

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS**  
**NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**1859**

**“EFECTO DE LA UREA Y EL HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL**  
**MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE LA TARALLA DE**  
**MAÍZ (*Zea mays*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE**  
**RUMIANTES”**

Tesis de grado previa a la obtención del título de  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**AUTOR**

Jorge Andrés Córdova Vivanco

**DIRECTOR**

Dr. Luis Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR**

2019

## CERTIFICACIÓN

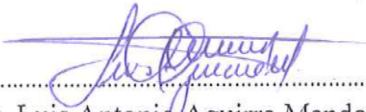
Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

### CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado “Efecto de la urea y el hidróxido de sodio en el mejoramiento del valor nutritivo de la taralla de maíz (*Zea mays*) para uso en la alimentación de rumiantes” de la autoría del Señor Egresado: **Jorge Andrés Córdova Vivanco**, previo a la obtención del título de Médico Veterinario 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, 26 de noviembre del 2018

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

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

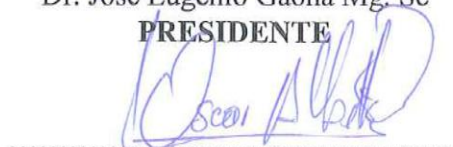
Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado **“EFECTO DE LA UREA Y EL HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE LA TARALLA DE MAÍZ (*Zea mays*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”**, del Sr. egresado Jorge Andrés Córdova Vivanco, 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: **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**.

**APROBADA**

Loja, 05 de febrero de 2019



Dr. José Eugenio Gaona Mg. Sc  
**PRESIDENTE**



Ing. Oscar Albito Balcázar Mg. Sc  
**VOCAL**



Dr. Edwin Mizhquero Rivera Mg. Sc  
**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, **Jorge Andrés Córdova Vivanco**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis que ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva 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; los conceptos, ideas, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el desarrollo del presente trabajo de investigación, son de absoluta responsabilidad de su autor.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación del presente Informe de Tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**AUTOR:** Jorge Andrés Córdova Vivanco

**FIRMA:** 

**CEDULA:** 1104582711

**FECHA:** Loja, 07 de febrero del 2019

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

Yo, Jorge Andrés Córdova Vivanco, declaro ser el autor de la tesis titulada: **“EFECTO DE LA UREA Y EL HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE LA TARALLA DE MAÍZ (*Zea mays*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”**, como requisito para optar al grado de: **Médico Veterinario Zootecnista**; autorizo al 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 (RDI):

Los usuarios podrán consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tengan 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 siete días del mes de febrero del dos mil diecinueve, firma el autor.

**Firma:**



**Autor:**

Jorge Andrés Córdova Vivanco

**C.I.:**

1104582711

**Dirección:**

Loja, La Inmaculada

**Correo Electrónico:**

jorgitojac@hotmail.com

**Celular:**

0983693637

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:**

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:**

Dr. José Eugenio Gaona Mg.Sc (PRESIDENTE)

Ing. Oscar Albito Balcázar Mg. Sc (VOCAL)

Dr. Edwin Mizhquero Rivera Mg. Sc (VOCAL)

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar el presente trabajo investigativo agradezco a Dios por permitirme terminar esta etapa de mi vida. A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, igualmente a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que me dio la posibilidad de estudiar, formarme, y alcanzar mis anhelos de ser un profesional de la Medicina Veterinaria y Zootecnia.

A todos sus distinguidos Catedráticos por haberme compartido sus sabios conocimientos y enseñanzas, y de manera muy especial al Dr. Luis Aguirre Mendoza, quien, con su capacidad intelectual y calidad humana, supo brindarme sus conocimientos científicos-técnicos que permitieron concluir con éxito la presente investigación.

Al Ing. Vicente Apolo, por su enseñanza y contribución en el trabajo de laboratorio.

A mis padres, y a todos mis hermanos por la confianza y el apoyo brindado en cada momento.

Jorge Córdova

*Autor*

## **DEDICATORIA**

Con el corazón lleno de alegría y emoción, dedico este trabajo de tesis primeramente a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. A mis queridos padres, Jorge y Rosa, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, y sobre todo por el sin número de consejos brindados que me han permitido ser una mejor persona.

A mis hermanos, familiares y amigos por su cariño y apoyo incondicional.

Jorge Córdova

*Autor*

## INDICE GENERAL

Contenido	Pag.
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>III</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>IV</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA: LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VII</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>X</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIII</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. El MAÍZ ( <i>Zea mays</i> ) .....	3
2.1.1. Producción de maíz en el Ecuador .....	5
2.1.2. Residuos del cultivo de maíz .....	6
2.2. MEJORAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS .....	7
2.2.1. Procesos Químicos.....	7
2.2.2. Subproductos y Residuos Agrícolas aptos para Amonificar .....	8
2.2.3. Uso de la Urea .....	9
2.2.4. Uso de Hidróxido de Sodio .....	9
2.2.5. Proceso de Amonificación .....	10
2.2.6. Ventajas y desventajas de la amonificación.....	11
2.3. USO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES. ....	11
2.3.1. Bovinos de Carne .....	12
2.3.2. Vacas Lecheras.....	13
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>



3.1.	MATERIALES .....	15
3.1.1.	Materiales de campo .....	15
3.1.2.	Materiales de laboratorio.....	15
3.1.3.	Materiales de Oficina.....	15
3.2.	MÉTODOS.....	16
3.2.1.	Ubicación .....	16
3.2.2.	Unidades Experimentales .....	16
3.2.3.	Obtención del material experimental .....	16
3.2.4.	Descripción de los Tratamientos .....	16
3.2.5.	Diseño Experimental .....	17
3.2.6.	Procedimiento Experimental.....	17
3.2.7.	Variables de Estudio .....	18
3.2.8.	Toma y Registro de Datos .....	18
3.2.9.	Análisis Estadístico.....	22
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	23
4.2.	DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA .....	27
4.3.	CONTENIDO DE ENERGÍA .....	29
4.4.	FICHA DE COSTOS .....	30
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
5.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	31
5.2.	DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA .....	32
5.3.	CONTENIDO DE ENERGÍA .....	33
5.4.	COSTO DE PRODUCCIÓN .....	33
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>36</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional del maíz .....	4
<b>Tabla 2.</b> Contenido de macrominerales en el maíz. ....	4
<b>Tabla 3.</b> Contenido de microminerales y vitaminas en el maíz .....	5
<b>Tabla 4.</b> Composición de la urea.....	9
<b>Tabla 5.</b> Valores de pH y composición química de la taralla de maíz tratado con urea e hidróxido de sodio.....	23
<b>Tabla 6.</b> Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca del rastrojo de maíz con diferentes niveles de urea, e hidróxido de sodio.....	27
<b>Tabla 7.</b> Efecto de niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio sobre los parámetros de degradación ruminal <i>in situ</i> de la taralla de maíz. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Contenido de energía de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio .....	29

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág</b>
<b>Figura 1</b>	Valores de pH según el nivel de inclusión de urea e hidróxido de sodio en la taralla de maíz.....	23
<b>Figura 2</b>	Contenido de materia seca en la taralla de maíz tratada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.....	24
<b>Figura 3</b>	Contenido de cenizas de la taralla de maíz tratada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.....	24
<b>Figura 4</b>	Contenido de proteína cruda en la taralla de maíz tratada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.....	25
<b>Figura 5</b>	Contenido de fibra cruda en la taralla de maíz tratada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.....	26
<b>Figura 6</b>	Variación del contenido de materia seca y fibra cruda de la taralla de maíz mejorada con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio....	26
<b>Figura 7</b>	Variación del contenido de proteína cruda y cenizas de la taralla de maíz mejorada con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio ....	27
<b>Figura 8</b>	Cinética de degradabilidad in situ de la taralla de maíz mejorada con urea e hidróxido de sodio .....	28
<b>Figura 9</b>	Contenido de energía metabolizable de la taralla de maíz mejorada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.....	29

**“EFECTO DE LA UREA Y EL HIDRÓXIDO DE SODIO EN EL  
MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE LA TARALLA DE MAÍZ  
(*Zea mays*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”**

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó, con el propósito de evaluar el efecto de la urea y el hidróxido de sodio (NaOH) en el mejoramiento del valor nutritivo de la taralla de maíz (*Zea mays*) para uso en la alimentación de rumiantes. Se evaluaron tres niveles de urea (3, 6 y 9%) y tres niveles de NaOH (1, 2 y 3%), mediante diseño anidado, con siete tratamientos y tres repeticiones. El tratamiento químico se realizó durante 21 días, en tubos de PVC con capacidad para 1 kg. Las variables evaluadas fueron: pH, Materia seca (MS), Cenizas (Cz), Proteína cruda (PC), Fibra cruda (FC), Digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS) y contenido de Energía (EM). Los resultados de los tratamientos químicos tanto de urea como de NaOH mostraron variación ( $P=0,0003$ ) en el pH, con valores cercanos a la alcalinidad; el contenido de MS, no presentó diferencia estadística; mientras que las cenizas se incrementaron ( $P\leq 0,0001$ ) de 9,98% a 13,25%, al igual que la proteína cruda, que varió de 6,77% a 12,69%; en tanto el contenido de fibra cruda disminuyó ( $P\leq 0,0001$ ) de 46,98% a 37,02%, en correspondencia con los niveles de inclusión de urea e hidróxido de sodio. La Digestibilidad *in situ* de la MS varió de 29,29% a 56,38%, provocando incremento en el contenido energético que fluctuó de 0,77 en el control a 1,89 Mcal/kg en el tratamiento siete (3% de NaOH). Se concluye que la adición de urea e hidróxido de sodio, permitió mejorar el valor nutritivo de la taralla de maíz, con marcado incremento de la proteína cruda y energía; lo que podría facilitar su uso como complemento en la alimentación de rumiantes.

**Palabras Clave:** residuos agrícolas, amonificación, nutrientes, digestibilidad, energía.

## SUMMARY

The present work was carried out with the purpose of evaluating the effect of urea and sodium hydroxide (NaOH) in the improvement of the nutritional value of corn tarala (*Zea mays*) for use in ruminant feed. Three levels of urea (3, 6 and 9%) and three levels of NaOH (1, 2 and 3%) were evaluated by nested design, with seven treatments and three repetitions. The chemical treatment was carried out for 21 days, in PVC tubes with a capacity of 1 kg. The evaluated variables were: pH, Dry matter (MS), Ash (Cz), Crude protein (PC), Raw fiber (FC), Digestibility in situ of the MS (DISMS) and Energy content (EM). The results of the chemical treatments of both urea and NaOH showed variation ( $P = 0.0003$ ) in the pH, with values close to the alkalinity; the content of MS, did not present statistical difference; whereas the ashes increased ( $P \leq 0.0001$ ) from 9.98% to 13.25%, as did the crude protein, which varied from 6.77% to 12.69%; while the crude fiber content decreased ( $P \leq 0.0001$ ) from 46.98% to 37.02%, in correspondence with the inclusion levels of urea and sodium hydroxide. The Digestibility in situ of the MS varied from 29.29% to 56.38%, causing an increase in the energy content that fluctuated from 0.77 in the control to 1.89 Mcal / kg in the treatment seven (3% of NaOH ). It is concluded that the addition of urea and sodium hydroxide allowed to improve the nutritional value of corn taralla, with a marked increase in crude protein and energy; which could facilitate its use as a supplement in the feeding of ruminants.

**Keywords:** agricultural waste, ammonification, nutrients, digestibility, energy.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador al igual que en todos los países tropicales, la producción bovina en su mayor parte se desarrolla en sistemas de pastoreo, caracterizados por rápido crecimiento durante la época de lluvias y la pérdida de peso durante la época seca. La magnitud de estas variaciones se relaciona con la disponibilidad y calidad de forrajes (Coca, 2012).

En la provincia de Loja, la actividad agrícola con cultivos como el maíz, arroz, maní, café, caña y yuca; generan grandes cantidades de residuos, que no se utilizan de manera adecuada, por lo que pueden constituir fuentes de contaminación ambiental. Según la FAO (2015) los residuos de cosecha se consideran materiales fibrosos de baja calidad nutritiva, con menos del 5% de proteína, baja digestibilidad y pobre aporte de energía; lo que limita su uso en la alimentación animal.

La taralla de maíz es un residuo de pobre valor nutritivo, contiene 85% Materia seca; 29,5% de fibra cruda; 6,1% de cenizas; 5,4% de proteína cruda y aporta 1,75 Mcal de energía metabolizable por kg de materia secan (FAO, 2015); sin embargo, la aplicación de procedimientos físicos, químicos o biológicos, pueden contribuir a mejorar su valor nutritivo y facilitar su uso en la alimentación de rumiantes.

