

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



1859

“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE UREA EN LA AMONIFICACIÓN DE CASCARA DE MANÍ (*Arachis hypogaea*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”

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

AUTOR

Manuel F. Reyes Torres

DIRECTOR

Dr. Luis Aguirre Mendoza, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

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

CERTIFICA:

Haber revisado la presente tesis titulada **“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE UREA, EN LA AMONIFICACIÓN DE CASCARA DE MANÍ (*Arachis hypogaea*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”** realizada por el Sr. Egresado **Manuel Francisco Reyes Torres**, la misma que **CULMINÓ DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO**, cumpliendo con todos los lineamientos establecidos en la reglamentación vigente de la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, **SE AUTORIZA LA CONTINUACIÓN DEL TRÁMITE DE GRADUACIÓN.**

Loja, 04 de Octubre de 2018

Atentamente,



.....
Dr. Luis A. 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 “**EFEECTO DE DIFERENTES NIVELES DE UREA EN LA AMONIFICACIÓN DE CASCARA DE MANÍ (*Arachis hypogaea*) PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES**”, del Sr. egresado MANUEL FRANCISCO REYES TORRES, 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.

APROBADO


Loja, 14 de Noviembre del 2018



.....
Mg. Sc. Galo Vinicio Escudero Sánchez
PRESIDENTE



.....
Mg. Sc. Mauro I. Guevara Palacios
VOCAL



.....
Mg. Sc. Stephanie F. Chávez Arrese
VOCAL

AUTORÍA

Yo, **Manuel Francisco Reyes Torres**, 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: Manuel Francisco Reyes Torres

FIRMA:



CEDULA: 1104931348

FECHA: Loja, 20 de Noviembre de 2018

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

Yo, **Manuel Francisco Reyes Torres**, declaro ser el autor de la tesis titulada **"EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE UREA EN LA AMONIFICACIÓN DE CASCARA DE MANÍ (*Arachis hypogaea*) 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 pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

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

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

FIRMA:

Autor: Manuel Francisco Reyes Torres

Cédula de Identidad: 1104931348

Dirección: Loja, Calles Milton Patiño y Av. Twintza - Barrio Esteban Godoy

Correo electrónico: manuedjreystorres@gmail.com

Celular: 0999567441

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis:

Mg. Sc. Luis Aguirre Mendoza

Tribunal de grado:

Mg. Sc. Galo Vinicio Escudero Sánchez (Presidente)

Mg. Sc. Mauro I. Guevara Palacios (Vocal)

Mg. Sc. Stephanie F. Chávez Arrese (Vocal)

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Dejo constancia de mi gratitud a la Universidad Nacional de Loja, a los docentes de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por sus sabias enseñanzas, experiencias y consejos impartidos a lo largo de mi carrera, lo que ha permitido concluir con éxito mis estudios universitarios; y como no podía ser de otro manera, un agradecimiento especial, al Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc, quien con su gran humanismo y ética profesional dirigió con paciencia y tenacidad la presente tesis haciendo posible su culminación respectiva.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Y por último a mis padres, los cuales me han motivado durante mi formación profesional brindándome toda su ayuda.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a quienes, me encantaría agradecer su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

El Autor.

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido de manera especial para mi querida madrecita Delma M. Torres Vaca, quien ha sido mi apoyo y pilar fundamental para poder culminar con éxito mi carrera universitaria, y ha sabido brindarme su sacrificio, amor y consejos.

De igual manera para toda mi familia y amigos que supieron estar conmigo en los buenos y malos momentos, que con sus consejos supieron brindarme el apoyo necesario para no decaer y seguir adelante. A todos ellos dedico este trabajo fruto del esfuerzo y la dedicación perseverante.

A mis maestros y compañeros por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus conocimientos y experiencias.

