juela

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por la vida que me ha dado y por permitirme alcanzar mis objetivos, de la misma manera a mis adorados padres Bertha y Silvio y a mis queridos hermanos Santiago, Carlos, Andrés, Vinicio por su amor y apoyo incondicional por enseñarme a enfrentar la vida con valentía y honradez, por confiar siempre que llegaría a la cima de mis metas y sueños, en todo momento de mi vida que han hecho la mayor fortaleza de mi existencia.

Andrea Gabriela Quizhpe Juela

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
CERTIFICACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACION	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE LA PROVINCIA DE LOJA	4
2.2. RASTROJO DE MAÍZ	5
2.2.1. Composición Química del Rastrojo de Maíz.....	5
2.2.2. Utilización de Rastrojo de Maíz en la Alimentación.....	6
2.2.3. Estrategias para Mejorar el Valor Nutricional del Rastrojo de Maíz	8
2.3. FIBRA.....	8
2.3.1. Degradación Ruminal de la Fibra	8
2.3.2. Composición Química de la Fibra	9
2.4. FIBRA BRUTA.....	11

2.4.1.	Fibra Detergente Neutro	11
2.4.2.	Fibra Detergente Ácida	11
2.5.	FUNCIÓN DE LA FIBRA EN LOS RUMIANTES	12
2.5.1.	La fibra y su Función Ruminal	12
2.6.	TRABAJOS RELACIONADOS	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	MATERIALES	14
3.1.1.	Materiales De Campo.....	14
3.1.2.	Materiales de Laboratorio	14
3.1.3.	Materiales de Oficina.....	15
3.2.	MÉTODOS	15
3.2.1.	Ubicación.....	15
3.2.2.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales	15
3.2.3.	Diseño Experimental	15
3.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	16
3.4.	VARIABLES EN ESTUDIO.....	16
3.5.	TOMA Y REGISTRO DE DATOS.....	16
3.6.	ANÁLISIS QUÍMICO.....	17
3.6.1.	Humedad: Método por Secado en Estufa.....	17
3.6.2.	Cenizas: Método Incineración en Mufla	17
3.6.3.	Proteína: Método Kjeldahl	17
3.6.4.	Grasa: Método de Soxhlet.....	18
3.6.5.	Fibra: Método de Digestión Ácido /Base	18
3.6.6.	Método de Fibra Detergente Ácido (FDA).....	18
3.6.7.	Método de Fibra Detergente Neutra (FDN)	19
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19
4.	RESULTADOS.....	20
4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA	20

4.2.	FRACCION FIBROSA.....	23
5.	DISCUSIÓN.....	26
5.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA	26
5.2.	FRACCIÓN FIBROSA.....	26
6.	CONCLUSIONES	29
7.	RECOMENDACIONES	30
8.	BIBLIOGRAFÍA	31
9.	ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del rastrojo de maíz	5
Tabla 2. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz.....	7
Tabla 3. Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz.....	7
Tabla 4. Efecto del tratamiento con urea, y urea más contenido ruminal en el rastrojo de maíz sobre su valoración bromatológica.....	21
Tabla 5. Efecto de la urea y urea y contenido ruminal en la fibra del rastrojo de maíz.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto del tratamiento con urea y contenido ruminal sobre el contenido de cenizas del rastrojo de maíz.....	21
Figura 2. Efecto de los tratamientos al rastrojo de maíz con urea y urea más contenido ruminal sobre la proteína bruta.	22
Figura 3. Efecto de la urea y urea más contenido ruminal sobre el contenido de proteína verdadera del rastrojo de maíz.	22
Figura 4. Efecto del tratamiento de urea y contenido ruminal sobre el contenido de FDN del rastrojo de maíz.	24
Figura 5. Efecto del tratamiento de urea y contenido ruminal sobre el contenido de Hemi-celulosa (FDN – FDA) del rastrojo de maíz.	25
Figura 6. Efecto del tratamiento con urea y contenido ruminal sobre el contenido de Lignina FDN del rastrojo de maíz.....	25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de trabajo de campo.....	34
ANEXO 2. Preparación de la muestra para análisis bromatológicos	37
ANEXO 3. Determinación de fibra cruda.....	37
ANEXO 4. Determinación de proteína y grasa.....	38
ANEXO 5. Análisis Bromatológicos	39

**“EFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y BIOLÓGICO
DEL RASTROJO DE MAÍZ SOBRE SU FRACCIÓN
FIBROSA”**

RESUMEN

La presente investigación se orientó a determinar el "EFECTO DEL TRATAMIENTO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL RASTROJO DE MAÍZ SOBRE SU FRACCIÓN FIBROSA". Las muestras se tomaron en el cantón Gonzanamá, el experimento se desarrolló en la finca experimental "Punzara" de la Universidad Nacional de Loja, el mismo que consistió en: control T0, rastrojo de maíz picado; T1 rastrojo de maíz picado + 1,5% de urea + 1,5% melaza y T2, rastrojo de maíz picado + 1,5% urea + 1,5 % melaza + 10% inocular ruminal. Las variables evaluadas fueron: proteína cruda y verdadera; Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácida (FDA), Lignina detergente ácido (LDA), Hemicelulosas y celulosa. Los tratamientos se fermentaron anaerobicamente por 25 días. Los resultados logrados son : la composición química de los tratamientos no reportaron diferencias estadísticas y cuyos valores medios logrados son de 34,4; 2,98; 39,3 y 42,3% en materia seca, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno respectivamente. La proteína cruda, se incrementó respecto al control en 70% y 80% en los tratamientos solo con urea y urea más contenido ruminal respectivamente y entre los dos no se observó diferencia significativa. La FDA no presentó diferencias estadísticas y alcanzó un promedio de 39,26%. La FDN presentó diferencia entre el control y el tratamiento con urea más contenido ruminal, existiendo una disminución del 11% con respecto al testigo; entre el testigo y el tratamiento con urea no existió diferencia, así como tampoco entre los tratamientos con urea y urea más contenido ruminal. La hemicelulosa, se observaron los valores más altos ($P=0,02$) en el rastrojo sin tratamiento (T0); mientras que los más bajos (12,5% menos que el T0) se lograron en el rastrojo picado con urea y contenido ruminal. Lo alcanzado permite concluir que la inclusión de urea y urea más contenido ruminal en el rastrojo de maíz durante 25 días de fermentación, mejora el contenido nutricional del mismo; incrementando el nivel de proteína y reduciendo el nivel de fibra.

Palabras clave: Rastrojo, tratamientos químico y biológico, fracción fibrosa.

ABSTRACT

The present investigation was oriented to determine the "EFFECT OF THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL TREATMENT OF CORN STUBBLE ON ITS FIBROUS FRACTION". The samples were taken in Gonzanamá canton, the experiment was developed in the "Punzara" experimental farm of the National University of Loja, which consisted of: control T0, stubble of chopped corn; T1 stubble of chopped corn + 1.5% urea + 1.5% molasses and T2, stubble of chopped corn + 1.5% urea + 1.5% molasses + 10% ruminal inoculum. The variables evaluated were: crude and true protein; Neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), acid detergent lignin (LDA), hemicelluloses and cellulose. The treatments were fermented anaerobically for 25 days. The results obtained are: the chemical composition of the treatments did not report statistical differences and whose average values are 34.4; 2.98; 39.3 and 42.3% in dry matter, ether extract, crude fiber and nitrogen-free extract respectively. The crude protein increased with respect to the control in 70% and 80% in the treatments only with urea and urea plus ruminal content respectively and between the two no significant difference was observed. The FDA did not present statistical differences and reached an average of 39.26%. The NDF presented a difference between the control and the treatment with urea plus ruminal content, there being a decrease of 11% with respect to the control; between the control and the urea treatment there was no difference, nor between the treatments with urea and urea plus ruminal content. Hemicellulose, the highest values ($P = 0.02$) were observed in the stubble without treatment (T0); while the lowest ones (12.5% less than the T0) were achieved in the stubble treated with urea and ruminal content. The achieved allows to conclude that the inclusion of urea and urea plus ruminal content in the maize stubble during 25 days of fermentation, improves the nutritional content of it; increasing the level of protein and reducing the fiber level.

Keywords: Stubble, Chemical and Biological Treatments, Fibrous Fraction.

1. INTRODUCCIÓN

La zona 7 se caracteriza por ser netamente agropecuaria siendo básicamente dos grandes rubros los que dinamizan la producción: la agrícola y la pecuaria. El primero, con cultivos perennes como: café, banano, cacao, caña de azúcar, plátano, cítricos (naranjos y limones) y otros frutales; cultivos transitorios y de barbecho: maíz, arroz, papa, cacahuete, frutales y hortalizas en menor escala. Son de carácter extensivo y poco tecnificados. El segundo rubro, radica principalmente en la cría de bovinos de carne y leche, ganado porcino y aves cuyo mayor desarrollo se ha logrado el sur occidente de la Región afincados básicamente en los cantones Balsas y Marcabelí; y, ganado caprino con una producción significativa que se desarrolla en el cantón Zapotillo (Aguinsaca, 2014).

La actividad agrícola genera una gran cantidad de productos de rastrojos, los mismos que son poco valorados y consecuentemente mal utilizados; muchos de ellos se convierten en un problema ambiental por la quema de los mismos. Los rastrojos de las gramíneas como maíz y arroz constituyen un potencial importante en la alimentación de rumiantes y que no son aprovechados adecuadamente. Nutricionalmente los residuos agrícolas son ricos en fibra y bajos en proteína, un escaso consumo voluntario y baja productividad ha sido observado en los animales que consumen estos productos. Sin embargo, diversos tratamientos físicos, químicos o biológicos han demostrado ser eficientes en el enriquecimiento proteico y mejora de la solubilización de la fracción fibrosa en ciertos residuos agrícolas y por ende mejora de su valor nutricional (Martínez *et al.*, 2005).