La amonificación es un proceso químico, en el que se utilizan algunos compuestos como: amonio anhidro ( $\text{NH}_3$ ), hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) y urea, como fuentes de amoníaco (Rodríguez et al., 2002). El objetivo de la amonificación es mejorar la digestibilidad y con ello el valor nutritivo de los residuos lignocelulósicos; mediante mecanismos químicos en los que el nitrógeno no proteico, al transformarse en amoníaco, hidroliza los enlaces glucosídicos de los polisacáridos que conforman las paredes celulares y ponen a disposición moléculas más sencillas, que luego pueden ser utilizadas como fuentes de energía (Martínez *et al.*, 2005).

Con estos antecedentes la presente investigación se orientó a evaluar el efecto de niveles de urea e hidróxido de sodio en el mejoramiento del valor nutritivo de la taralla de maíz (*Zea mays*) y de esta manera facilitar su uso en la alimentación de

rumiantes, especialmente durante la época de mayor escases de forrajes. Para lograr este propósito se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de la urea e hidróxido de sodio en la composición bromatológica de la taralla de maíz.
- Determinar el efecto de diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio sobre la digestibilidad y contenido energético de la taralla de maíz
- Establecer los costos de los tratamientos evaluados



## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El MAÍZ (*Zea mays*)

El maíz es una especie monocotiledónea anual, con sistema radicular fibroso y sistema caulinar con pocos macollos; las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta forman una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas, que servirá como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina (Alapin, 2008).

#### **Raíz**

Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta, sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del cuello y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

#### **Tallo**

Es simple erecto, de elevada longitud, pudiendo alcanzar los 4 m. de altura es robusto y sin ramificaciones.

#### **Hojas**

Son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades.

#### **Inflorescencia**

El maíz es de inflorescencia monoica, con inflorescencia masculina y femenina, separada dentro de la misma planta.

#### **Fruto**

Es una mazorca compuesta de múltiples granos.

## Semillas

Los granos están estructurados por una capa externa o pericarpio de consistencia dura, el embrión está conformado por la radícula y plúmula. (INFOAGRO, 2015).

**Tabla 1.** Composición nutricional del maíz

<b>Composición</b>	<b>Unidad (%)</b>
Humedad	13.6
Cenizas	1.1
Proteína Bruta (PB)	7.3
Extracto Etéreo (EE)	3.3
Grasa verdadera (%EE)	90
Fibra Bruta (FB)	2.1
Fibra Detergente Neutra (FND)	9.0
Fibra Detergente Ácida (FAD)	2.8
Lignina Detergente Ácida (LAD)	0.7
Almidón	63.8
Azúcares	1.7

**Fuente:** (FEDNA, 2016)

**Tabla 2.** Contenido de macrominerales en el maíz.

<b>Mineral</b>	<b>Unidad (%)</b>
Ca	0.03
P	0.25
Pfítico	0.20
Pdisp.	0.05
Pdisp. Av	0.07
Pdisp. Porc	0.06
Na	0.01
Cl	0.05
Mg	0.10
K	0.29
S	0.13

**Fuente:** (FEDNA, 2016)

**Tabla 3.** Contenido de microminerales y vitaminas en el maíz

<b>Mineral</b>	<b>Unidad (mg/kg)</b>
Cu	4
Fe	28
Mn	7
Zn	24
Vit E	21
Biotina	0.07
Colina	500

**Fuente:** (FEDNA, 2016)

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo de 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 % (Castro, 2016)

### **2.1.1. Producción de maíz en el Ecuador**

En el Ecuador, el maíz duro constituye uno de los productos agrícolas más importantes, tanto para consumo humano como para la agroindustria. Siendo la agricultura el mayor componente del PIB del Ecuador (17.5%); la cadena del maíz representa el 3% del PIB agrícola, es el único cultivo con cobertura nacional con una superficie de siembra aproximada de 500 mil hectáreas; de las cuales, la mitad es maíz amarillo, que se cultiva en el litoral ecuatoriano; mientras que el otro 50% es maíz blanco de altura, que constituye la base de la dieta de la población rural andina.

Bajo el enfoque de cadenas productivas, la del maíz duro comprende a los productores agrícolas, a las industrias fabricantes de alimentos balanceados y snacks y al sector avícola. Este cultivo representa alrededor del 2% del PIB agrícola nacional, con una inversión total, de alrededor de 900 millones de dólares (Quiroz y Merchán, 2016).

En Ecuador, al igual que en el mundo, este tipo de grano es uno de los cultivos más importantes, se lo produce en 21 provincias y de forma mayoritaria o extensiva en

Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja, en ese orden de importancia según el III Censo Nacional de Agropecuario 2000 (Sumba, 2013).

En el Ecuador el rendimiento nacional fue de 5,41 t/ha para el invierno de 2015. La provincia de mayor rendimiento fue Los Ríos con 6,03 t/ha. En promedio la superficie sembrada por agricultor fue de 4,22 hectáreas. La densidad fue de 42,000 plantas por hectárea, la mayoría de productores utilizaron la variedad Trueno NB 7443, además, el 90% usan semilla certificada. A nivel nacional el 71% de los productores de maíz percibieron a las plagas y/o enfermedades como el principal problema que afecta su productividad, donde el gusano cogollero tuvo mayor impacto según el 70% de los agricultores. La cobertura de los programas de fomento productivo fue del 52% que incidió para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz (Castro, 2016).

### **2.1.2. Residuos del cultivo de maíz**

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). 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 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 buena fuente energética para los rumiantes, (Quizhpe, 2018).

La taralla de maíz presenta bajo contenido de lignina, lo que la 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. La tasa de degradación de la materia seca a nivel del rumen es baja y lenta, alcanzando niveles del 22%, lo que afecta el consumo (Josifovich, J. 2016)

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 (Bargo, F. 2006).

## **2.2. MEJORAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS**

Se han investigado varios procesos físicos (calor, presión), químicos (amonificación) y biológicos (fermentación) para mejorar el valor nutritivo de residuos fibrosos.

### **2.2.1. Procesos Químicos**

La amonificación es un proceso químico, en el que se utilizan algunos compuestos como: amonio anhidro ( $\text{NH}_3$ ), hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) y urea, como fuentes de amoniaco (Rodríguez *et al.*, 2002). El objetivo de la amonificación es mejorar la digestibilidad y con ello el valor nutritivo de los residuos lignocelulósicos; mediante mecanismos químicos en el nitrógeno no proteico, al transformarse en amoniaco, hidroliza los enlaces peptídicos de los polisacáridos que conforman las paredes celulares y ponen a disposición moléculas más sencillas, que luego pueden ser utilizadas como fuentes de energía (Martínez *et al.*, 2016).

Varios estudios (Rodríguez *et al.*, 2002; Saavedra *et al.*, 2013) han demostrado que la amonificación contribuye a mejorar la calidad nutricional de materiales con altos contenidos de fibra; mediante el incremento del contenido de proteína bruta y la alteración de la estructura química de los componentes de la pared celular (celulosa y hemicelulosa); lo que a su vez propicia una mayor tasa de fermentación ruminal, con incremento de la digestibilidad y consumo de materia seca en rumiantes.

La amonificación de rastrojo consiste en la aplicación de agua con urea sobre los pastos maduros y/o rastrojos de cosecha y su posterior almacenamiento hermético para mejorar la forma en que éstos puedan ser aprovechados por el animal.

Los rastrojos de cosechas y pastos maduros han demostrado ser una alternativa de alimentación para la época seca, cuando escasean los forrajes de buena calidad. Los

rastrojos de cosecha son los residuos fibrosos de la producción de cereales que quedan en el campo luego de obtener el producto final (Palma *et al.*, 2015).

La amonificación es una opción que permite al pequeño productor mejorar la calidad nutricional del material, así como usar los insumos de mayor disponibilidad, menor precio y facilidad de manipulación, (Cárdenas, 2011).

### **2.2.2. Subproductos y Residuos Agrícolas aptos para Amonificar**

Los tallos, espigas y hojas sobrantes después de la cosecha y de la trilla de todos los cereales y semillas de pastos (tamos), los residuos de flores ornamentales, las leguminosas u otros cultivos de cobertura, el follaje producido por el rebrote de algunos cereales (socas) y la siembra directa de algunos cereales para forraje, pueden ser pastoreados, ser cosechados y picados para su suministro frescos o ser secados para elaborar heno de residuos de cultivos como el arroz, sorgo, maíz, trigo, cebada o avena.

Estos henos pueden ser luego amonificados para mejorar su calidad nutritiva. La tuza (olote) y el capacho de maíz molidos y las tortas y cascarillas de oleaginosas como algodón, soya, girasol, maní, ajonjolí y palma africana, pueden utilizarse solos o ser mezclados con las otras fuentes, para reducir el contenido de humedad y/o la densidad de los materiales a ser amonificados, como suplementos (Botero, 2011)

Benítez, (2013), señala que los residuos de cosecha amonificados tienen potencial en la alimentación de rumiantes; sin embargo, observó diferencias en la calidad nutricional del forraje conforme avanza el estado fenológico del cultivo y la recuperación en un grado aceptable del residuo de cosecha a través del proceso de amonificación.

#### **2.2.2.1. Características de los rastrojos para amonificación**

Bajo contenido en proteína, menos del 5%.

Alto contenido de fibra (mayor del 65%), principalmente lignina (mayor del 10%).

Baja digestibilidad (menor del 50%)

Consumo voluntario limitado

Para que se puedan utilizar con más eficiencia en la alimentación animal, es necesario mejorar la calidad nutricional de estos productos mediante la amonificación con el fin de aumentar su digestibilidad y el consumo voluntario (Palma *et al.*, 2015).

### 2.2.3. Uso de la Urea

Bargo, F. (2006), la urea es una pequeña molécula orgánica compuesta por carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Es un constituyente común de la sangre y otros fluidos corporales. Se forma del amoníaco en el riñón e hígado, que se produce por la descomposición de las proteínas durante el metabolismo. Mientras que el amoníaco es muy tóxico la urea no y puede estar en altos niveles sin causar alteraciones. La conversión de amoníaco a urea, primariamente en el hígado, previene la toxicidad del amoníaco siendo excretada por orina.

La adición de urea en las dietas basadas en pastos picados y pajas molidas ha incrementado la tasa de ganancia de peso en bovinos. Esto se atribuye a una mayor concentración de amoníaco ruminal que favorece el crecimiento y desarrollo de las bacterias que degradan la fibra de los forrajes, así como la presencia de una fuente de energía de alta disponibilidad que intensifica la actividad bacteriana (Ayala y Tún, 2001).

**Tabla 4.** Composición de la urea

Elemento	Unidad (%)
Nitrógeno	46,4
Biuret	0,550
Agua	0,250
Amonio libre	0,008
Ceniza	0,003
Hierro	0,003

**Fuente:** Alcázar 1997.

### 2.2.4. Uso de Hidróxido de Sodio

A partir de la decada de los 70 el de mayor uso es el hidroxido de sodio (NaOH), el cual esta asociado con la solubilizacion parcial de la hemicelulosa, lignina, sílice, la hidrólisis de acido uronico y ésteres de ácido acético. También se piensa que el

tratamiento con álcali rompe intramolecularmente los enlaces de hidrógeno de la celulosa.

La utilización del hidróxido de sodio consiste en tratar los esquilmos con sustancias alcalinas (hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y otros) para solubilizar la fibra, mejorar su degradación ruminal y aumentar la cantidad de nutrientes que el animal puede digerir. En general, el hidróxido de sodio y el amoniaco anhidro dan buenos resultados y su uso es relativamente fácil.

En el método recomendado para granja se disuelven 4 kg de hidróxido de sodio en 200 litros de agua y con esa solución se asperjan uniformemente (con una aspersora o una regadera de jardín) 100 kg de paja picada o molida. Lo anterior se hace a temperatura ambiente y después de 24 a 48 horas el esquilmo tratado se puede proporcionar al ganado.

Otra manera de aplicar este tratamiento es preparar la solución (4 kg de hidróxido de sodio en 200 l) en un tanque de agua e introducir 100 kg de esquilmo (picado) durante un día; luego se seca al sol y se da al ganado.

En ambos casos, se recomienda no usar más de 4 kg de hidróxido de potasio para tratar 100 kg de paja; dosis mayores a la señalada afectan el buen sabor del alimento, por lo que su consumo puede reducirse en detrimento del manejo en general.

El efecto principal del tratamiento de residuos de cosechas con sustancias alcalinas es un incremento en la digestibilidad de la pared celular y un aumento en la disponibilidad de sus componentes. Normalmente se ha encontrado que la digestibilidad de la materia seca y orgánica se elevan hasta un 25 %; sin embargo, si los rumiantes solamente reciben esquilmos tratados químicamente, la digestibilidad, consumo y respuesta productiva no cambia o puede ser menor porque hay mayor velocidad de paso del alimento a través del tubo digestivo, (Riquelme, 1999).

#### **2.2.5. Proceso de Amonificación**

Para realizar la amonificación se necesita contar con rastrojos o forrajes, urea, baldes, regadera o bomba de fumigar, plástico negro, agua, barril y un terreno adecuado para hacer el trabajo.



En cuanto a los rastrojos de maíz, se recolectarán las muestras en los primeros días postcosecha, lo cual ayuda a tener un mayor incremento de digestibilidad; con lo cual se obtiene un mayor porcentaje de ganancia tanto en peso como en producción de los animales.

#### **2.2.6. Ventajas y desventajas de la amonificación**

Una de las ventajas de la amonificación, es que se puede hacer con múltiples materiales, escogiendo los de mayor disponibilidad propia o ajena, estabilidad, seguridad y los de menor precio de compra-venta, manipulación, transporte y picado, puestos en el comedero, dependiendo de la distancia entre los sitios de abastecimiento y suministro (Alapin, 2008).

La amonificación permite no solo conservar, sino mejorar en forma sensible y rápida, la calidad nutricional de los productos tratados y almacenados mediante éste sistema. Además, los sistemas tradicionales de conservación y almacenamiento requieren de maquinaria e infraestructura sofisticadas y costosas, a las que la gran mayoría de los ganaderos no tienen acceso. Mientras que, el amonificado puede hacerse en forma artesanal, sencilla y de bajo costo y riesgo bioeconómico y ambiental (Botero, 2011).

Una desventaja es que existe el riesgo de que por el excesivo y continuo sobrecalentamiento del material amonificado húmedo, no compactado, almacenado herméticamente y expuesto al sol directo, se produzca la sustancia tóxica denominada Metil Imidazole, que causa incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los suplementos amonificados (Botero, 2008).

### **2.3. USO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES.**

En los últimos años, debido a las presiones económicas, ecológicas y a los nuevos conceptos en seguridad alimentaria, se ha buscado incentivar el uso de productos residuales agrícolas, frutícolas y hortícolas en la alimentación de ganado, no sólo como forma de maximizar la eficiencia en la utilización de los recursos y disminuir los costos de producción, sino también para reducir la competencia por alimento entre el hombre y el ganado.

Según la CEPAL, FAO e IICA (2014), se prevé que en los próximos diez años los precios internacionales de diversos productos agrícolas bajaran, con excepción de la carne bovina, porcina y de pescado, por lo que resulta necesaria la implementación de estrategias que mejoren la eficiencia en la producción, capten mayores fuentes de financiamiento e inversión e incentiven la actividad agropecuaria sostenible.

Una exitosa integración entre agricultura y ganadería aprovecha y promueve la complementariedad entre las actividades e impacta directamente sobre la producción y la eficiencia agroecológica. Los rumiantes son especialmente deseables debido a su habilidad para convertir el forraje, los residuos de alimentos y los cultivos con alto contenido de celulosa en productos y alimentos útiles (FAO, 2015). Al promover la implementación de sistemas mixtos e integrados entre agricultura y ganadería, más ricos en nutrientes, menos dependientes de los cambios e inestabilidad de los mercados y más sostenibles como fuente de trabajo e ingresos para la agricultura familiar, se requiere un mayor conocimiento que para los sistemas tradicionales de monocultivo (CEPAL, FAO e IICA, 2014).

### **2.3.1. Bovinos de Carne**

El rastrojo de maíz puede utilizarse en casi todas las categorías de vacunos de carne, 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 (Pérez., 2002).

El rastrojo de maíz, 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 (Sinclair, Wege, & Romero., 1992).

### **2.3.2. Vacas Lecheras**

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. 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 (Bragachini, Cattani, & Gallardo, 2008).

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. Las 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 (Rafaelli, 2014).

## **2.4. TRABAJOS RELACIONADOS**

Saavedra et al. (2013), en la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes alcanzó un incremento de proteína cruda de 3,4 % a 6,85 %, la FDN se redujo de 86 % a 80,2 %; al igual que la FDA, de 62,3 % a 54,1 %; mientras que la DIVMS se incrementó de 29 % a 43,3 % respecto al residuo de cosecha. Por su parte Bucardo y Ángeles (2001), evaluó el efecto de cuatro niveles de urea (7, 9, 11, 13) sobre la calidad nutritiva de la cascarilla de arroz” y obtuvo 90,44 % de materia seca con 7 % de urea, 15,45 % de proteína bruta con el 13 % de urea y 7,62 % con el 7%. Los porcentajes de fibra bruta y cenizas no presentaron diferencias significativas entre tratamiento. Así mismo Jimenez et al. (2010), evaluó los Efectos del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz en ovinos” mostrando una mejor digestibilidad y consumo, en los tratamientos de amonificación aérea, sobre el suelo y en poza de compostaje, además, la amonificación aérea y en poza de compostaje fueron mejores para la digestibilidad de proteína y fibra.

Rodríguez et al. (2002), estudió el efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola*”, encontrando 75,53 % de FDN, 37,05 % FDA, 32,56 % celulosa y 4,49 % de lignina utilizando el 6 % de urea, y significativamente 4,64 % de lignina al 3 % de urea; mientras que Yescas et al. (2004), analizó la digestibilidad in situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas”, no hubo diferencias ( $p>0.05$ ) en la digestibilidad in situ de MS, FDN y FDA para los cuatro tratamientos a 12, 24, 48

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIALES**

##### **3.1.1. Materiales de campo**

- ✓ Recipientes para toma de muestras
- ✓ Residuos de cosechas de maíz
- ✓ Urea
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Balanza (graduada en gramos)
- ✓ Picadora
- ✓ Fundas
- ✓ Saquillos
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Guantes
- ✓ Overol
- ✓ Botas
- ✓ Machete
- ✓ Cuchillo
- ✓ Fundas de papel
- ✓ Microsilos

##### **3.1.2. Materiales de laboratorio**

- ✓ Equipos para análisis químico proximal
- ✓ Balanza graduada en gramos
- ✓ Material de vidrio
- ✓ Reactivos para análisis bromatológico

##### **3.1.3. Materiales de Oficina**

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Hojas de papel boom
- ✓ Cuaderno de apuntes

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Ubicación**

La presente investigación se ejecutó en el cantón Chaguarpamba, ubicado en el Noroeste de la provincia de Loja. Los límites del Cantón son: al Norte los cantones Portovelo y Piñas de la provincia de El Oro, al Sur los cantones Olmedo y Paltas, al Este el cantón Catamayo y al Oeste el cantón Paltas

**Coordenadas Geográficas:** 79°, 38', 27" de longitud oeste y 3°, 52', 23" de latitud sur.

### **Condiciones Meteorológicas**

El cantón Chaguarpamba se encuentra a 1320 msnm, temperatura promedio de 18 a 24°C, precipitación anual de 1229 mm (GAD, 2015).

### **3.2.2. Unidades Experimentales**

Se trabajó con 21 microsilos elaborados en tubos de polietileno, con capacidad para 1 kg, cada microsilo constituyó una unidad experimental, que fue identificada de acuerdo al tratamiento.

### **3.2.3. Obtención del material experimental**

Basándose en lo que menciona López (2011), se seleccionó 10 fincas productoras de maíz, en cada finca, se tomó muestras de 5 kg, mediante el método los cinco de oro; las muestras se colocaron en bolsas de polietileno debidamente identificación y se llevaron a la finca "Punzara" de la Universidad de Loja. Se troceó y mezcló el material para facilitar la aplicación de los tratamientos químicos de acuerdo a los protocolos establecidos.

### **3.2.4. Descripción de los Tratamientos**

Se evaluó siete tratamientos de la siguiente manera:

**Tratamiento uno (control).** Consistió en el rastreo de maíz sin la inclusión de urea e hidróxido de sodio 0%.

**Tratamiento dos.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de urea al 3%

**Tratamiento tres.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de urea al 6%.

**Tratamiento cuatro.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de urea al 9%.

**Tratamiento cinco.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de hidróxido de sodio al 1%.

**Tratamiento seis.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de hidróxido de sodio al 2%.

**Tratamiento siete.** Consistió en la amonificación de rastrojo de maíz con la inclusión de hidróxido de sodio al 3%.

### **3.2.5. Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño anidado, con siete tratamientos y tres repeticiones.

### **3.2.6. Procedimiento Experimental**

El proceso de amonificación se realizó según la metodología de Cardona, (2002) de la siguiente manera:

- ✓ Picar la taralla de maíz a 2,6 cm
- ✓ Pesar la taralla 2 kg para cada tratamiento
- ✓ Pesar la urea y el hidróxido de sodio, de acuerdo a cada tratamiento.
- ✓ Diluir la urea y el hidróxido de sodio.
- ✓ Extender horizontalmente el material y aplicar las soluciones de acuerdo a los tratamientos.
- ✓ Colocar el material en los microsilos de PVC, sellándola herméticamente, para dejar reposar durante 21 días.
- ✓ Abrir los microsilos, extendiendo el material para eliminar el exceso de amoníaco, y obtener muestras de 500 g de cada tratamiento para análisis de laboratorio.

### 3.2.7. Variables de Estudio

- ✓ pH
- ✓ Materia seca (%)
- ✓ Cenizas (%)
- ✓ Proteína cruda (%)
- ✓ Fibra cruda (%)
- ✓ Digestibilidad *in situ* de la materia seca (%)
- ✓ Energía Digestible (Mcal/kg)

### 3.2.8. Toma y Registro de Datos

#### 3.2.8.1. pH

El pH se midió con potenciómetro digital portátil, previa dilución con agua destilada; para lo cual se pesó 5 g de muestra y se agregó 45 ml de agua destilada, se agitó y filtro en gasa, según metodología de Cárdenas (2011).

#### 3.2.8.2. Materia seca

Las bolsas con el material previamente lavado se colocaron en estufa a 65° C durante 48 horas, luego se sacaron y colocaron en desecador, para finalmente registrar su peso. La digestibilidad se determinó por diferencia de peso, mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{Q1 - Q2}{Q1} \times 100$$

Dónde:

D = Digestibilidad

Q1 = Peso antes de la incubación

Q2 = Peso después de incubación

#### 3.2.8.3. Cenizas

Pesar al 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada (m0) 2 gramos de muestra homogeneizada (m1). Precalcinar previamente la muestra en placa



calefactora, evitando que se inflame, luego colocar en la mufla e incinerar a 550 °C por 8 horas, hasta cenizas blancas o grisáceas. Pre enfriar en la mufla apagada y si no se logran cenizas blancas o grisáceas, humedecerlas con agua destilada, secar en el baño de agua y someter nuevamente a incineración.

Dejar enfriar en desecador y pesar (m2)

Mezclar cuidadosamente y completamente la muestra con la arena, mediante la varilla de vidrio. La ceniza se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$Cz = \frac{PCc - PCv}{Pms} \times 100$$

Dónde:

Cz = % de cenizas.

PCc = peso crisol + cenizas.

PCv = peso crisol vacío.

Pms = peso muestra seca.

#### **3.2.8.4. Proteína**

Preparación de la muestra

Moler las muestras a 1 o 2 mm de espesor

Pesar 300 mg de la muestra y colocar en los tubos digestores

Agregar 5 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>).

Agregar una pastilla catalizadora *Kjeldahl*.

#### **Digestión**

Colocar los tubos en el digestor y programar los siguientes tiempos:

150 °C x 30 minutos.

280 °C x 50 minutos.

400 °C x 60 minutos.

Dejar enfriar por el lapso de 1 hora

### **Destilación**

Colocar el tubo con la muestra digerida en el destilador por 4 minutos y recoger la solución destilada en un matraz de 250 ml

### **Titulación**

Llenar una bureta con una solución de ácido sulfúrico al 0.02 N (1000 ml de agua destilada con 2.8 ml de ácido sulfúrico).

Colocar 3 gotas de catalizador que contiene una solución de 100 ml de alcohol al 96% más 100 mg de Methyl Red y 75 mg de Bromocresol Green.

Dejar caer la solución de ácido sulfúrico en la solución destilada hasta que cambie al color rojo violeta (AOAC, 2005).

#### **3.2.8.5. Fibra cruda**

La determinación de fibra cruda se la realizó utilizando el método de digestión ácido/base, el cual consistió en pesar 2 g de muestra en un matraz, adicionando 200 ml de la solución de ácido sulfúrico a 0,255 N y luego se llevó a ebullición durante 30 minutos, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.

Seguidamente se añadieron 20 ml de hidróxido de sodio al 20 % en el matraz, y se dejó hervir por 30 minutos, así mismo manteniendo constante el volumen con agua destilada. Luego se filtró cada muestra y se dejó en la estufa durante 12 horas a 105 °C, después se dejó enfriar en el desecador y después se tomó su peso. Enseguida se los colocó en la mufla a 600 °C durante 3 horas, después se retiró y colocó en la mufla, y al final nuevamente se registró su peso.