En la provincia de Loja, actualmente, estos productos de rastrojo son utilizados ocasionalmente en forma directa por el ganado que circunda los cultivos sin existir una ganadería estructurada que permita aprovechar estos recursos adecuadamente.

Por otro lado la producción bovina y caprina es una actividad poco tecnificada que demanda grandes extensiones de terreno y que en la provincia de Loja constituye una limitante, esta situación hace que la productividad tanto de carne y leche sean bajas, generando un desfase en la competitividad con otras regiones del país; lo que influye negativamente en el desarrollo socioeconómico de estos sectores productivos; así por ejemplo en Loja el 60% de la leche que se consume proviene de

otras localidades del país ya que la media que se produce en la zona es de 4,21 litros de leche por vaca, que representa un 24% menos que la media nacional (5,60 litros/vaca/día) y estas cifras aún son más críticas cuando se trabaja con datos solo del bosque seco de Loja (ESPAC, 2015).

En la provincia de Loja, se presentan dos estaciones climáticas bien marcadas, temporadas secas que duran entre 9 y 10 meses, Maldonado (2005); en estos periodos secos el rendimiento de los pastos disminuye drásticamente, produciendo menos del 30 % del rendimiento anual (Martínez *et al.*, 2005).

Los pastos plantados en la provincia de Loja, el 32,7% corresponde a pasto miel (“chilena”) (ESPAC, 2015). Adicionalmente, durante la época de lluvias, los pastos tropicales que no son fertilizados, normalmente contienen entre 7 y 11 % de proteína cruda, mientras que, durante la época seca el contenido de proteína puede bajar al 4 %. Consecuentemente, una de las razones principales de la baja productividad del ganado en las zonas tropicales es el bajo contenido proteico en su dieta, ya que la base de la alimentación del ganado vacuno es principalmente gramíneas. Esto hace que se genere escasez de alimento y que limite el desarrollo de la ganadería de la zona; siendo especialmente en el bosque seco el más afectado en la provincia de Loja. Situaciones estas que hacen que en los animales se produzcan pérdidas de peso, muertes y una apreciable disminución de la continuidad del proceso productivo, en el caso de las vacas, la producción disminuye y la poca leche que producen es resultado de la movilización de las reservas corporales (Cruz *et al.*, 2008).

Bajo estas consideraciones se plantea el presente trabajo de investigación que permita mediante el tratamiento químico y biológico modificar las paredes celulares y mejorar el valor nutricional del rastrojo de maíz; para el efecto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del tratamiento químico y biológico sobre la fibra neutra detergente del rastrojo del maíz.
- Estudiar los cambios de la fibra detergente ácida del rastrojo de maíz al ser sometidos al tratamiento químico y biológico.
- Conocer los cambios cuantitativos de la lignocelulosa del rastrojo de maíz, con los tratamientos químicos y biológicos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE LA PROVINCIA DE LOJA

La agricultura en la provincia de Loja combina cultivos transitorios con permanentes y se practica la asociación de cultivos; los cultivos transitorios se destacan el maíz duro seco, arroz, fréjol, maní, yuca y cebolla colorada que se cultiva en las zonas tropicales, el maíz suave seco, arveja y haba en las zonas templadas y frías de todos los cantones.

El maíz suave seco es el más destacado, no solo porque es el que mayor superficie ocupa (29130 ha) sino también porque es el que más se produce dentro de la provincia, aporta con 26.181 TM al total de cultivos transitorios de Loja. En segundo lugar se encuentra la producción de maíz duro seco, con una producción de 21.105 TM, además ocupa un 27% de la superficie destinada para la siembra en la provincia, el arroz también es un producto de activa participación en la región, ya que a pesar de que solo se le destina un 2% de la superficie, su producción de 7.734 TM representa el 10%. En cuarto lugar de importancia se encuentra la cebolla colorada cuya participación representa el 6% de la producción de Loja, de la misma manera existen otros cultivos dentro de la provincia como el maní y la yuca que aportan el 4% y finalmente el fréjol con el 3% (MCPEC, 2011).

La agricultura en la provincia de Loja, genera gran cantidad de productos de rastrojos, los mismos que son poco valorados y mal utilizados; muchos de los cuales se convierten en contaminantes ambiental por la quema de los mismos. Los rastrojos de las gramíneas como maíz y arroz constituyen un potencial en la alimentación de rumiantes y que no son aprovechados adecuadamente. Nutricionalmente estos residuos agrícolas son ricos en fibra y bajos en proteína, un bajo consumo voluntario ha sido observado en los animales que consumen estos productos. Sin embargo, diversos tratamientos físicos, químicos o biológicos han demostrado ser eficientes en el enriquecimiento proteico y mejora de la solubilización de la fracción fibrosa en ciertos residuos agrícolas y consecuentemente su valor nutricional (Martínez *et al.*, 2002).

En la provincia de Loja, actualmente, estos productos de rastrojo son utilizados ocasionalmente en forma directa por el ganado, sin existir una ganadería estructurada que permita aprovechar adecuadamente estos recursos.

2.2. RASTROJO DE MAÍZ

El maíz es uno de los principales cultivos de la región cuyos subproductos de rastrojo es grande, considerando que la taralla representa el 61,5%. Generalmente su grano constituye el 60% de raciones balanceadas para animales. Además, es extensamente- utilizado en la alimentación humana. El residuo vegetal que queda de la planta del maíz tras la cosecha se conoce como rastrojo. Este es el conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar un cultivo. Este rastrojo nutricionalmente es bajo en proteína (5,04%), alto en fibra (73% como fibra neutro detergente) (Tabla 1). Pese a ser un producto rico en fibra este residuo agrícola tiene un alto nivel de Hemicelulosa (37,1%) y relativamente bajo nivel en lignina (4,04%). Por lo que tiene un alto potencial para ser aprovechado por los rumiantes. Ensayos in vitro muestran una degradabilidad del 52,3% con 7,10 MJ/kg de energía, lo que lo convierte en una buena fuente energética para los rumiantes (Fuentes et al., 2011; Yescas-Yescas et al., 2003; Zaidi et al., 2013; Li et al., 2014).

2.2.1. Composición Química del Rastrojo de Maíz

Tabla 1. Composición química del rastrojo de maíz

Composición	Promedio	Mínimo	Máximo
Materia Seca	93,7	91,8	95,8
Proteína cruda	5,04	4,05	6,17
Extracto etéreo	1,27	1,23	1,31
Cenizas	6,07	4,84	6,83
Fibra Neutra Detergente	73,0	69,2	80,3
Fibra Acida Detergente	35,9	35,4	48,0
Lignina Acida Detergente	4,04	4,00	6,26
Calcio	0,40	0,40	0,40
Fósforo	0,05	0,05	0,05

Fuentes et al., 2011; Yescas-Yescas et al., 2003; Zaidi et al., 2013; Li et al., 2014

2.2.2. Utilización de Rastrojo de Maíz en la Alimentación

El rastrojo de maíz puede utilizarse en casi todas las categorías de vacunos, a excepción de los terneros recién destetados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía. Al ser utilizado en pastoreo directo y por razones de rotación de cultivos, podrá usarse durante un corto período de tiempo antes de roturar el suelo para el siguiente cultivo. Al cosechar el rastrojo de maíz, éste puede incluirse en raciones de novillos en niveles que pueden fluctuar entre el 20 y 60%, dependiendo de la calidad del rastrojo y de los otros componentes de la dieta. Al incluir entre 20 y 30% de caña de maíz, se pueden obtener ganancias de 800 a 900 gramos por día por animal, siempre que el rastrojo se suministre picado. Al incluir en niveles de 60%, las ganancias de peso bajan a 500 - 650 gramos por día. En vaquillonas de reemplazo, pueden usarse en niveles de 60%, obteniéndose ganancias de peso de 500 gramos por día.

Cosechado y almacenado, puede constituir un excelente recurso invernal para la alimentación de vacas en su último tercio de gestación. También para alimentar novillos en el período de otoño - invierno, cuando se quieren obtener bajas tasas de ganancia de peso, para aprovechar el crecimiento compensatorio que se producirá con los pastos en la siguiente primavera.

El rastrojo de maíz puede ser pastoreado directamente por vacas lecheras, siempre que las mismas, estén secas o tengan producciones inferiores a 15 litros por día por vaca. Al ser cosechado, debe ofrecerse picado, a fin de disminuir el rechazo. En este caso, puede incluirse en niveles de 20 - 30% en raciones de vacas lecheras que produzcan 18 - 20 litros por día, teniendo la ventaja de aportar la fibra necesaria para el funcionamiento del rumen y materia grasa de la leche, especialmente cuando las vacas reciben cantidades altas de concentrado. En vacas que pastorean praderas de alfalfa, es conveniente hacerlas consumir el rastrojo de maíz antes de su acceso a la pradera, a fin de evitar problemas de meteorismo. La vaquillonas de reemplazo pueden pastorear directamente el rastrojo, obteniéndose ganancias de 400 - 500 gramos por día por animal. Durante el período invernal, el rastrojo picado puede incluirse en niveles entre el 30 - 50%, dependiendo de las ganancias de peso que se desee obtener (Manterola *et al.*, 1999).