Para el cálculo del porcentaje de fibra cruda se utilizó la siguiente fórmula (Ramírez, 2008):

$$F_c = \frac{(Pf + Cz) - Cz}{Pm} \times 100$$

Dónde:

Pf + Cz = peso de la fibra + cenizas.

Cz = peso de cenizas.

Pm = peso de la muestra.

### 3.2.8.6. Digestibilidad *in situ* de la materia seca

Previo a la incubación, las bolsas se lavaron con agua, jabón y cloro; se dejaron secar por 24 horas, se colocaron en estufa a 50 °C por 24 horas; se pesaron y registraron su peso (W1); después se agregó 5 g de muestra (W2). También se utilizaron bolsas vacías como factores de corrección (C1). Después de tener todas las bolsas preparadas se procedió a introducirlas en el rumen de los animales fistulados, donde permanecieron diferentes tiempos, comenzando por 72 horas, después 48, 24, 12, 6 y por último el tiempo cero de las tres repeticiones, este último solo se introdujo un rato, se burbujeó y se sacaron todas juntas al cumplirse las 72 horas; se lavaron y secaron en estufa, para su posterior registro de peso. La digestibilidad *in situ* de la materia seca, se determinó utilizando la siguiente fórmula (Morales, 2010):

$$\% DIS = 100 - \frac{[(W3 - (W1 \times C1))]}{W2} \times 100$$

Dónde:

W1 = peso de la bolsa.

W2 = peso de la muestra.

W3 = peso final de la muestra después de la digestión.

C1 = corrección de la bolsa (blanco) peso final entre peso inicial de la bolsa.

La degradabilidad ruminal acumulada en función del tiempo, se definió por la ecuación descrita por Ørskov et al. (1980):

$$Y = A + B (1 - e^{-ct})$$

Dónde:

Y = degradabilidad ruminal (%) al tiempo “t”.

A = intercepto de la curva de degradación en el tiempo 0. Representa el componente del alimento que es rápidamente soluble %.

B = degradabilidad de la fracción potencialmente disponible del componente alimenticio, la cual se degradará cuando el tiempo no sea limitado, %.

C = la constante para la tasa de degradación de B, por hora.

t = tiempo de incubación en el rumen.

e = base de los logaritmos naturales.

El procedimiento de ajuste para las curvas de degradabilidad acumulativa, consistió en el método de regresión no lineal Marquardt's del paquete estadístico SAS (2018). La fase de retraso de degradación de los componentes alimenticios en el rumen, también llamada tiempo de latencia (Lag-time), se estimó con base en la ecuación anterior, determinando el valor de t cuando la degradabilidad era igual a cero.

### **3.2.8.7. Contenido de energía**

El contenido de energía se determinó considerando el coeficiente de digestibilidad de la materia seca, con la siguiente ecuación (Di Marco, 2011):

$$(Mcal/kg) = \% DMS \times 4,4 \times 0,82$$

### **3.2.9. Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de varianza utilizando un modelo mixto. En el que los efectos fijos fueron el tipo de tratamiento químico, los niveles de inclusión y su interacción. Mientras que el efecto aleatorio fue la muestra anidada a la interacción. Se utilizarán constantes para evaluar efectos lineales o cuadráticos de los niveles de inclusión de los tratamientos químicos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

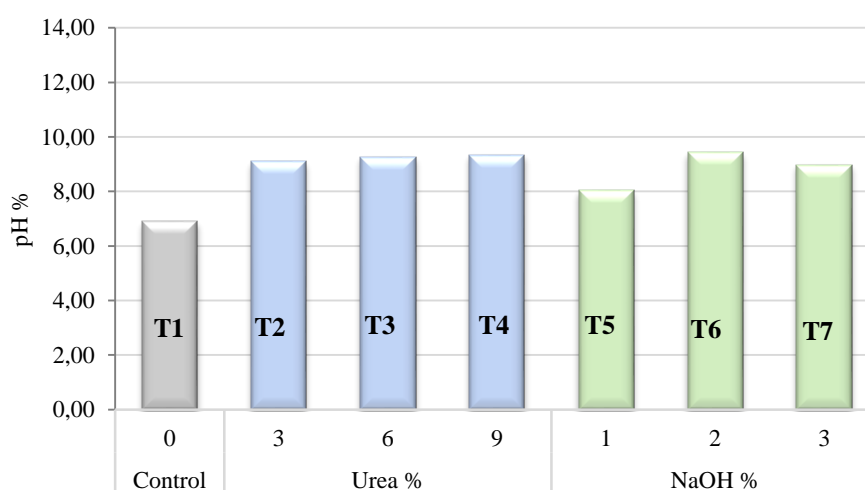
La composición bromatológica de la taralla de maíz tratado con urea y NaOH, se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Valores de pH y composición química de la taralla de maíz tratado con urea e hidróxido de sodio

Composición	Tratamientos							P-valor	E.E.
	Control	Urea			NaOH				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
pH	6,90 <sup>c</sup>	9,10 <sup>a</sup>	9,27 <sup>a</sup>	9,33 <sup>a</sup>	8,03 <sup>b</sup>	9,43 <sup>a</sup>	8,97 <sup>a</sup>	0,0003	0,30
Materia Seca	38,24	38,89	38,80	38,81	39,16	38,56	39,22	0,6771	0,41
Cenizas	9,98 <sup>d</sup>	10,06 <sup>d</sup>	9,73 <sup>d</sup>	9,70 <sup>d</sup>	11,16 <sup>c</sup>	13,25 <sup>b</sup>	14,67 <sup>a</sup>	<0,0001	0,29
Proteína cruda	6,77 <sup>d</sup>	7,76 <sup>c</sup>	11,46 <sup>b</sup>	12,69 <sup>a</sup>	6,80 <sup>d</sup>	5,31 <sup>e</sup>	5,90 <sup>e</sup>	<0,0001	0,25
Fibra Cruda	46,98 <sup>a</sup>	42,41 <sup>bc</sup>	41,29 <sup>c</sup>	39,90 <sup>c</sup>	44,41 <sup>b</sup>	41,55 <sup>c</sup>	37,02 <sup>d</sup>	<0,0001	0,84

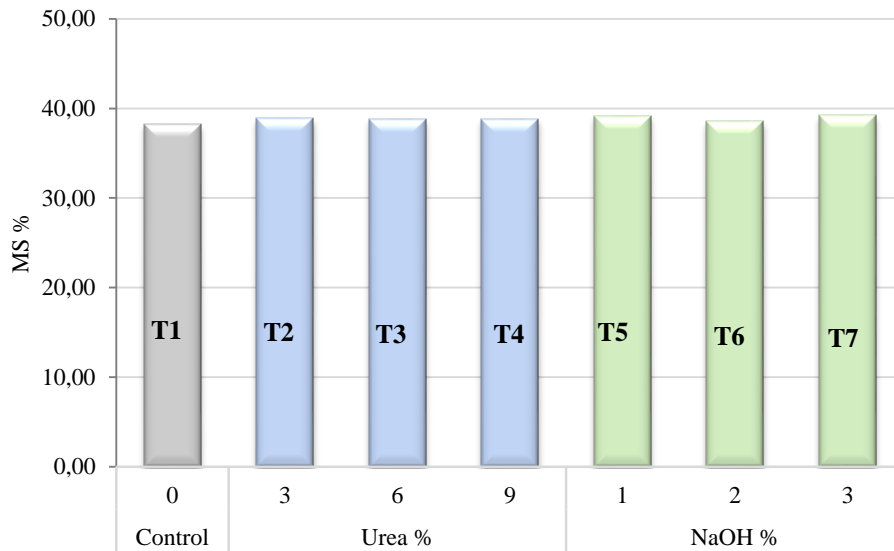
T1: testigo (0% de urea, 0% de NaOH), T2: 3 % de urea, T3: 6 % de urea, T4: 9 % de urea; T5: 1% de NaOH, T6: 2% de NaOH, T7: 3% de NaOH

La inclusión de urea e hidróxido de sodio en la taralla de maíz, provocó variación ( $P=0,0003$ ) en los valores de pH, con valores que van de 6,9 en el control a 9,43 en el tratamiento seis (2% de NaOH); aunque en los tratamientos con urea (3, 6 y 9%), y NaOH (T6 y 7) se mantuvieron constantes.



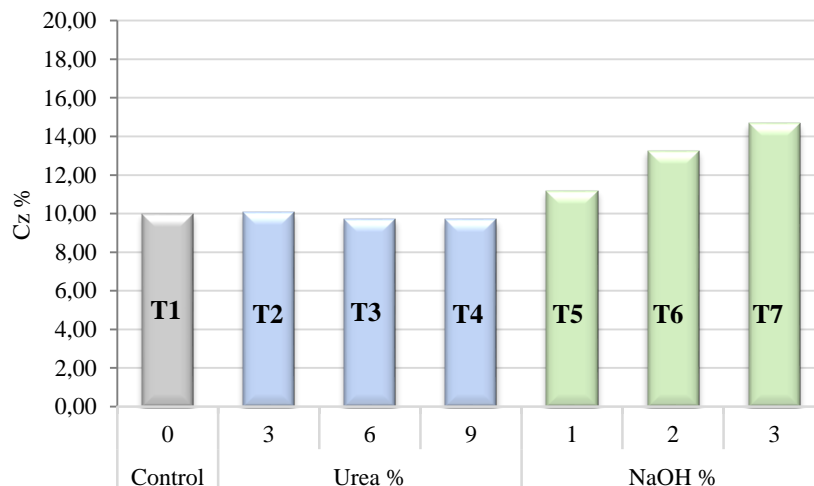
**Figura 1.** Valores de pH en la taralla de maíz, con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio

El contenido de materia seca no se observan valores significativos ( $P=0,6771$ ) con la adición de urea e hidróxido de sodio, observándose ligeras variaciones que van de 38,24% en el control a 38,89% en el tratamiento dos (3 % de urea).



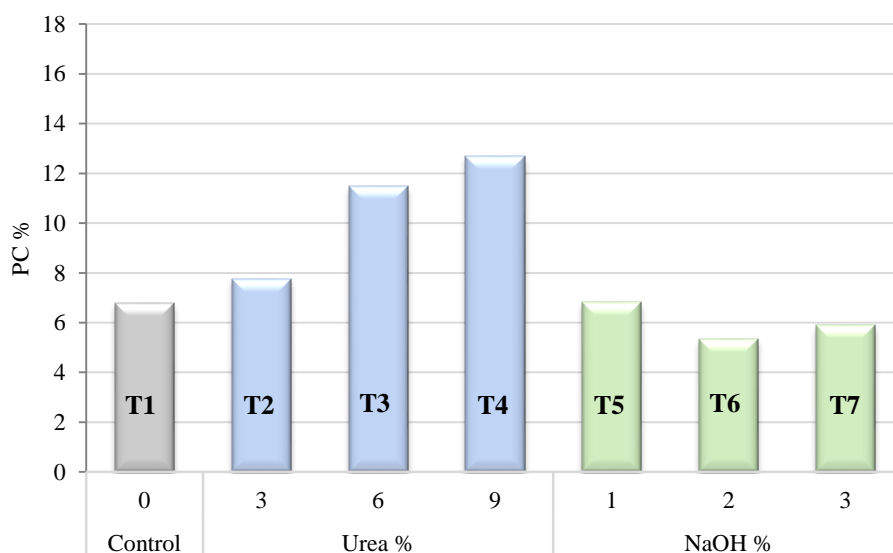
**Figura 2.** Contenido de materia seca de la taralla de maíz tratada con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.

La adición de urea no afectó el contenido de cenizas con valores cercanos al 10%, siendo estos similares al control (T1); al contrario el NaOH provocó incremento ( $P\leq 0,0001$ ) de 3,5 unidades entre los niveles 3 y 1%.



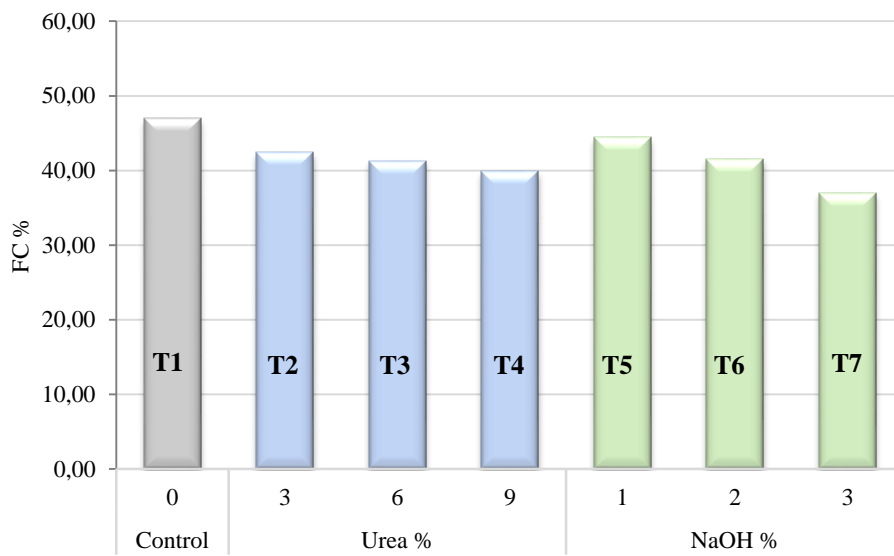
**Figura 3.** Contenido de cenizas de la taralla de maíz con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.

El contenido de proteína cruda fue superior ( $P \leq 0,0001$ ) en el tratamiento cuatro (9% de urea) con un valor medio de 12,69%; mientras que los tratamientos con hidróxido de sodio T6 y T7 alcanzaron valores inferiores con promedios de 5,31% y 5,90% respectivamente, sin observarse diferencia estadística entre ellos.

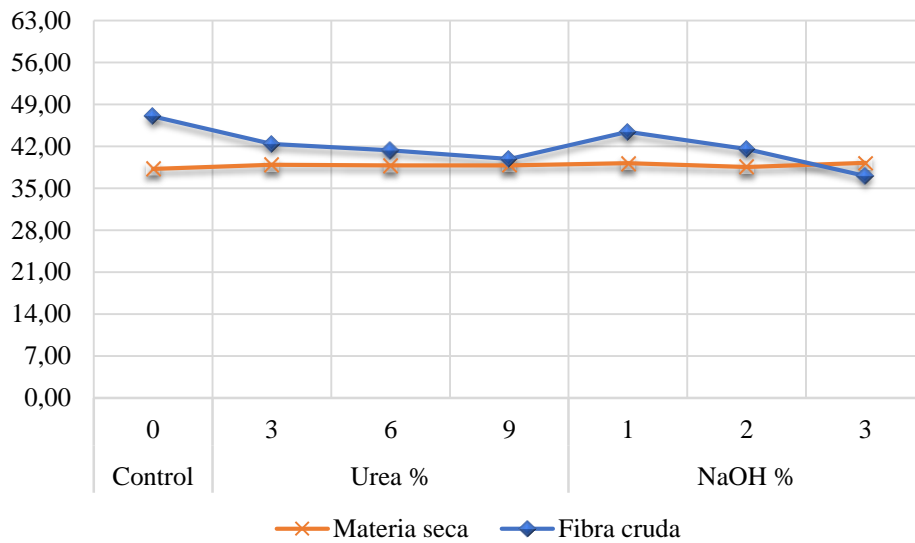


**Figura 4.** Contenido de proteína cruda en el rastrojo de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio.

El tratamiento químico de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio provocó disminución significativa ( $P \leq 0,0001$ ) en el porcentaje de fibra cruda; así se observa que con el 9 % se redujo en 7,1 unidades, con respecto al control, que obtuvo un valor del 46,98 %; sin embargo, entre los tratamientos con urea (3, 6 y 9 %), y en el tratamiento con NaOH (2 % ) no se observó diferencia estadística.

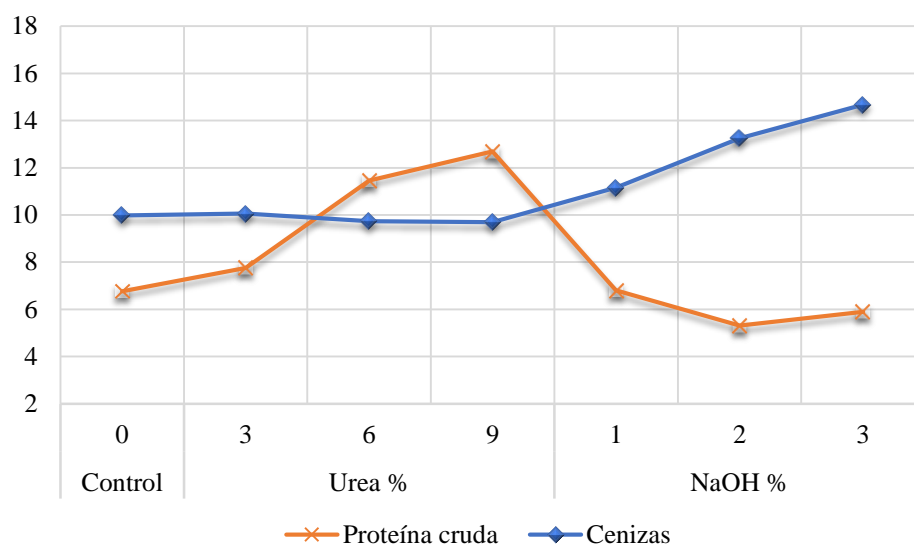


**Figura 5.** Contenido de fibra cruda de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio.



**Figura 6.** Variación del contenido de materia seca y fibra cruda de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio





**Figura 7.** Variación del contenido de proteína cruda y cenizas cruda de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio

#### 4.2. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

Se realizaron pruebas de digestibilidad *in situ* en dos ovinos fistulados, con tres repeticiones por tratamiento, con periodos de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 6.** Digestibilidad *in situ* de la materia seca del rastrojo de maíz con diferentes niveles de urea, e hidróxido de sodio.

Tiempo (h)	Tratamientos							P-valor	E.E.
	Control		Urea %			NaOH %			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>0</b>	12,90 <sup>e</sup>	18,55 <sup>d</sup>	20,37 <sup>c</sup>	21,24 <sup>c</sup>	21,46 <sup>c</sup>	23,23 <sup>b</sup>	31,81 <sup>a</sup>	<0,0001	0,39
<b>6</b>	13,96 <sup>f</sup>	19,53 <sup>e</sup>	28,38 <sup>b</sup>	23,49 <sup>d</sup>	23,27 <sup>d</sup>	25,75 <sup>c</sup>	35,32 <sup>a</sup>	<0,0001	0,41
<b>12</b>	17,14 <sup>e</sup>	21,45 <sup>d</sup>	31,44 <sup>b</sup>	29,40 <sup>c</sup>	28,78 <sup>c</sup>	31,40 <sup>b</sup>	40,55 <sup>a</sup>	<0,0001	0,48
<b>24</b>	20,00 <sup>d</sup>	24,18 <sup>c</sup>	33,04 <sup>b</sup>	33,03 <sup>b</sup>	32,90 <sup>b</sup>	34,43 <sup>b</sup>	47,81 <sup>a</sup>	<0,0001	0,49
<b>48</b>	21,41 <sup>f</sup>	29,25 <sup>e</sup>	34,86 <sup>d</sup>	40,56 <sup>b</sup>	36,02 <sup>d</sup>	38,29 <sup>c</sup>	52,48 <sup>a</sup>	<0,0001	0,44
<b>72</b>	29,29 <sup>f</sup>	36,19 <sup>e</sup>	38,83 <sup>d</sup>	45,12 <sup>b</sup>	41,38 <sup>c</sup>	41,34 <sup>c</sup>	56,38 <sup>a</sup>	<0,0001	0,53

La digestibilidad *in situ* del rastrojo de maíz presentó variaciones significativas ( $P \leq 0,0001$ ) de acuerdo al tiempo de incubación y al nivel de inclusión tanto de urea como de hidróxido de sodio. El grupo control presentó los valores más bajos de digestibilidad; mientras que los coeficientes más altos se presentaron en el

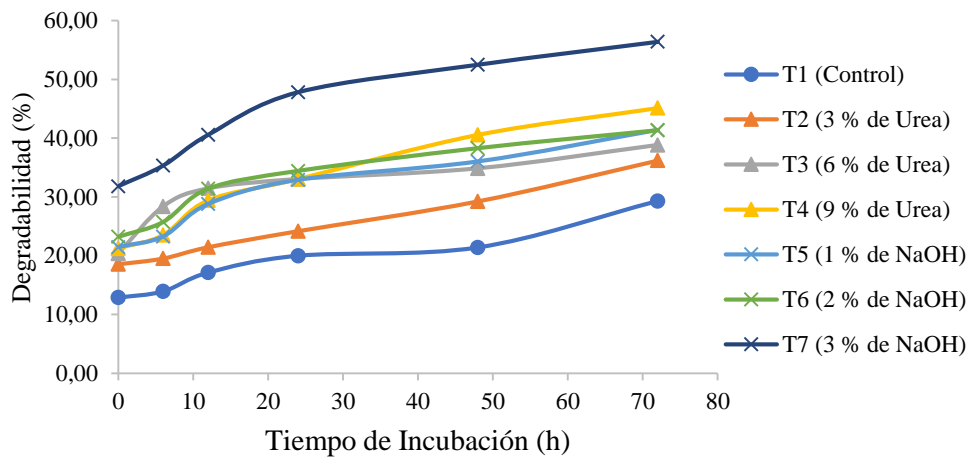
tratamiento siete (3 % de NaOH), en todas las horas de incubación, alcanzando un valor máximo de 56,38 % a las 72 horas.

**Tabla 7.** Efecto de niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio sobre los parámetros de degradación ruminal *in situ* de la taralla de maíz.

Tiempo (h)	Tratamientos							P-valor	E.E.
	Control	Urea %			NaOH %				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
A	13,32 <sup>d</sup>	20,11 <sup>c</sup>	20,96 <sup>c</sup>	20,96 <sup>c</sup>	21,22 <sup>c</sup>	22,98 <sup>b</sup>	31,25 <sup>a</sup>	<0,0001	0,47
B	15,97 <sup>de</sup>	10,00 <sup>e</sup>	15,70 <sup>de</sup>	31,06 <sup>a</sup>	22,35 <sup>bc</sup>	19,26 <sup>cd</sup>	27,2 <sup>ab</sup>	<0,0001	1,92
C	0,03 <sup>cd</sup>	0,04 <sup>bc</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,02 <sup>d</sup>	0,03 <sup>bcd</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,04 <sup>bc</sup>	<0,0001	0,0036

A: fracción rápidamente degradable, B: fracción de lenta degradación, C: tasa constante de degradación de la fracción B

Los tratamientos con niveles de urea (3, 6 y 9%) no mostraron diferencia estadística en la fracción rápidamente degradable, a diferencia de los tratamientos con hidróxido de sodio (1, 2 y 3%); que alcanzaron valores de 21,22% 22,98% y 31,25%, respectivamente. La fracción de lenta degradación (B), mostró diferencia estadística ( $P \leq 0,0001$ ), con variaciones de 15,97% en el control a 31,06%, en el tratamiento cuatro (9% de urea). La tasa constante de degradación fue menor ( $P \leq 0,0001$ ) en el tratamiento T4, sin mostrar diferencia con el control.



**Figura 8.** Cinética de degradabilidad *in situ* de la taralla de maíz con urea e hidróxido de sodio.

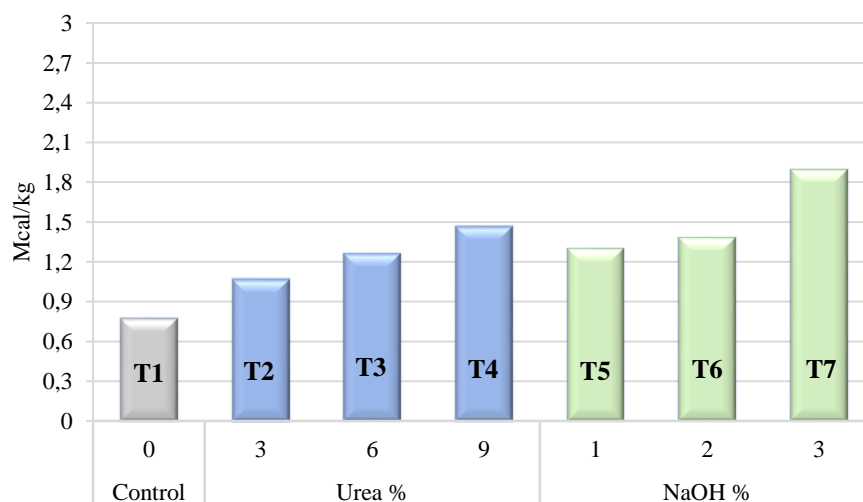
### 4.3. CONTENIDO DE ENERGÍA

El contenido de energía se obtuvo mediante la ecuación de Di Marco (2011); los resultados se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 8.** Contenido de energía de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio

Tratamientos	Energía (Mcal/kg)
T1 (Control)	0,77
T2 (3 % de Urea)	1,06
T3 (6 % Urea)	1,26
T4 (9 % de Urea)	1,46
T5 (1 % de NaOH)	1,3
T6 (2 % de NaOH)	1,38
T7 (3 % de NaOH)	1,89
<b>P-valor</b>	<0,0001
<b>E.E.</b>	0,02

La tabla 8 demuestra que el tratamiento químico con urea e hidróxido de sodio, mejoró de manera significativa ( $P \leq 0,0001$ ) el contenido energético de la taralla de maíz, con variación de 0,77 Mcal/kg en el control a 1,89Mcal/kg en el tratamiento siete (3 % de NaOH).