Tabla 2. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz

Componente	Porcentaje del peso seco del maíz
Panoja	12,0
Tallos	17,6
Chalas	8.9
Total caña	38.5
Mazorca	11.8
Grano	49.7
Total espiga	61.5

Fuente: Manterola *et al.*, 1999

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco. Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3.1%) y las hojas entre 4 y 7 %, (Tabla 3).

Tabla 3. Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz

Componente	PB, %	DIVMS, %
Hojas	4.5	55.6
Tallos	3.1	59.7
Chalas	4.7	69.1
Mazorcas	4.7	58.0
Cañas + Hojas	4.2	55.8

Fuente: Manterola *et al.*, 1999

La pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosas que de celulosa. El bajo porcentaje de lignina en los restos de la planta del maíz lo hace más digestible que las pajas de cereales, siendo a su vez, más rico en azúcares solubles. Por estas razones, este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1.69 y 2.1 Mcal/k de MS.

Por otra parte y dependiendo del tipo de cultivo, el método de cosecha y almacenamiento, la calidad puede variar considerablemente. En el maíz destinado a uso o consumo en fresco, el residuo que queda en el campo es de mejor calidad en cuanto a digestibilidad y contenido proteico, pero con diferencia de energía, ya que se ha retirado la mazorca. La digestibilidad de este residuo, así como la concentración de nutrientes, será significativamente superior a las del residuo de maíz destinado a grano (Manterola *et al.*, 1999).

2.2.3. Estrategias para Mejorar el Valor Nutricional del Rastrojo de Maíz

Los residuos agrícolas del maíz son una fuente de energía abundante y barata para los rumiantes, por lo que se ha intentado mejorar su digestibilidad a través de procesos físicos, químicos, biológicos o aditivos como cultivos microbianos y enzimas fibrolíticas exógenas (Fernández *et al.*, 1981; Plata *et al.*, 1994; Roa *et al.*, 1997; Coronel *et al.*, 2001). Estas últimas pueden ser una alternativa para aprovechar los nutrientes potencialmente digestibles de los residuos. Los componentes primarios de las paredes celulares de los forrajes son la celulosa y la hemicelulosa, los cuales son digeridos por las enzimas fibrolíticas de las bacterias y protozoarios ruminales (Chalupa, 1979). Aunque este proceso es eficiente, se buscan métodos que mejoren la digestión de la fibra por el ganado, como la adición de celulasas y xilanasas que complementen la actividad celulítica de las bacterias ruminales (Feng *et al.*, 1996).

2.3. FIBRA

La fibra se encuentra como un componente estructural de la pared celular de las plantas que se digiere principalmente en el rumen promueve la rumia, es la parte menos digestible en los alimentos. Representada por la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, y la fibra soluble (pectinas, fructosanos, galactanos, y glucanos). Se considera como un carbohidrato no digerible por enzimas animales, pero puede ser utilizado potencialmente por los microorganismos ruminales. (Bach *et al.*, 2006).

2.3.1. Degradación Ruminal de la Fibra

La fibra se fermenta en el rumen por la acción de las bacterias fibrolíticas. El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por la acción de las celulasas y hemicelulasas, y varía en función de la composición, con el entremado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación (Hall *et al.*, 1999).

Las bacterias fibrolíticas producen glucosa o pentosas como productos intermedios, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de

acetato como producto final. Durante el proceso fermentativo de la fibra se pierde un carbono en forma de metano, por lo que el proceso es energéticamente menos eficaz que la fermentación de otros nutrientes. Sin embargo, el acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasas en la glándula mamaria, y por lo tanto la producción de acetato (y en consecuencia el aporte de fibra y la supervivencia de las bacterias fibrolíticas) es impredecible.

La degradabilidad efectiva en el rumen de la fibra potencialmente degradable depende de la velocidad del tránsito ruminal y de su velocidad de degradación. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987).

2.3.2. Composición Química de la Fibra

La fibra o pared celular está constituida por celulosa, hemicelulosa pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y una fracción de minerales insolubles formada especialmente por sílica. La celulosa y la hemicelulosa sólo son digeridas por los procesos de fermentación microbiana, donde la población de bacterias, protozoarios y hongos producen enzimas que son capaces de romper los carbohidratos complejos de la pared en moléculas más pequeñas, las cuales son disponibles para el animal, primero como glucosa y luego como ácidos grasos volátiles . Químicamente; se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina; con fines prácticos, se la define como Fibra Bruta (FB), Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD), se utiliza para el pronóstico de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de rumiantes, la fibra es definida como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal.

2.3.2.1. Celulosa

Está conformada por unidades de glucosa, se encuentra formando la estructura de la pared celular, es la molécula disponible más abundante en la naturaleza. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces β -1,4. Debido a su estructura las cadenas de celulosa están unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares que forman agregados (microfibrillas).

La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta, forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en agua y resistente a la hidrólisis. La lignina es aceptada generalmente como la entidad primaria responsable para limitar la digestión de los forrajes.

2.3.2.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa está formada por cadenas cortas, son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosa (azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa), como pentosas (azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa).

Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina.

2.3.2.3. Lignina

Es un compuesto que da el soporte estructural a las plantas, carece de valor nutritivo para el animal ya que es totalmente indigestible; se asocia a los carbohidratos estructurales, la celulosa y hemicelulosa durante el proceso de formación de la pared, alterando significativamente la digestibilidad de los hidratos de carbono de los forrajes. La lignificación aumenta con la madurez fenológica con consecuente aumento de ácidos fenólicos. La lignina ejerce un efecto negativo directo sobre la digestión total y un efecto indirecto a consecuencia de impedimentos físicos que limita el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. Este efecto indirecto es más evidente en las gramíneas que en las leguminosas, pues las gramíneas tienen un mayor contenido de ácidos fenólicos (Bach *et al.*, 2006).

2.4. FIBRA BRUTA

Es el residuo insoluble después de un tiempo en una solución ácida, seguida de una alcalina. La extracción ácida elimina almidones, azúcares y parte de la pectina, hemicelulosa de algunos alimentos. La extracción básica elimina proteínas, y resto de hemicelulosas y parte de la lignina. La fibra bruta consiste principalmente de celulosa adicionada de pequeñas cantidades de lignina y hemicelulosa. Sin embargo, el método para determinar la fibra bruta tiene la limitación de solubilizar variablemente la lignina. Por lo que actualmente se han puesto nuevos métodos para análisis de fibra proporcionando mayor precisión en la investigación para la alimentación de rumiantes (Van Soest *et al.*, 1968).

2.4.1. Fibra Detergente Neutro

Para su determinación se hierva una muestra de alimento o forraje durante una hora en una solución detergente neutra. La FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en el alimento. La FDN es una medida de la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílica (Theander 1986). De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS) (Van Soest *et al.*, 1991).

2.4.2. Fibra Detergente Ácida

Es el material insoluble en una solución detergente ácida, está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, suelen existir otros componentes como nitrógeno y/o minerales. Importancia de la misma radica en que está inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje como componentes principales, pero además contiene distintas cantidades de ceniza, compuestos nitrogenados, entre otros. La concentración de nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) se utiliza para determinar la disponibilidad de proteínas en los alimentos que son procesados en calor.

La concentración de nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) en el forraje tiene una alta correlación negativa con la digestibilidad aparente de la proteína (Calsamiglia, 1997).

2.5. FUNCIÓN DE LA FIBRA EN LOS RUMIANTES

Además de la calidad nutricional de la fibra (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina), la función de la fibra es mantener un correcto funcionamiento ruminal que no comprometa su salud. Para ello, las vacas deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación. Para definir el aporte de FDN necesario, no sólo hay que considerar la composición química de la fibra, sino también el tamaño y la forma de partícula, concepto que se define como Fibra Efectiva (FDNef). La FDNef es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y la salivación. Por ejemplo, un heno sin picar hace un mayor aporte de FDNef que el mismo heno picado, a pesar de contener la misma cantidad de FDN y la misma composición de celulosa, hemicelulosa y lignina. Por lo tanto, la FDNef es el criterio de formulación más adecuado para valorar el aporte mínimo de fibra que garantiza una alimentación adecuada (Palladino ,2006).

2.5.1. La fibra y su Función Ruminal

La fibra, como nutriente contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (PH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia. Estas dos funciones dependen de la composición, de la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión .La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen aportando unos niveles mínimos de FND y DFA (Church, 1989).

2.6. TRABAJOS RELACIONADOS

(Fuentes *et al.*, 2006) realizó un análisis químico y digestibilidad “*in vitro*” de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). Este experimento se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto del tratamiento físico y químico en la composición química y digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) de rastrojo de maíz sometido a dichos tratamientos. Setenta y cinco pacas de rastrojo de maíz (25 molidas, 25 picadas y 25 enteras) fueron tratadas con 4% de amoniaco anhidro (NH₃) con base en el peso seco durante cuatro semanas.

El mismo número de pacas con igual tamaño de partícula permaneció sin tratar con NH₃. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x3 (cero y cuatro % NH₃ y tres tamaños de partícula). Se observó un decremento en la cantidad de materia seca a medida que el tamaño de partícula aumentó. El incremento en el porcentaje de proteína cruda en el rastrojo tratado molido, picado y entero fue de 110, 116 y 91 unidades mayor respecto al rastrojo sin tratar. El extracto etéreo se vio incrementado por la amonificación en promedio 7,3% con respecto al rastrojo sin tratar.