**Figura 9.** Contenido de energía metabolizable de la taralla de maíz con niveles crecientes de urea e hidróxido de sodio.

#### 4.4. FICHA DE COSTOS

Se elaboró la ficha de costos para cada tratamiento, considerando la cantidad y precio de los insumos, materiales y mano de obra. Los resultados se detallan a continuación.

**Tabla 9.** Ficha de costos de la taralla de maíz mejorada con urea e hidróxido de sodio

	Costo/kg (\$)
T. 2 (3% de urea)	0,14
T. 3 (6% de urea)	0,15
T. 4 (9% de urea)	0,16
T. 5 (1% de NaOH)	0,13
T. 6 (2% de NaOH)	0,14
T. 7 (3% de NaOH)	0,15

El costo por kilogramo de taralla de maíz mejorada con urea e hidróxido de sodio fluctúa entre \$ 0,13 a \$ 0,16; lo cual demuestra que se trata de un proceso de bajos insumos y fácil aplicación, que resultaría conveniente para los pequeños y medianos productores de la Provincia.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La inclusión de urea e hidróxido de sodio en el tratamiento de la taralla de maíz, provocó variación ( $P=0,0003$ ) en el pH, con valores que van de 6,9 en el control a 9,43 en el tratamiento seis (2% de NaOH); aunque en los tratamientos con urea (3, 6 y 9%) se mantuvieron constantes. Estos resultados son cercanos a los obtenidos por Rodríguez et al. (2014) y Calva (2018), que estuvieron por el orden del 8,92 y 8,75 % respectivamente, en la amonificación de rastrojo de maíz, con 3 % de inclusión de urea; así mismo Reyes (2018) obtuvo resultados similares con 9,27 informado por en la amonificación de cáscara de maní con diferentes niveles de urea. El pH elevado se puede explicar con la presencia de amoníaco generado a partir de la urea en el proceso de amonificación.

En el contenido de materia seca no se modificó, con ligeras variaciones que van de 38,24 % a 39,22%; comportamiento similar informó Reyes (2018) en la amonificación de cascara de maní con diferentes niveles de urea; así mismo Martínez et al. (2012) y Sánchez et al. (2012) señalan que la amonificación de rastrojo de maíz con urea provocó ligera disminución de materia seca y concentración del material mineral. Estos resultados podrían explicarse por la homogeneidad del material experimental y el limitado efecto de la urea y el NaOH en los componentes de este residuo.

La adición de urea no modificó el contenido de cenizas, con 9,92 % en promedio; este resultado es superior al 7,93% obtenido por Calva (2018) en la amonificación de rastrojo de maíz con 3 % de urea; al contrario, el NaOH, provocó incremento proporcional al nivel de inclusión, observándose el valor máximo (14,67 %) en el tratamiento siete (3 % de NaOH); este resultado es superior al reportado por Elizondo (1998) en el tratamiento rastrojo de maíz con 4 % NaOH, que estuvo por el orden del 9,27%. Los valores de cenizas encontrados en este estudio, podrían estar relacionados con el aporte mineral de los insumos utilizados y una posible contaminación con tierra de las muestras. Al respecto, Martínez *et al.* (2012) y

Sánchez *et al.* (2012) señalan que la amonificación de rastrojo de maíz con urea provoca ligera disminución de materia seca y concentración del material mineral.

El contenido de proteína cruda fue superior ( $P \leq 0,0001$ ) en el tratamiento cuatro (9% de urea) con un valor medio de 12,69%; resultado similar al informado por Castellanos *et al.* (2017) en la amonificación de panca de maíz con 6 % de urea; lo que podría estar relacionado con la liberación de nitrógeno procedente de la urea. Al contrario, la adición de 1, 2 y 3% de hidróxido de sodio, provocó valores inferiores (6,80%, 5,31% y 5,9%), sin observarse diferencia estadística entre ellos.

El tratamiento químico de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio provocó disminución ( $P \leq 0,0001$ ) en el contenido de fibra cruda; así se observó que con el 9 % de urea se redujo en 7,1 unidades, con respecto al control, que obtuvo un valor del 46,98 %; similares comportamientos observaron Calva (2018) en la amonificación de rastrojo de maíz con 3 % de urea y Reyes (2018) en la amonificación de cáscara de maní con diferentes niveles de urea. Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que el amoniaco producido a partir de la urea hidroliza los enlaces glucosídicos de celulosa y hemicelulosa, lo que provoca disminución de estos polisacáridos en la fibra cruda.

## **5.2. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA**

El tratamiento con urea incrementó la digestibilidad de la taralla de maíz con un valor máximo de 45,12 %; resultado similar al reportado por Pulido *et al.* (1990) en la amonificación de paja de jaragua con 2,5 % de urea; lo que puede atribuirse a los procesos de hidrólisis a nivel de los enlaces glucosídicos de los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) por acción del amoniaco. En los tratamientos con hidróxido de sodio, se observó la misma tendencia con un porcentaje máximo de 56,38 % en el tratamiento siete (3 % de NaOH); aunque resultó inferior al 65,62% reportado por Elizondo (1998), en el tratamiento del rastrojo de maíz con 4 % de NaOH.

La fracción rápidamente soluble no mostró diferencia estadística en los tratamientos con urea; sin embargo en los tratamientos con NaOH, se observó variación significativa con un valor máximo de 31,25 % en el tratamiento siete (3 % de

NaOH); resultados similares fueron reportados por Elizondo (1998) incluyendo 4 % de NaOH en el tratamiento de rastrojo de maíz. Los resultados de la tasa constante de degradación también son similares a los reportados por Elizondo (1998) con valores de  $0,0265 \text{ *h}^{-1}$  y  $0,037 \text{ *h}^{-1}$ .

### **5.3. CONTENIDO DE ENERGÍA**

El tratamiento con urea e hidróxido de sodio, mejoró de manera significativa ( $P \leq 0,0001$ ) el contenido energético de la taralla de maíz, con variaciones de 0,77 Mcal/kg de MS, en el control a 1,89 Mcal/kg de MS en el tratamiento siete (3 % de NaOH). Éstos resultados son inferiores a 2,26 Mcal/kg reportado por Reyes (2018) en la amonificación de la cáscara de maní con 9 % de urea; y, se explican por la diferencia en los coeficientes de digestibilidad; ya que según Di Marco, (2011) a medida que se incrementa el coeficiente de digestibilidad el aporte energético asciende linealmente, debido a que la digestibilidad es un indicador directo del contenido energético de un alimento.

### **5.4. COSTO DE PRODUCCIÓN**

El costo por kilogramo de taralla de maíz mejorada con urea e hidróxido de sodio fluctúa entre \$ 0,13 a \$ 0,16; lo cual demuestra, que se trata de un proceso de bajos insumos y fácil aplicación, que permitiría complementar la alimentación de rumiantes, especialmente durante la época seca; sin incrementar los costos de producción, lo que resultaría muy beneficioso para los pequeños y medianos productores de la Provincia.

## 6. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión de cada una de las variables analizadas se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ El tratamiento químico de la taralla de maíz con urea e hidróxido de sodio no afectó el contenido de materia seca; sin embargo, provocó incremento significativo en el contenido de cenizas (9,98 a 14,67 %) y proteína cruda (6,77 a 12,69 %); mientras que, la fibra cruda disminuyó de 46,98 a 37,02 % en correspondencia con los niveles de inclusión.
- ✓ La digestibilidad *in situ* de la materia seca se incrementó de manera progresiva en función de los niveles de inclusión de urea e hidróxido de sodio; favorecida por la disminución del contenido de fibra.
- ✓ El contenido de energía se incrementó de manera proporcional al porcentaje de digestibilidad; lo cual es un indicativo del valor nutritivo, que puede favorecer su uso en la alimentación animal.
- ✓ Los costos de producción por kilogramo de taralla mejorada son relativamente bajos (0,13 a 0,16 \$), lo que resulta beneficioso para los pequeños y medianos productores de la Provincia.
- ✓ De manera general se puede señalar que el tratamiento químico con urea e hidróxido de sodio es un procedimiento químico que permite mejorar el valor nutritivo de los residuos agrícolas y posibilita su uso en la alimentación de rumiantes, principalmente durante la época de mayor escases de forrajes.



## **7. RECOMENDACIONES**

Los resultados, y conclusiones del presente trabajo de investigación, permiten formular las siguientes recomendaciones:

- ✓ Utilizar urea e hidróxido de sodio en el tratamiento químico de la taralla de maíz, ya que permite mejorar su valor nutritivo, con marcado incremento en el contenido de proteína cruda, digestibilidad de la materia seca y aporte energético; y, con un costo relativamente bajo.
- ✓ Realizar nuevos trabajos de investigación orientados a evaluar el efecto del uso de taralla de maíz mejorada, como complemento en la alimentación de rumiantes.
- ✓ Incorporar los aportes técnicos generados en la presente investigación en la programación de la asignatura correspondiente del Plan de Estudios de la Carrea.
- ✓ Difundir los resultados obtenidos a los productores pecuarios de la provincia de Loja, para contribuir con el mejoramiento de sus sistemas de producción.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinsaca, 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
- Araiza, E., Delgado, E., Carrete, F., Medrano, H., Solís, A., Murillo, M. y Haubi, C. 2013. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. Colima, México: Universidad de Colima, Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 17, núm. 2, pp. 79-96.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis 16va Edition Association of Official Analytical Chemists Washington, EUA.
- Ayala, A. y E. Tún. (2001). Influencia del consumo de urea sobre el comportamiento de toretes estabulados alimentados a base de forraje. Editorial Interamericana, S.A. México, D.F.
- Bargo, F. (2006), El Rumensín como Promotor de Crecimiento en la Alimentación Animal, (Promotores de Crecimiento) en Raciones Animales. Anais Conf APINCO de Ciencia, Tecnología Alimentarias. 2a ed. Curitiba.
- Benítez, S. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes. Bogota Colombia: Revista Ciencia Animal.
- Botero, R. B. (5 de Enero de 2011). Escuela de Agricultura. Obtenido de <http://www.produccion-animal.com.ar/>: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_en\\_general/07-amonificacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_en_general/07-amonificacion.pdf)
- Botero, R. B. (2008). Escuela de Agricultura . Costa Rica: Biblioteca. •
- Bragachini, M., Cattani, P., & Gallardo, M. (2008). Forrajes conservado de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Argentina: INTA E. E.A. Manfredi.

- Bucardo, V. y Angeles, J. 2001. Evaluación del efecto de cuatro niveles de urea (7, 9, 11 y 13 %) sobre la calidad nutritiva de la cascarilla de arroz. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Calva, C. 2018. Amonificación de rastrojo de maíz (*Zea mays*) con dos leguminosas zarandaja (*Dolichos lablab*) y frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Cárdenas, C. 2011. Uso de aditivos para ensilajes en la zona sur de Chile. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile
- Castro A. Marcelo. 2016 Rendimientos de maíz duro seco en invierno 2016 Quito, Ecuador
- Cardona, J. F. (2002). La amonificación y los bloques multinutricionales como estrategia para las épocas críticas. *Revista Pardo Suizo No 63*.
- Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C. y Fernández, M. 2017. Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L.) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. *Rev Inv Vet Perú*; 28(1): 78-85.
- Castro A. 2016 RENDIMIENTOS DE MAÍZ DURO SECO EN INVIERNO 2016 Quito, Ecuador
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 2014. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe. Resumen Ejecutivo. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), San José, CR. •
- Coca, M. (2012). SISTEMAS DE ENGORDE DE TORETES MESTIZOS EN EL TRÓPICO HUMEDO. Riobamba.
- Di Marco, O. 2011. Estimación de la calidad de los forrajes. *Producir XXI*. Buenos Aires Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, sitio Argentino de Producción Animal 20(240):24-30.
- Elizondo, I. 1998. Evaluación de tratamientos alcalinos sobre la calidad nutricional de subproductos lignocelulosicos. Colima, México: Universidad de Colima

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2015. Interacciones con ganado. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Agricultura de Conservación. Disponible en <http://www.fao.org/ag/ca/es/4.html>.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), 2016. Maíz nacional. Disponible en <http://www.fundacionfedna.org/node/370>
- Jiménez, R., San Martín, F., Huamán, H., Ara, M., Arbaiza, T. y Huamán, A. 2010. Efectos del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz en ovinos. *Revista de Investigación Veterinaria Perú*, 21 (1): 19 - 25.
- Josifovich, J. A. 2016. Rastrojos y residuos en la producción de carne bovina. Técnico de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino. Argentina.
- López, M. (2011). Manual técnico de muestreo de productos agrícolas y fuentes de agua, para la determinación de contaminantes microbiológicos. Dirección General de Inocuidad Alimentaria, Acuícola y Pesquera. Toluca, México.
- 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.
- Martínez, T., Ortega, C., Landois, P., Pineda O. y Pérez P. 2012. Desempeño productivo y variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3.
- Morales, F. 2010. Digestibilidad in situ de la materia seca del forraje de Triticale (*Triticosecale wittmack*) y Ebo (*Vicia sativa L.*). Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.
- Ørskov, E., DeB Howell, F. y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Trop Anim Prod* 5:3.
- Palma, J. S., Castellón, J., & Guharay, F. (2015). Conservación de forrajes. Nicaragua: Complejo Gráfico TMC.

- Perez, J. 2002. Rastrojo de maiz. El Mercurio. Chile.
- Preston, & Leng. (1989). Ajustando los sistemas de produccion pecuaria a los recursos disponibles. Bogota Colombia.
- Pulido, J. 1990. Efecto de la amonificación con urea sobre el valor nutritivo y parámetros de digestión ruminal de la paja de Jaragua (*Hiparrhenia rufa*). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza.
- Quiroz, D. & Merchán M. 2016. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (Sea maíz.) Estación Experimental Tropical. Pichilingue. Quevedo, Ecuador
- Quizhpe, A. 2018. Efecto del tratamiento químico y biológico del rastrojo de maíz sobre su fracción fibrosa. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja
- Rafaelli, P. M. 2014. Bovinos de carne y leche y equinos. Argentina .
- Ramírez, G. 2008. Expresión analítica de los componentes de los alimentos. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Reyes, M. 2018. Efecto de Diferentes Niveles de Urea en la Amonificación de Cascara de Maní (*Arachis Hypogaea*) para uso en la Alimentación de Rumiantes. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Riquelme V., E. (1999). Suplementación estratégica a bovinos con subproductos lignocelulósicos y alimentos no convencionales. UACH.
- Rodríguez, N., Araujo - Febres., O., González, B. y 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. *Archivo Latinoamericano, Producción Animal*, 10 (1): 7 – 13.
- Rodríguez, S., López, M., WingChing, R. y Rojas, A. 2014. Adición de melaza deshidratada y urea en ensilados de rastrojos de piña. *Rev. Agron. Mesoam*; 25(2):313-321.
- Saavedra, C., Omaña, M., Navas A. y Suárez, A. 2013. Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes. *Revista Ciencia Animal*, (6): 99 - 108

Sánchez E, Ortega C, Mendoza ME, Oziel G, Montanez D, Buntinx SE. 2012. Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia* 37(35): 395.

Sumba E. Lucero, 2013. Producción histórica de maíz duro seco. Quito Ecuador.

Yescas, R., Bárcena, R., Mendoza, G., González, S., Cobos, M. y Ortega, M. 2004. Digestibilidad in situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. *Agrociencia*, vol. 38, núm. 1, pp. 23-31.

## 9. ANEXOS

**ANEXO 1.** Análisis de varianza de los indicadores químicos y bromatológicos de la taralla de maíz con diferentes niveles de urea e hidróxido de sodio, mediante diseño anidado con siete tratamientos y tres repeticiones.

### a. pH

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	21	0,80	0,72	5,95

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,52	6	2,59	9,60	0,0003
Tratamiento	15,52	6	2,59	9,60	0,0003
Error	3,77	14	0,27		
Total	19,29	20			

### Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2695 gl: 14

Tratamiento	Mediasn	E.E.	
6	9,43 3	0,30	A
4	9,33 3	0,30	A
3	9,27 3	0,30	A
2	9,10 3	0,30	A
7	8,97 3	0,30	A
5	8,03 3	0,30	B
1	6,90 3	0,30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**b. Materia seca**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS %	21	0,22	0,00	1,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,03	6	0,34	0,67	0,6771
Tratamiento	2,03	6	0,34	0,67	0,6771
Error	7,10	14	0,51		
Total	9,14	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,5074 gl: 14*

Tratamiento	Mediasn		E.E.	
7	39,22	3	0,41	A
5	39,16	3	0,41	A
2	38,89	3	0,41	A
4	38,81	3	0,41	A
3	38,80	3	0,41	A
6	38,56	3	0,41	A
1	38,24	3	0,41	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**c. Cenizas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cz %	21	0,95	0,93	4,41



**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	70,39	6	11,73	47,84	<0,0001
Tratamiento	70,39	6	11,73	47,84	<0,0001
Error	3,43	14	0,25		
Total	73,82	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05***Error: 0,2452 gl: 14*

<u>Tratamiento</u>	<u>Mediasn</u>	<u>E.E.</u>		
7	14,67	3	0,29	A
6	13,25	3	0,29	B
5	11,16	3	0,29	C
2	10,06	3	0,29	D
1	9,98	3	0,29	D
3	9,73	3	0,29	D
4	9,70	3	0,29	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )***d. Proteína Cruda**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
PC %	21	0,98	0,98	5,28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	145,70	6	24,28	132,97	<0,0001
Tratamiento	145,70	6	24,28	132,97	<0,0001
Error	2,56	14	0,18		
Total	148,25	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,1826 gl: 14*

Tratamiento	Mediasn	E.E.		
4	12,69 3	0,25	A	
3	11,46 3	0,25	B	
2	7,76 3	0,25	C	
5	6,80 3	0,25		D
1	6,77 3	0,25		D
7	5,90 3	0,25		E
6	5,31 3	0,25		E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**e. Fibra Cruda**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FC %	21	0,86	0,80	3,46

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	181,94	6	30,32	14,40	<0,0001
Tratamiento	181,94	6	30,32	14,40	<0,0001
Error	29,48	14	2,11		
<b>Total</b>	<b>211,42</b>	<b>20</b>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 2,1055 gl: 14*

Tratamiento	Mediasn	E.E.			
1	46,98 3	0,84	A		
5	44,41 3	0,84		B	
2	42,41 3	0,84		B	C
6	41,55 3	0,84			C
3	41,29 3	0,84			C
4	39,90 3	0,84			C
7	37,02 3	0,84			D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**f. Digestibilidad *in situ* (DISMS %)**

**0 horas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
0	21	0,99	0,98	3,18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	579,65	6	96,61	208,77	<0,0001
Tratamiento	579,65	6	96,61	208,77	<0,0001
Error	6,48	14	0,46		
<b>Total</b>	<b>586,13</b>	<b>20</b>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,4628 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	31,81	3	0,39	A
6	23,23	3	0,39	B
5	21,46	3	0,39	C
4	21,24	3	0,39	C
3	20,37	3	0,39	C
2	18,55	3	0,39	D
1	12,90	3	0,39	E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**6 horas**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
6	21	0,99	0,99	2,91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	815,25	6	135,87	272,48	<0,0001
Tratamiento	815,25	6	135,87	272,48	<0,0001
Error	6,98	14	0,50		
<u>Total</u>	<u>822,23</u>	<u>20</u>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,4987 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	35,32	3	0,41	A
3	28,38	3	0,41	B
6	25,75	3	0,41	C
4	23,49	3	0,41	D
5	23,27	3	0,41	D
2	19,53	3	0,41	E
1	13,96	3	0,41	F

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**12 horas**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV

12 21 0,99 0,99 2,57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo. 1074,70 6 179,12 334,02 <0,0001

Tratamiento 1074,70 6 179,12 334,02 <0,0001

Error 7,51 14 0,54

Total 1082,21 20

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,5362 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	40,55	3	0,42	A
3	31,44	3	0,42	B
6	31,40	3	0,42	B
4	29,40	3	0,42	C
5	28,78	3	0,42	C
2	21,45	3	0,42	D
1	16,45	3	0,42	E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**24 horas**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
24	21	0,99	0,99	2,38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1435,74	6	239,29	415,55	<0,0001
Tratamiento	1435,74	6	239,29	415,55	<0,0001
Error	8,06	14	0,58		
<u>Total</u>	<u>1443,80</u>	<u>20</u>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,5758 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	47,81	3	0,44	A
6	33,13	3	0,44	B
3	33,04	3	0,44	B
4	33,03	3	0,44	B
5	32,90	3	0,44	B
2	24,18	3	0,44	C
1	19,23	3	0,44	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**48 horas**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
48	21	1,00	0,99	2,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1671,26	6	278,54	483,08	<0,0001
Tratamiento	1671,26	6	278,54	483,08	<0,0001
Error	8,07	14	0,58		
<u>Total</u>	<u>1679,33</u>	<u>20</u>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,5766 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	52,48	3	0,44	A
4	40,56	3	0,44	B
6	38,29	3	0,44	C
5	36,02	3	0,44	D
3	34,86	3	0,44	D
2	29,25	3	0,44	E
1	21,41	3	0,44	F

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**72 horas**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
72	21	0,80	0,71	11,42

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1294,41	6	215,74	9,24	0,0003
Tratamiento	1294,41	6	215,74	9,24	0,0003
Error	326,74	14	23,34		
<u>Total</u>	<u>1621,15</u>	<u>20</u>			



**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 23,3384 gl: 14*

Tratamiento Medias n E.E.

7	56,38	3	2,79	A
3	46,40	3	2,79	B
4	45,12	3	2,79	B C
5	41,38	3	2,79	B C
6	41,34	3	2,79	B C
2	36,19	3	2,79	C D
1	29,29	3	2,79	D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**g. Contenido de energía (EM Mcal/kg)**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
EM (Mcal/kg)	21	1,00	0,99	2,07

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	2,17	6	0,36	496,70	<0,0001
Tratamientos	2,17	6	0,36	496,70	<0,0001
Error	0,01	14	7,3E-04		
<u>Total</u>	<u>2,18</u>	<u>20</u>			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,0007 gl: 14*

Tratamientos	Mediasn	E.E.			
7	1,89 3	0,02	A		
4	1,46 3	0,02		B	
6	1,38 3	0,02			C
5	1,30 3	0,02			D
3	1,26 3	0,02			D
2	1,06 3	0,02			E
1	0,77 3	0,02			F

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

#### **h. Parámetros de Degradación ruminal**

**A = Fracción rápidamente degradable**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a	21	0,98	0,97	3,74

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	500,10	6	83,35	128,43	<0,0001
Tratamiento	500,10	6	83,35	128,43	<0,0001
Error	9,09	14	0,65		
Total	509,18	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,6490 gl: 14

Tratamiento	Mediasn	E.E.		
7	31,25 3	0,47	A	
6	22,98 3	0,47	B	
5	21,22 3	0,47		C
3	20,96 3	0,47		C
4	20,96 3	0,47		C
2	20,11 3	0,47		C
1	13,32 3	0,47		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**B = Fracción de lenta degradación**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b	21	0,86	0,80	16,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	944,25	6	157,37	14,25	<0,0001
Tratamiento	944,25	6	157,37	14,25	<0,0001
Error	154,66	14	11,05		
Total	1098,91	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 11,0475 gl: 14*

Tratamiento	Medias	n	E.E.					
4	31,06	3	1,92	A				
7	27,20	3	1,92	A	B			
5	22,35	3	1,92		B	C		
6	19,26	3	1,92			C	D	
1	15,97	3	1,92				D	E
3	15,70	3	1,92				D	E
2	10,00	3	1,92					E

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**C = Tasa constante de degradación de la fracción B**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
c	21	0,94	0,91	16,13

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	6	1,4E-03	35,75	<0,0001
Tratamiento	0,01	6	1,4E-03	35,75	<0,0001
Error	5,5E-04	14	3,9E-05		
Total	0,01	20			

**Test: Duncan Alfa=0,05**

*Error: 0,0000 gl: 14*

Tratamiento	Mediasn	E.E.					
3	0,09	3	3,6E-03	A			
6	0,04	3	3,6E-03		B		
2	0,04	3	3,6E-03		B	C	
7	0,04	3	3,6E-03		B	C	
5	0,03	3	3,6E-03		B	C	D
1	0,03	3	3,6E-03			C	D
4	0,02	3	3,6E-03				D

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**ANEXO 2.** Estimación de los parámetros de degradación ruminal (SAS University Edition - 2018).