El contenido de cenizas se incrementó en promedio 6,0% con la amonificación. El NH₃ disminuyó los valores de fibra detergente neutro en 20,0; 7,0 y 7,7% para forraje molido, picado y entero, respectivamente. En lo que respecta a la fibra ácido detergente se observó un decremento de 7,17; 12,83 y 11,42% para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente, en relación al rastrojo sin tratar. La DIVMS y DIVMO se incrementaron con el tratamiento con NH₃.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales De Campo

- Recipientes para toma de muestras
- Líquido ruminal
- Rastrojo de maíz
- Urea
- Melaza
- Agua
- Picadora
- Ensiladora
- Fundas quintaleras
- Saquillos
- Plástico
- Guantes
- Botas
- Overol
- Machete
- Cuchillo
- Fundas de papel
- Fundas plásticas
- Platos desechables
- Colador

3.1.2. Materiales de Laboratorio

- Equipos para análisis químico proximal
- Estufa
- Mufla
- Peachimetro
- Reactivos para análisis bromatológico

3.1.3. Materiales de Oficina

- Libreta de campo
- Computadora
- Material de escritorio
- Cámara fotográfica registros

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

Las muestras se recolectaron en tres localidades del cantón Gonzanamá, mismas que fueron tratadas en la finca experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada al sur occidente de la ciudad de Loja. Posee las siguientes características climatológicas (INAMHI, 2016).

- Altitud: 2150 msnm
- Temperatura promedio anual: 16,5°C
- Precipitación 750 mm
- Humedad relativa 75 %
- Formación ecológica: bosque seco Montano Bajo (Bs – MB)

3.2.2. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales (UE) fueron, rastrojos de maíz obtenidos de tres lugares diferentes del cantón Gonzanamá. Cada rastrojo representó una unidad experimental de igual manera se consideró que cada UE conlleva sus particularidades tanto de cultivo como de recolección.

3.2.3. Diseño Experimental

El diseño experimental fue un diseño de bloques al azar, donde el efecto principal fueron los tratamientos T1, T2 y el testigo T0, con tres repeticiones cada uno y anidadas a los tratamientos.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluó el efecto de la urea, melaza y contenido ruminal en el ensilaje de rastrojo de maíz, para lo cual se comparó: i) tratamiento control T0, rastrojo de maíz picado; ii) T1 rastrojo de maíz picado + 1,5% de urea + 1,5% melaza y iii) T2, rastrojo de maíz picado + 1,5% urea + 1,5 % melaza + 10% inoculo ruminal. Tanto el T1 como el T2 fueron fermentados en condiciones anaerobias por 25 días.

Luego de los 25 días de ensilaje, procedió a evaluar las variables que se detallan a continuación.

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

Las variables de estudio fueron:

- Fibra detergente neutra (FDN): se determinó en el laboratorio de bromatología de la Universidad Politécnica de Madrid, aplicando las metodologías de Van Soest, (1963).
- Fibra detergente ácido (FDA): Secuencialmente a la FDN se determinó la FDA siguiendo la metodología basado en el método propuesto por Van Soest, (1963).
- Lignina detergente ácido (LDA): El residuo de FDA fue sometido a ácido sulfúrico para determinar el nivel de lignina de la muestra.
- Celulosas: Se obtuvo de la diferencia entre FDA – LDA.
- Hemi-celulosa: Se estimó de la diferencia entre FDN – LDA.

3.5. TOMA Y REGISTRO DE DATOS

Se recolectaron muestras representativas de los tratamientos y se sometieron a los análisis de FDN, FDA, LDA, Celulosa, Hemi-celulosa en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Politécnica de Madrid, aplicando la metodología de (Van Soest, 1963).

En el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja se determinó la materia seca, cenizas, fibra bruta y extracto etéreo, siguiendo las metodologías de la AOAC (2000).

3.6. ANÁLISIS QUÍMICO

3.6.1. Humedad: Método por Secado en Estufa

La determinación de la humedad por secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles.

El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra (Nielsen, 2003).

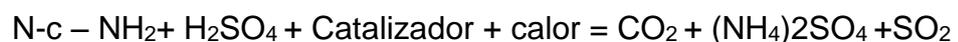
3.6.2. Cenizas: Método Incineración en Mufla

En este método determina el contenido e cenizas en los alimentos mediante la calcinación, toda la materia orgánica se incinera a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C entre 45 a 60 minutos; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996).

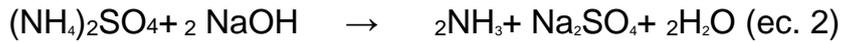
3.6.3. Proteína: Método Kjeldahl

Mide el contenido en nitrógeno de una muestra. Este método básicamente se divide en tres fases:

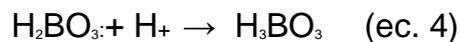
- **Digestión.** Un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amonio, según la ecuación 1.



- **Destilación.** Se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco (ecuación 2). El amoníaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico al 4%.



- **Valoración.** La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido: base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno (ecuación 4.) Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados.



3.6.4. Grasa: Método de Soxhlet

Es una extracción semi continua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (Nielsen, 2003).

3.6.5. Fibra: Método de Digestión Ácido /Base

Consiste en someter la muestra, a una solución de ácido sulfúrico a 0,225 N a ebullición por 30 minutos y añadir 20 ml de hidróxido de sodio al 20%, se filtra, se seca y se pesa, se calcina y se pesa. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente, la que se porcentualiza.

3.6.6. Método de Fibra Detergente Ácido (FDA)

Este método consiste en someter la muestra a ebullición de cetiltrimetilamonio en medio ácido y subsecuente filtración y lavado del residuo. Este método da una buena estimación de celulosa y lignina. En el residuo se puede analizar la celulosa o lignina (Van Soest.1968).

3.6.7. Método de Fibra Detergente Neutra (FDN)

Este procedimiento envuelve la extracción con una solución caliente de laurilsulfato de sodio y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo. Este método da una buena estimación de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina).

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un modelo mixto con el procedimiento mixed del SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). En el que el efecto fijo fue el tratamiento, mientras que el efecto aleatorio fue la muestra de rastrojo de maíz anidada al tratamiento. Para comparar las medias se utilizó un t-test protegido.

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química del rastrojo de maíz solo y tratado con urea y contenido ruminal se detalla en la tabla 4 y figuras 1, 2 y 3, referida en base seca.

Para los diferentes componentes MS, EE, FC y ELN no se detectaron diferencias estadísticas ($P \geq 0,108$) entre los distintos tratamientos que se trabajó el rastrojo de maíz. Siendo los valores medios para cada tratamiento de 34,4; 2,98; 39,3 y 42,3% respectivamente.

Por su parte, el tratamiento de rastrojo con urea incrementó ($P=0,037$) un 13% el contenido de cenizas respecto del tratamiento control (rastrojo solo picado); mientras que, el tratamiento con urea y contenido ruminal no mostró diferencia significativas con el control ni con el tratamiento solo con urea.

Con respecto a PC, se produjo un incremento significativo respecto al control tanto del tratamiento con urea y el de urea más contenido ruminal, con valores de 70% y 80% respectivamente, mientras que entre los tratamientos con urea y urea más contenido ruminal, no presentó diferencia significativa.

Lo referente a proteína verdadera existe diferencia entre los tratamientos, alcanzando un incremento del 11,76% el tratamiento solo con urea respecto al control y de 7,28% el tratamiento con urea más contenido ruminal; en tanto que entre los tratamientos con urea y urea más contenido ruminal existe una diferencia de 6,11% con respecto al menor valor.

Tabla 4 . Efecto del tratamiento con urea, y urea más contenido ruminal en el rastrojo de maíz sobre su valoración bromatológica.

Composición, % de MS	Tratamientos			EEM ¹	P-valor
	T0	T1	T2		
Urea, %	0	1,5	1,5		
Contenido ruminal, %	0	0	10		
Materia seca	35,6	35,2	33,5	1,79	0,694
Cenizas	5,80 ^b	6,57 ^a	6,22 ^{ab}	0,158	0,037
Proteína bruta	6,07 ^b	10,3 ^a	10,9 ^a	0,380	<0,001
Proteína verdadera	3,57 ^c	3,99 ^a	3,76 ^b	0,051	0,004
Energía, Mcal/kg	4,53	4,52	4,55	14,1	0,358
Extracto etéreo	2,76	3,06	3,11	0,195	0,456
Fibra cruda	40,6	39,6	37,8	0,96	0,200
Extracto libre de nitrógeno	44,7	40,4	41,9	1,21	0,108

¹Error estándar de la media, n=3

Fuente: Laboratorio de Bromatología. FARNR – UNL (2017)

Elaborado: El autor

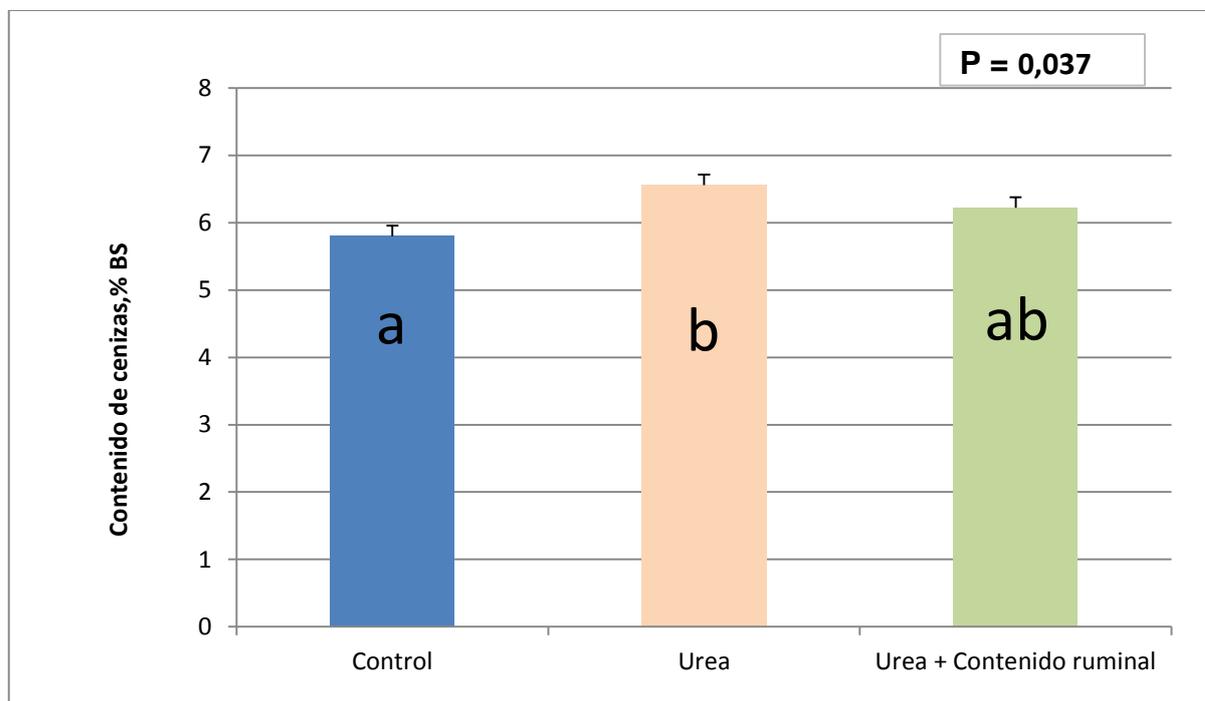


Figura 1. Efecto del tratamiento con urea y contenido ruminal sobre el contenido de cenizas del rastrojo de maíz.

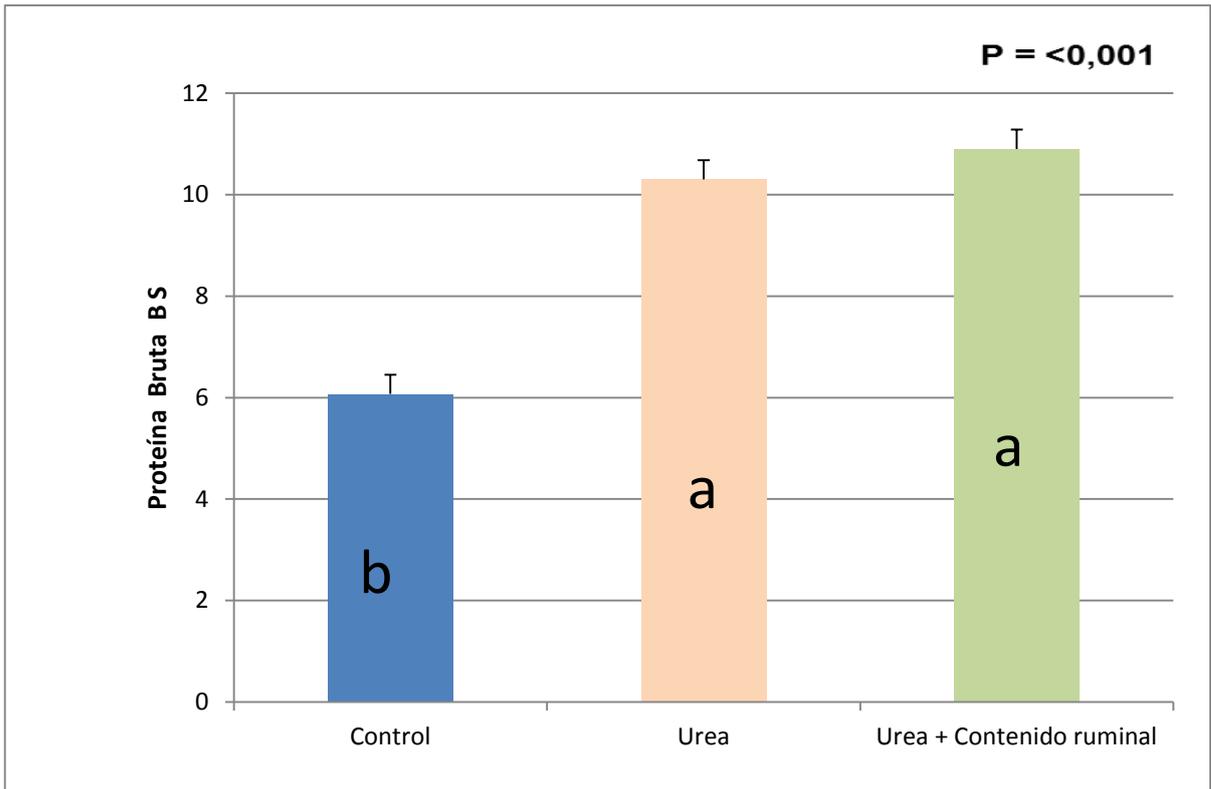


Figura 2. Efecto de los tratamientos al rastrojo de maíz con urea y urea más contenido ruminal sobre la proteína bruta.

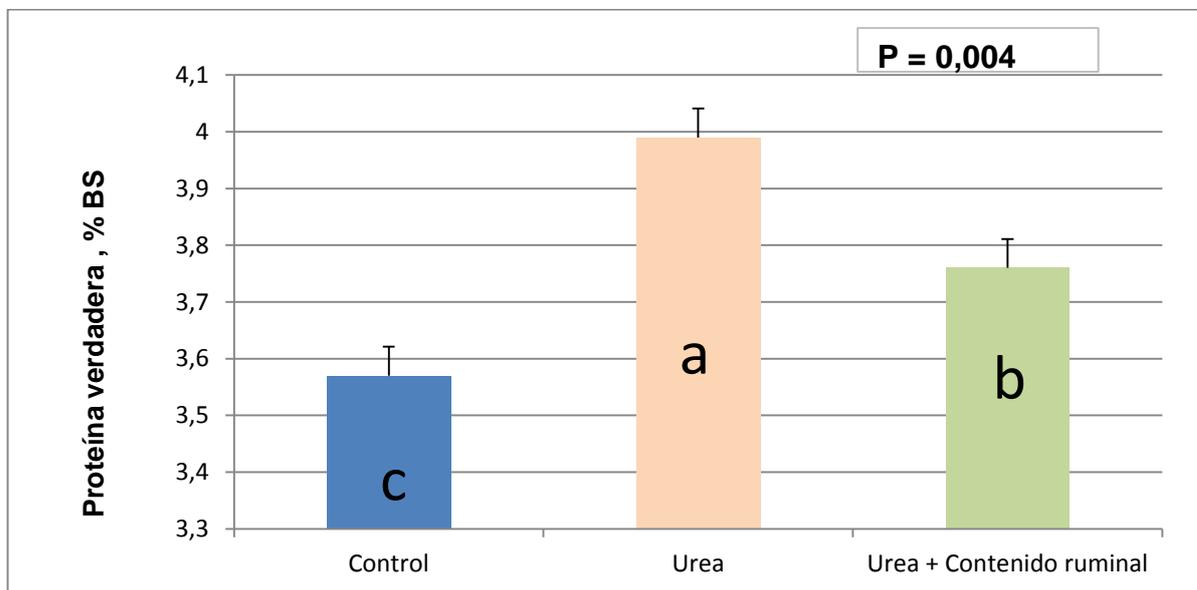


Figura 3. Efecto de la urea y urea más contenido ruminal sobre el contenido de proteína verdadera del rastrojo de maíz.

4.2. FRACCION FIBROSA

La tabla 5 y figuras 4, 5 y 6, muestran los resultados del efecto de la urea y urea más contenido ruminal en el rastrojo de maíz referidos al rastrojo de maíz sin tratar.

Tabla 5 .Efecto de la urea y urea y contenido ruminal en la fibra del rastrojo de maíz.

Composición % de MS	Tratamientos			EEM	P-valor
	T0	T1	T2		
Urea %	0	1,5	1,5		
Contenido ruminal %	0	0	10		
Fibra detergente neutro	71,9 ^a	68,9 ^{ab}	64,0 ^b	2,14	0,098
Fibra detergente ácido	40,8	40,2	36,8	1,71	0,273
Lignina	5,65	5,52	5,36	0,210	0,643
FDN-FDA (Hemicelulosa)	31,1 ^a	28,7 ^{ab}	27,2 ^b	0,710	0,022
FDN-Lignina	66,2 ^a	63,4 ^{ab}	58,6 ^b	2,04	0,095
FDA-Lignina (Celulosa)	35,2	34,7	31,4	1,58	0,262

¹Error estándar de la media, n=3

Elaborado: El autor

Las fracciones de FDA, con un promedio de 39,3 no presenta diferencia significativa; la lignina con su promedio de 5,5 tampoco presentó diferencias así como la FDA-Lignina (celulosa) que tuvo un promedio de 33,8.

Lo referente a FDN hay diferencia entre el tratamiento control y el tratamiento con urea más contenido ruminal, existiendo una disminución del 11% con respecto al testigo; mientras que entre el tratamiento testigo y el con urea no existe diferencia, así como tampoco entre el tratamiento con urea y el tratamiento urea y contenido ruminal .