**Procedimiento NLIN**

Rep=2

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	14
Subiteraciones	9
Subiteraciones promedio	0.642857
R	3.183E-6
PPC(c)	7.225E-6
RPC(c)	0.000024
Objeto	1.41E-10
Objetivo	30.10048
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	333.0	166.5	49.78	<.0001
Error	9	30.1005	3.3445		
Total corregido	11	363.1			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	12.8502	1.0531	10.4680	15.2325
b	22.8993	10.1591	-0.0823	45.8808
c	0.0146	0.0110	-0.0104	0.0395

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.4550855	-0.6095651
b	0.4550855	1.0000000	-0.9741508
c	-0.6095651	-0.9741508	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=7

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	12
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.5
R	4.556E-6
PPC(c)	2.969E-6
RPC(c)	9.445E-6
Objeto	2.76E-10
Objetivo	31.78245
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	437.6	218.8	61.96	<.0001
Error	9	31.7825	3.5314		
Total corregido	11	469.4			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	20.0428	1.2778	17.1523	22.9333
b	16.9031	1.5187	13.4675	20.3387
c	0.0861	0.0187	0.0438	0.1285

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.7635421	-0.4712596
b	-0.7635421	1.0000000	-0.0199358
c	-0.4712596	-0.0199358	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=8

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	12
Subiteraciones	5
Subiteraciones promedio	0.416667
R	5.571E-6
PPC(c)	3.167E-6
RPC(c)	8.867E-6
Objeto	3.3E-10
Objetivo	18.78127
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	345.3	172.7	82.74	<.0001
Error	9	18.7813	2.0868		
Total corregido	11	364.1			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.8010	0.9787	19.5870	24.0149
b	15.0222	1.1682	12.3794	17.6649
c	0.0825	0.0156	0.0471	0.1179

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.7531912	-0.4790270
b	-0.7531912	1.0000000	-0.0290878
c	-0.4790270	-0.0290878	1.0000000



Procedimiento NLIN

Rep=9

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	17
Subiteraciones	5
Subiteraciones promedio	0.294118
R	9.752E-6
PPC(c)	6.76E-6
RPC(c)	0.000014
Objeto	6.01E-10
Objetivo	29.20047
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	352.5	176.3	54.33	<.0001
Error	9	29.2005	3.2445		
Total corregido	11	381.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.0399	1.2269	18.2643	23.8154
b	15.1687	1.4554	11.8764	18.4611
c	0.0881	0.0203	0.0420	0.1341

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.7684427	-0.4671738
b	-0.7684427	1.0000000	-0.0159229
c	-0.4671738	-0.0159229	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=10

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	8
Subiteraciones promedio	1
R	9.27E-6
PPC(c)	5.268E-6
RPC(b)	0.000672
Objeto	0.000069
Objetivo	13.43914
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	820.6	410.3	274.77	<.0001
Error	9	13.4391	1.4932		
Total corregido	11	834.0			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	20.8601	0.7340	19.1997	22.5204
b	27.6811	2.2799	22.5235	32.8387
c	0.0254	0.00501	0.0141	0.0368

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.1735781	-0.5936701
b	0.1735781	1.0000000	-0.8554348
c	-0.5936701	-0.8554348	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=11

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	7
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.857143
R	4.495E-7
PPC(c)	2.274E-7
RPC(c)	9.475E-6
Objeto	3.6E-10
Objetivo	11.46145
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	904.2	452.1	355.01	<.0001
Error	9	11.4615	1.2735		
Total corregido	11	915.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	20.6356	0.6799	19.0976	22.1736
b	28.7190	1.9852	24.2281	33.2098
c	0.0263	0.00444	0.0163	0.0363

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.1456843	-0.5922644
b	0.1456843	1.0000000	-0.8397888
c	-0.5922644	-0.8397888	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=12

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	9
Subiteraciones promedio	1
R	6.72E-6
PPC(c)	2.652E-6
RPC(b)	0.000322
Objeto	0.00003
Objetivo	2.913895
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	906.1	453.1	1399.36	<.0001
Error	9	2.9139	0.3238		
Total corregido	11	909.0			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.3731	0.3286	20.6298	22.1165
b	36.7858	2.8739	30.2845	43.2870
c	0.0153	0.00208	0.0105	0.0200

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.4414881	-0.6086571
b	0.4414881	1.0000000	-0.9702887
c	-0.6086571	-0.9702887	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=13

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	6
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	1
R	6.793E-6
PPC(c)	3.893E-6
RPC(c)	0.000088
Objeto	1.72E-6
Objetivo	9.453305
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	517.6	258.8	248.41	<.0001
Error	9	9.4533	1.0504		
Total corregido	11	527.1			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.1072	0.6213	19.7018	22.5127
b	21.2583	1.6107	17.6145	24.9020
c	0.0281	0.00540	0.0159	0.0403

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0857817	-0.5892621
b	0.0857817	1.0000000	-0.8040867
c	-0.5892621	-0.8040867	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=14

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	8
Subiteraciones promedio	0.8
R	2.412E-8
PPC(c)	2.155E-8
RPC(c)	0.000011
Objeto	1.75E-10
Objetivo	24.20882
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	570.2	285.1	105.98	<.0001
Error	9	24.2088	2.6899		
Total corregido	11	594.4			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.0108	0.9922	18.7663	23.2552
b	22.4691	2.6740	16.4201	28.5180
c	0.0275	0.00819	0.00897	0.0460

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.1062921	-0.5902895
b	0.1062921	1.0000000	-0.8166295
c	-0.5902895	-0.8166295	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=15

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	8
Subiteraciones promedio	1
R	8.607E-8
PPC(c)	6.445E-8
RPC(c)	0.000044
Objeto	5.418E-9
Objetivo	18.73046
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	618.9	309.4	148.68	<.0001
Error	9	18.7305	2.0812		
Total corregido	11	637.6			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.5581	0.8735	19.5801	23.5321
b	23.3388	2.3146	18.1007	28.5728
c	0.0278	0.00893	0.0121	0.0434

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0974588	-0.5898471
b	0.0974588	1.0000000	-0.8112680
c	-0.5898471	-0.8112680	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=16

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	7
Subiteraciones promedio	0.875
R	5.88E-7
PPC(c)	3.409E-7
RPC(c)	5.839E-8
Objeto	1.29E-10
Objetivo	8.456302
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	447.6	223.8	238.21	<.0001
Error	9	8.4563	0.9396		
Total corregido	11	456.1			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	23.9575	0.5884	22.6265	25.2886
b	19.6849	1.4900	16.3142	23.0556
c	0.0285	0.00551	0.0160	0.0410

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0728760	-0.5888150
b	0.0728760	1.0000000	-0.7960264
c	-0.5888150	-0.7960264	1.0000000



Procedimiento NLIN

Rep=17

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	7
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.857143
R	2.19E-8
PPC(c)	9.844E-7
RPC(c)	0.000021
Objeto	2.205E-9
Objetivo	12.243
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	609.5	304.8	224.04	<.0001
Error	9	12.2430	1.3603		
Total corregido	11	621.8			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	21.8681	0.7389	20.1966	23.5396
b	20.8871	1.0998	18.3993	23.3750
c	0.0430	0.00644	0.0284	0.0576

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.3713185	-0.5618928
b	-0.3713185	1.0000000	-0.4415767
c	-0.5618928	-0.4415767	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=18

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.75
R	7.157E-6
PPC(c)	3.051E-6
RPC(c)	0.000032
Objeto	6.226E-9
Objetivo	8.066888
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	419.9	210.0	234.24	<.0001
Error	9	8.0669	0.8963		
Total corregido	11	428.0			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	23.1143	0.6033	21.7496	24.4791
b	17.2018	0.8629	15.2496	19.1539
c	0.0453	0.00644	0.0308	0.0599

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.4237543	-0.5572441
b	-0.4237543	1.0000000	-0.3896484
c	-0.5572441	-0.3896484	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=19

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	7
Subiteraciones promedio	0.777778
R	2.228E-8
PPC(c)	7.424E-7
RPC(c)	0.000014
Objeto	1.927E-9
Objetivo	6.390549
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	997.0	498.5	702.04	<.0001
Error	9	6.3905	0.7101		
Total corregido	11	1003.4			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	31.6461	0.5123	30.4873	32.8050
b	29.2338	1.2625	26.3779	32.0897
c	0.0290	0.00322	0.0217	0.0362

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0574242	-0.5878386
b	0.0574242	1.0000000	-0.7862067
c	-0.5878386	-0.7862067	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=20

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.75
R	2.427E-6
PPC(c)	9.381E-7
RPC(c)	0.000035
Objeto	8.585E-9
Objetivo	9.815795
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	848.7	424.4	389.09	<.0001
Error	9	9.8158	1.0906		
Total corregido	11	858.5			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	32.1514	0.6479	30.6857	33.6172
b	25.5710	1.1802	22.9013	28.2407
c	0.0354	0.00456	0.0251	0.0457

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.1587942	-0.5763583
b	-0.1587942	1.0000000	-0.6298426
c	-0.5763583	-0.6298426	1.0000000

Procedimiento NLIN

Rep=21

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.6
R	5.407E-6
PPC(c)	2.631E-6
RPC(c)	0.000022
Objeto	1.831E-9
Objetivo	22.5572
Observaciones leídas	12
Observaciones usadas	12
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	993.7	496.9	198.24	<.0001
Error	9	22.5572	2.5064		
Total corregido	11	1016.3			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	29.9504	0.9997	27.8889	32.2119
b	26.7968	1.5258	23.3453	30.2483
c	0.0417	0.00677	0.0264	0.0570

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.3403964	-0.5643867
b	-0.3403964	1.0000000	-0.4711631
c	-0.5643867	-0.4711631	1.0000000

**ANEXO 3.** Fotografías del trabajo de campo y laboratorio.



**Figura 1.** Obtención y preparación de muestras de taralla de maíz



**Figura 2.** Pesaje y dilución de la urea e hidróxido de sodio



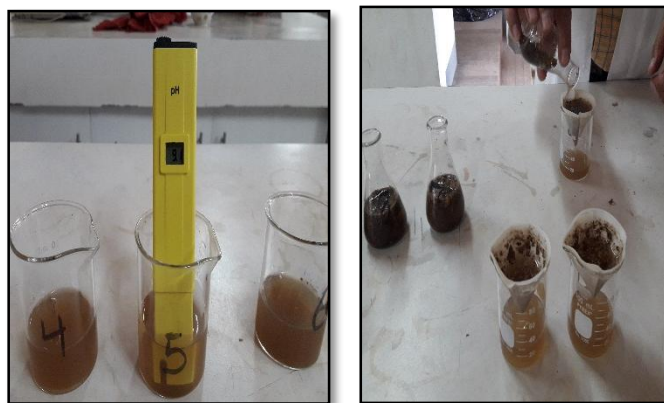
**Figura 3.** Pesaje de la taralla de maíz



**Figura 4.** Llenado y compactación de los microsilos



**Figura 5.** Sellado y almacenamiento de los microsilos



**Figura 6.** Determinación del pH



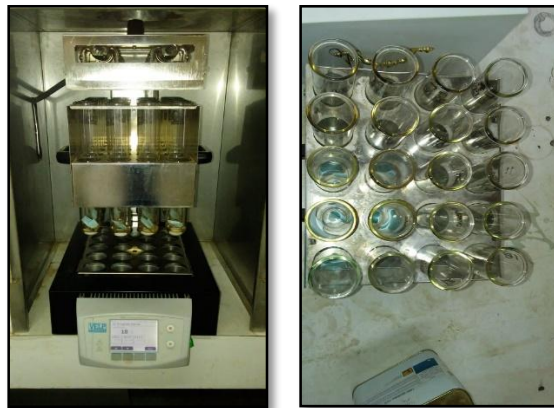
**Figura 7.** Determinación de humedad parcial



**Figura 8.** Determinación de humedad higroscópica



**Figura 9.** Determinación de cenizas



**Figura 10.** Determinación de proteína cruda





**Figura 11.** Determinación de fibra cruda



**Figura 12.** Preparación de muestras para incubación



**Figura 13.** Incubación de muestras en el rumen de ovinos fistulados

#### Anexo 4. Ficha de costos de la taralla de maíz mejorada

##### Tratamiento 2. (3 % de urea)

Producto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Subtotal
Taralla de maíz	kg	0	100	0
Urea	kg	0,4	3	1,2
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Hora	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>13,67</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,14</b>

##### Tratamiento 3. (6 % de urea)

Producto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Subtotal
Taralla de maíz	Kg	0	100	0
Urea	Kg	0,4	6	2,4
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Hora	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>14,87</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,15</b>

##### Tratamiento 4. (9 % de urea)

Producto	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Subtotal
Taralla de maíz	Kg	0	100	0
Urea	Kg	0,4	9	3,6
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Hora	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>16,07</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,16</b>

**Tratamiento 5. (1% de Hidróxido de sodio)**

<b>Producto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>
Taralla de maíz	kg	0	100	0
Hidróxido de sodio	kg	0,75	1	0,75
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Horas	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>13,22</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,13</b>

**Tratamiento 6. (2% de Hidróxido de sodio)**

<b>Producto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>
Taralla de maíz	Kg	0	100	0
Hidróxido de sodio	Kg	0,75	2	1,5
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Hora	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>13,97</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,14</b>

**Tratamiento 7. (3% de Hidróxido de sodio)**

<b>Producto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>
Taralla de maíz	Kg	0	100	0
Hidróxido de sodio	Kg	0,75	3	2,25
Bolsas plásticas	Funda	0,3	2	0,6
Mano de obra	Hora	1,87	1	1,87
Transporte	Flete	10	1	10
<b>TOTAL</b>				<b>14,72</b>
<b>Costo/kg</b>				<b>0,15</b>