Respeto al contenido estimado de hemicelulosa (FDN – FDA), los valores más altos ($P=0,02$) se obtuvieron en el rastrojo sin tratamiento (T1); mientras que, los valores más bajos de hemicelulosas (12,5% menos que el T1) se observaron cuando el rastrojo picado se le añadió urea, melaza y contenido ruminal. Por su parte, el añadir solo urea y melaza para fermentar anaeróticamente el rastrojo picado nos dio valores intermedios de hemicelulosa.

Con relación a lignina (FND) existe diferencia entre el tratamiento control y el tratamiento con urea mas contenido ruminal , con una disminucion del 11,5% con

respecto al control. Mientras que el tratamiento solo con urea no presenta diferencia con los tratamientos anteriores.

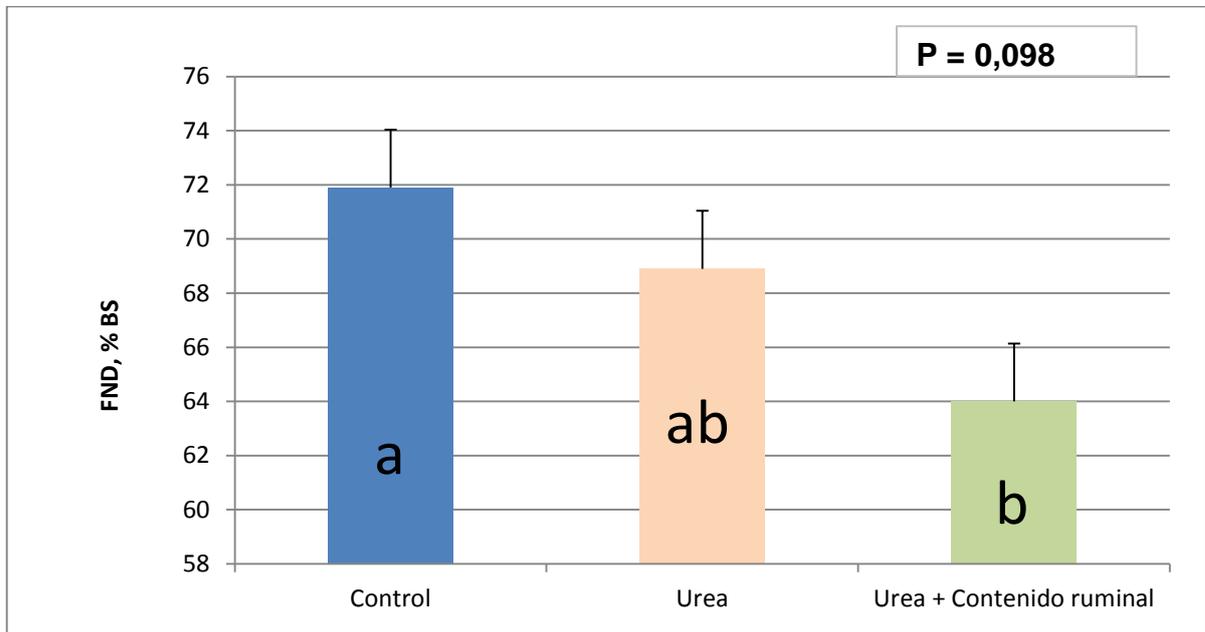


Figura 4. Efecto del tratamiento de urea y contenido ruminal sobre el contenido de FDN del rastrojo de maíz.

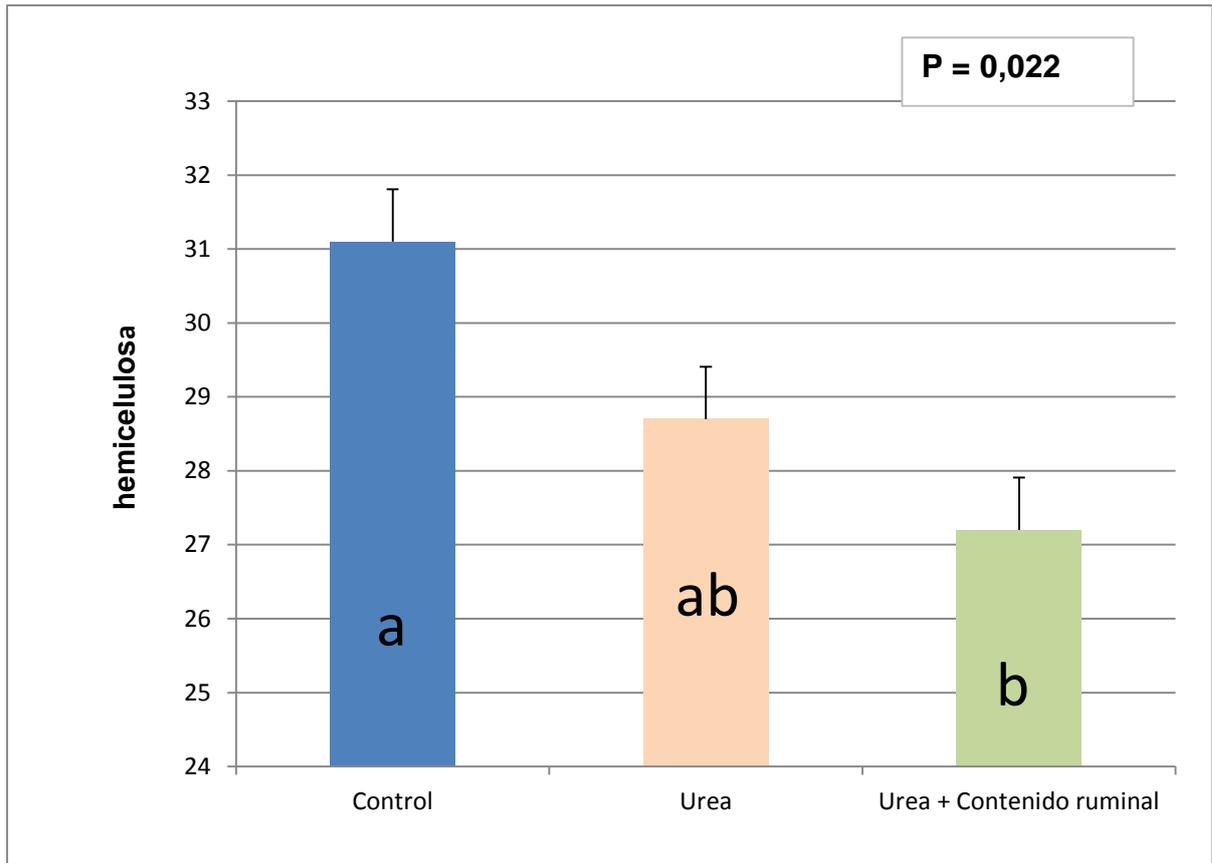


Figura 5. Efecto del tratamiento de urea y contenido ruminal sobre el contenido de Hemi-celulosa (FDN – FDA) del rastrojo de maíz.

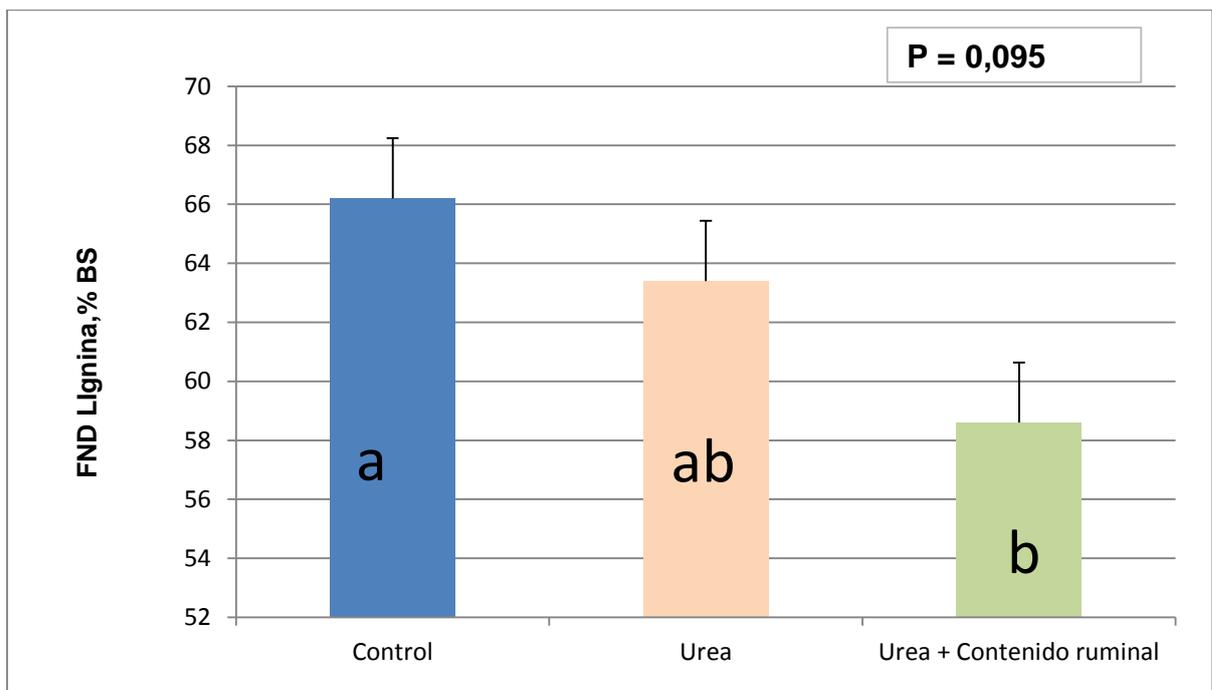


Figura 6. Efecto del tratamiento con urea y contenido ruminal sobre el contenido de Lignina FDN del rastrojo de maíz.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

En este trabajo no se produjeron cambios significativos en la materia seca tanto del rastrojo de maíz sin tratar y el tratado con urea y urea más contenido ruminal que tuvieron un promedio de 34,4% ya que se trabajó con material vegetal verde y el tiempo de fermentación fue corto; sin embargo se observó una disminución de la MS en el tratamiento con urea y contenido ruminal, disminución causada por la población de microorganismos presentes en el contenido ruminal, tendencia que concuerda con Cubero *et al.* (2010), aunque su valor es la mitad, pero están muy por debajo a los reportados por Magaña (1998), que obtuvo 76,3% de MS; valores que difieren por la humedad inicial de los rastrojos.

La proteína cruda en el rastrojo picado tuvo un valor inferior a los tratamientos con urea y urea más contenido ruminal que logran un incremento promedio de 75,1%; estos valores son similares a los que obtenidos por Magaña (1998), con 10,6%, y con la misma tendencia a lo reportado por Benito *et al.* (2001). Incremento debido a la incorporación de nitrógeno de la urea y a la masa microbiana desarrollada durante la fermentación.

Valores superiores a los reportados por Magaña (1998) 8,05%, diferencias que pueden deberse a minerales incorporados o/y contaminación con suelo. Lo referente a cenizas se observa un ligero incremento de 10,2% promedio entre los tratamientos y el rastrojo picado crudo, incremento debido al aporte de minerales de la urea. Este efecto se ha observado en trabajos similares como (Acosta, *et al.*, 2012) en el que se redujo la materia orgánica en las dietas que contenían rastrojo de maíz tratado con urea.

5.2. FRACCIÓN FIBROSA

La fibra cruda obtenida tuvo un valor medio de 39,3%, mismo que no se modificó con los tratamientos debido a que el rastrojo utilizado fue de la misma madurez fisiológica sin embargo es ligeramente superior a lo reportado por Magaña (1998), que es 36,6%; diferencia que básicamente se debe a que éste autor utiliza la planta entera y no como rastrojo residuo de cosecha.

La FDA no presentó diferencias estadísticas con un promedio de 39,4% valor, similar al reportado por (Saavedra, *et al.*, 2013), que obtuvo 36,8% y concuerda con el tratamiento con urea y contenido ruminal que logró 36,8%; con una disminución de 6,5% en el T2 respecto al promedio, disminución debido a la acción del jugo gástrico y que concuerdan con la tendencia reportada (Kung, *et al.*, 1993); sin embargo, estos valores están muy por debajo a lo reportado por (Acosta, *et al.*, 2012), con 46,5%, y (Martins, *et al.*, 2006) con 45,9%; que puede deberse a las condiciones fisiológicas del rastrojo.

La lignina no mostró diferencia significativa entre los tratamientos cuyo promedio fue 5,5 y es ligeramente inferior de lo reportado por Magaña (1998) que obtuvo 6,63; sin embargo se encuentra dentro del rango de 5,5 y 7,7 que se establece para un buen ensilado de maíz como lo reporta Villeda (2011), lo que denota mejor calidad nutricional del producto obtenido en la presente investigación con la inclusión de contenido ruminal.

La fibra detergente neutra presentó diferencia entre el tratamiento control y el tratamiento con urea más contenido ruminal, con una disminución del 11%; entre el tratamiento testigo y, con el tratamiento con urea no existe diferencia, así como tampoco entre el tratamiento con urea y el tratamiento urea más contenido ruminal. El rango obtenido de 64 a 71,9 de FDN, es un poco menor al logrado por (Martins, *et al.*, 2006) que presenta valores de 72,8 a 76,7, pero similar a lo obtenido por Magaña (1998), que presenta valores de 67,8%; pero mayor al valor de 57,1 reportado por Bourillon (2011). Esto denota la variabilidad que existe en las diferentes investigaciones que pueden deberse a que el NH₃ solubilizó parte de la hemicelulosa, lo que hace más disponible el contenido celular.

El contenido estimado de hemicelulosa (FDN – FDA), los valores más altos ($P=0,02$) se obtuvieron en el rastrojo sin tratamiento (31,1%), mientras que, los valores más bajos de hemicelulosas (3,9% menos que el T1) se observaron en el rastrojo picado con urea más contenido ruminal (27,2%). La hemicelulosa obtenida por Magaña (2001) 27,0 corresponde al valor más bajo del rango de esta investigación (27,2 a 31,1) que fue con urea más contenido ruminal.

En este trabajo se observó una reducción del 3% del contenido de FDN cuando se amonificó con urea al 1,5% y 7,9% cuando se lo realizó con urea más contenido

ruminal, valores que concuerdan con Saavedra *et al* (2013), que amonificó rastrojo de maíz con urea al 3% y logró una reducción del 7% de FDN. Además, en trabajos con otras materias primas y residuos agrícolas se ha observado un efecto similar de la urea sobre la solubilización de la FDN (Rodríguez *et al.*, 2002). La reducción que básicamente se debe a la solubilización de la hemicelulosa por efectos del NH_4 que genera la urea, y que es de carácter alcalino.

6. CONCLUSIONES

- La adición de urea y contenido ruminal en el ensilaje de rastrojo de maíz incrementa de manera significativa el contenido de proteína cruda; sin embargo los valores de proteína verdadera no presentan la misma tendencia.
- La aplicación de contenido ruminal y urea en el ensilaje de rastrojo de maíz ayuda a solubilizar los carbohidratos estructurales (principalmente hemicelulosa), lo que permite mejorar la digestibilidad, aporte energético y valor nutritivo de este residuo agrícola.
- Las fracciones de lignina y celulosa del rastrojo de maíz no se ven afectadas por los tratamientos con urea y contenido ruminal

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con nuevos trabajos de investigación, orientados a utilizar contenido ruminal, de tal forma que permitan mejorar el valor nutricional de los subproductos y reducir los costos de producción.
- Realizar combinaciones de rastrojos de gramíneas con leguminosas que permita mejorar la calidad nutricional de los alimentos.
- Fomentar en los ganaderos la utilización de rastrojos tanto fermentados como ensilados para un mayor aprovechamiento de subproductos agropecuarios en alimentación de animales y reducir el impacto ambiental de la eliminación de los coproductos agrícolas.
- Valorar otros subproductos agrícolas de bajo contenido nutricional con la inclusión de urea y contenido ruminal, que permita ampliar las potencialidades alimenticias en épocas de escasas de pastos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E., Ortega, M., & Martínez, G. (2012). Rastrojo de Maíz tratado con urea y Metionina. *Interciencia*, 395-399.
- Aguinaca, R. (2014). Dinámica productiva agrícola: la estructura y funcionamiento de los sistemas de producción de los agricultores de las parroquias Del noroccidente Del cantón Loja, Ecuador (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Plata. Argentina
- Bach, Á., y Calsamiglia, S. (2006). La Fibra en los Rumiantes: ¿Química y Física? Obtenido de http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf
- Bourillon, A. (2011). Alimentación de Bovinos con rastrojo de piña. *UTN Informa*, 16-20.
- Calsamiglia, S. (1997). Nuevas Bases para la Utilización de la Fibra en Dietas para Rumiantes Obtenido http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes.pdf
- Cubero, J.F., Rojas, A., Wingching, R. (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense* 34(2): 237-250.
- Cruz, J. y Nieuwenhuys, A. 2008. El Establecimiento y Manejo de Leguminosas Arbustivas en Bancos de Proteína y Sistemas en Callejones, 1era edición, Turrialba Costa Rica: CATIE.
- Chalupa, W. 1979. Chemical control of rumen microbial metabolism. In: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Ruckebush Y., and P. Thivend (eds). Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology. MTP Press Limited, Lancaster, England. pp: 325-347
- Church, D.C. (1989). *The Ruminant Animal*. O y B Books, NJ. Clin. Nutr. 25, 926-932
- ESPAC. 2015. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. INEC. Quito-Ecuador.

- Feng, P., C. W. Hunt G. T. Pritchard, and W. E. Julien. 1996. Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool - season grass forage in beef steers. *J. Anim. Sci.* 74: 1349-1357.
- Fuentes J., Magaña C., Suárez L., Peña R., Rodríguez S y Ortiz de la Rosa B. 2001. Análisis Químico y digestibilidad "in vitro" del rastrojo de maíz (*Zea maíz L.*) *Agronomía Mesoamericana* 12(2):189-192
- Hall, M. B, Hoover, W. H, Jennings, J. P, Miller, 1999. Los conocimientos tradicionales; Webster. Un método para detergente neutro partición carbohidratos solubles. *Science Journal Agricultura y la alimentación*, 79:2079
- INAMHI, 2001. Estudio sobre el cambio climático, Detección de cambio climático en el Ecuador. www.inamhi.gov.ec/meteorologia/ecambio.htm
- Kung L., Chen J., Kreck E., Kinutsen K. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76(12):3763-3770.
- Magaña, C. (1998). Análisis Químico y Digestibilidad in vitro de Rastrojo de Maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 189-192.
- Martínez, R. y Herrera, S. 2005. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. In Herrera, S. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. Pp. 221-241.
- Martins, D., & Olivera, L. (2006). *Producción Animal*. INIA - Nº 7, 5-8.
- Manterola, H., D. Cerda, y J. Mira 1999. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 222 p.
- Mertens, D. R. (1987). Física Efectiva FDN y su uso en la Formulación de Raciones para Vacas Lechera. *Journal Animal Science*, 64:1548
- Ministerio de coordinación de la producción empleo y competitividad. (2011). *Agendas para la transformación productiva territorial: Provincia de Loja*. Recuperado de <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-LOJA.pdf>
- Palladino, A., M. Wawrzkievicz y F. Bargo. 2006. La fibra. *Infortambo*. 202: 82-84

- Rodríguez, N., Araujo, O., González, B., Vergara, J. (2002), Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. Arch. Latino am. Prod. Anim. 2002. 10(1): 7-13.
- Saavedra, C., Miguel, O., & Navas, A. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos. Revista Ciencia Animal, (6), 99-108.
- Van Soest, P. J. y Wine, R. H. (1968). Determination of Lignin and Cellulose in Acid Detergent Fiber with Permanganate. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 51: 780-785.
- Van Soest P. J. Robertson J. B., Lewis B. A. (1991). Métodos de Fibra Dietética, Detergente Neutro, de Fibra y los Polisacáridos sin Almidón en relación a la alimentación animal. Journal of Dairy Ciencia, 74:3583-3597
- Villeda, A. (2011). Efecto de la inclusion de 3 niveles de Contenido ruminal de bovinos en el ensilaje de Maíz (Tesis de Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 1999. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 391-403.
- Yescas-Yescas R. Bárcena-Gama R. Mendoza-Martínez G.D. González-Muñoz S.S. Cobos-Peralta M. y Ortega Cerrilla M.E. 2004. Digestibilidad in situ de Dietas con Rastrojo de Maíz o Paja de Avena con Enzimas Fibrolíticas. Agrociencia 38: 23-31.

9. ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

a. Fibra Neutro Detergente

Procedimiento Mixed							
Información del modelo							
Conjunto de datos		WORK.IMPORT2					
Variable dependiente		FND					
Estructura de covarianza		Componentes de varianza					
Método de estimación		REML					
Método de varianza del residual		Perfil					
Método SE de efectos fijos		Basado en el modelo					
Método de grados de libertad		Contención					
Diferencias de medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
TTO	T1	T2	3.0082	3.0213	6	1.00	0.3578
TTO	T1	T3	7.9284	3.0213	6	2.62	0.0394
TTO	T2	T3	4.9201	3.0213	6	1.63	0.1545

b. Fibra Detergente Ácido

Procedimiento Mixed							
Información del modelo							
Conjunto de datos		WORK.IMPORT2					
Variable dependiente		FDA					
Estructura de covarianza		Componentes de varianza					
Método de estimación		REML					
Método de varianza del residual		Perfil					
Método SE de efectos fijos		Basado en el modelo					
Método de grados de libertad		Contención					
Test de tipo 3 de efectos fijos							
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F			
TTO	2	6	1.62	0.2733			
Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t	
TTO	T1	40.8459	1.7133	6	23.84	<.0001	
TTO	T2	40.2442	1.7133	6	23.49	<.0001	
TTO	T3	36.8005	1.7133	6	21.48	<.0001	

c. Lignina

Procedimiento Mixed						
Información del modelo						
Conjunto de datos	WORK.IMPORT2					
Variable dependiente	Lignina					
Estructura de covarianza	Componentes de varianza					
Método de estimación	REML					
Método de varianza del residual	Perfil					
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo					
Método de grados de libertad	Contención					

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	2	6	0.48	0.6426

Medias de mínimos cuadrados						
Efecto	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
TTO	T1	5.6546	0.2098	6	26.95	<.0001
TTO	T2	5.5252	0.2098	6	26.34	<.0001
TTO	T3	5.3655	0.2098	6	25.58	<.0001

d. Fibra Neutra Detergente - Fibra Detergente Acida

Procedimiento Mixed						
Información del modelo						
Conjunto de datos	WORK.IMPORT2					
Variable dependiente	FND_FDA					
Estructura de covarianza	Componentes de varianza					
Método de estimación	REML					
Método de varianza del residual	Perfil					
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo					
Método de grados de libertad	Contención					

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	2	6	7.63	0.0225

Medias de mínimos cuadrados						
Efecto	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
TTO	T1	31.0496	0.7094	6	43.77	<.0001
TTO	T2	28.6430	0.7094	6	40.38	<.0001
TTO	T3	27.1666	0.7094	6	38.29	<.0001

e. Fibra Neutro Detergente - Lignina

Procedimiento Mixed						
Información del modelo						
Conjunto de datos	WORK.IMPORT2					
Variable dependiente	FND_Lignina					
Estructura de covarianza	Componentes de varianza					
Método de estimación	REML					
Método de varianza del residual	Perfil					
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo					
Método de grados de libertad	Contención					
Test de tipo 3 de efectos fijos						
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F		
TTO	2	6	3.57	0.0952		
Medias de mínimos cuadrados						
Efecto	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
TTO	T1	66.2409	2.0420	6	32.44	<.0001
TTO	T2	63.3620	2.0420	6	31.03	<.0001
TTO	T3	58.6016	2.0420	6	28.70	<.0001

f. Fibra Acido Detergente - Lignina

Procedimiento Mixed						
Información del modelo						
Conjunto de datos	WORK.IMPORT2					
Variable dependiente	FAD_Lignina					
Estructura de covarianza	Componentes de varianza					
Método de estimación	REML					
Método de varianza del residual	Perfil					
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo					
Método de grados de libertad	Contención					
Test de tipo 3 de efectos fijos						
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F		
TTO	2	6	1.68	0.2628		
Medias de mínimos cuadrados						
Efecto	TTO	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
TTO	T1	35.1913	1.5769	6	22.32	<.0001
TTO	T2	34.7190	1.5769	6	22.02	<.0001
TTO	T3	31.4350	1.5769	6	19.93	<.0001

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE TRABAJO DE CAMPO



Foto 1. Preparación de la muestra para análisis bromatológicos



Foto 2. Determinación de materia seca



Foto 3. Determinación de fibra cruda

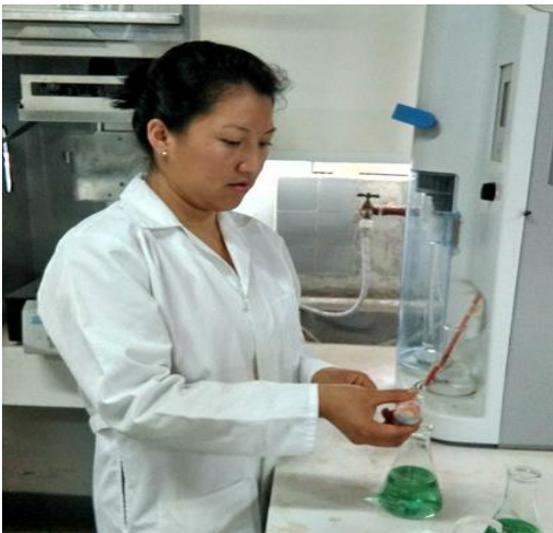


Foto 4. Determinación de proteína y grasa

ANEXO 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS

Datos Rodrigo		Datos en %									
Clase de muestra	Materia seca	Cz.	E.E.	P.C.	F.C.	FDN	FDA	% LAD/MS	Kcal	P.V	
14	Taralla de Maíz Amiláceo - Purunuma T1	100	6,58	3,86	5,24	41,13%	70,04	39,97	5,46	4.507,09	3,67%
15	Taralla de Maíz Amiláceo Purunuma Lagunas T2	100	6,52	3,96	5,08	42,15%	72,97	41,43	5,84	4.551,52	3,51%
16	Taralla de Maíz Amiláceo Purunuma - Lagnas T3	100	6,78	4,09	4,78	38,61%	72,68	41,13	5,66	4.522,31	3,53%
17	Taralla de Maíz Amiláceo - Purunuma T1-1, Ensilado 25 días	100	6,80	3,83	9,66	40,01%	69,09	41,03	5,71	4.502,22	3,91%
18	Taralla de Maíz Amiláceo - Purunuma T1-2, Melaza, Urea y Rumen.	100	6,68	2,57	9,01	38,72%	66,59	39,49	5,63	4.532,45	3,72%
19	Taralla de Maíz Amiláceo - Lagunas- Purunuma T2-1, Ensilado 25 días	100	7,12	2,55	10,21	41,07%	68,09	40,51	5,90	4.515,85	3,95%
20	Taralla de Maíz Amiláceo - Lagunas- Purunuma T2-2, Melaza, Urea y Rumen.	100	7,18	2,62	10,21	36,11%	68,38	39,87	5,49	4.583,33	3,71%
21	Taralla de Maíz Amiláceo - Lagunas- Purunuma T3-1, Ensilado 25 días	100	6,75	2,58	9,10	37,75%	69,48	39,19	4,97	4.544,65	4,10%
22	Taralla de Maíz Amiláceo - Lagunas- Purunuma T3-2, Melaza, Urea y Rumen.	100	7,14	2,75	9,99	38,69%	56,93	31,04	4,98	4.535,56	3,84%
23											

Nota: Base Seca, M.S.= Materia Seca, Cz, E.E.= Extracto etéreo, P.C.= Proteína Cruda, F.C= Fibra Cruda, FDN= Fibra Neutra Detergente, FDA=Fibra Acido Detergente