Manuel F. Reyes Torres

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
AUTORÍA	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL MANÍ	3
2.1.1. Producción de Maní en el Ecuador	3
2.1.2. Producción de Maní en la Provincia de Loja	4
2.2. CASCARA DE MANÍ.....	4
2.2.1. Valor Nutricional	4
2.2.2. Utilización en la Alimentación de Rumiantes.....	5
2.3. TRATAMIENTO QUÍMICO DE MATERIALES FIBROSOS.....	6
2.4. LA AMONIFICACIÓN	7
2.4.1. Beneficios de la Amonificación	7
2.4.2. Uso de urea en la Amonificación	7
2.4.3. La Urea como Fuente de Amoniaco	8
2.5. VALORACIÓN NUTRICIONAL DE RESIDUOS AGRÍCOLAS	8
2.5.1. Composición Química.....	8
2.5.2. Composición de la Fibra Cruda	9
2.5.3. Pruebas de Digestibilidad.....	10
2.6. TRABAJOS RELACIONADOS	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. MATERIALES	14

3.1.1.	Materiales de Campo	14
3.1.2.	Materiales de Laboratorio	14
3.1.3.	Materiales de Oficina	15
3.2.	MÉTODOS	15
3.2.1.	Localización	15
3.2.2.	Obtención del Material (cáscara de maní)	15
3.2.3.	Procedimiento Experimental.....	15
3.2.4.	Unidades Experimentales.....	16
3.2.5.	Diseño Experimental.....	16
3.2.6.	Descripción de Tratamientos	16
3.2.7.	Variables de Estudio	16
3.2.8.	Toma y Registro de Datos.....	17
4.	RESULTADOS	22
4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ.....	22
4.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ AMONIFICADA	22
4.3.	DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA	26
4.4.	CONTENIDO DE ENERGÍA.....	28
5.	DISCUSIÓN	30
5.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ SIN AMONIFICAR	30
5.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ AMONIFICADA	31
5.3.	DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA METERIA SECA.....	32
5.4.	CONTENIDO DE ENERGÍA.....	33
6.	CONCLUSIONES	34
7.	RECOMENDACIONES	35
8.	BIBLIOGRAFÍA	36
9.	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenido	Pág.
Tabla 1	Composición química de la cáscara de maní.....	5
Tabla 2	Descripción de los tratamientos según los niveles de inclusión de urea.....	16
Tabla 3	Composición química de la cáscara de maní.....	22
Tabla 4	Composición química y valores de pH de cáscara de maní amonificada con niveles crecientes de urea.....	22
Tabla 5	Digestibilidad <i>in situ</i> en base seca de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea (%)......	26
Tabla 6	Efecto de niveles crecientes de urea sobre los parámetros de degradación ruminal <i>in situ</i> de la cáscara de maní.....	27
Tabla 7	Contenido de energía de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Figura 1	Valores de pH según el nivel de urea en la amonificación de la cáscara de maní.....	23
Figura 2	Contenido de materia seca en la amonificación de cáscara de maní con niveles crecientes de urea.....	23
Figura 3	Contenido de cenizas de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.....	24
Figura 4	Contenido de proteína cruda en la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.....	24
Figura 5	Contenido de fibra cruda de la cáscara de maní amonificada.....	25
Figura 6	Variación del contenido de materia seca y fibra cruda de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.....	25
Figura 7	Efecto de diferentes niveles de inclusión de urea sobre la proteína cruda y cenizas de la cáscara de maní.....	26
Figura 8	Cinética de degradabilidad <i>in situ</i> de la cáscara de maní amonificada.....	28
Figura 9	Contenido de energía metabolizable de la cáscara de maní amonificada con niveles crecientes de urea.....	29
Figura 10	Efecto de la inclusión de urea en el contenido energético de la cáscara de maní.....	29

**“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE UREA EN LA
AMONIFICACIÓN DE CASCARA DE MANÍ (*Arachis hypogaea*)
PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES”**

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de bromatología y en la quinta experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja, con el propósito de evaluar el efecto de diferentes niveles de urea en la amonificación de cáscara de maní (*Arachis hypogaea*) para uso en la alimentación de rumiantes. Se evaluaron cuatro tratamientos: T1: 0 %, T2: 3 %, T3: 6 % y T4: 9 % de urea, mediante un diseño experimental anidado con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La amonificación se realizó durante 21 días, en microsilos 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 mostraron modificación ($P \leq 0,0001$) en el pH con valores cercanos a la alcalinidad (T1: 6,47; T2: 9,03; T3: 9,2 y T4: 9,27). El contenido de MS, no presentó diferencia estadística ($P=0,2914$) con un promedio de 60,35 %; mientras que las cenizas y proteína cruda se incrementaron de 8,91 a 15,26 % y de 8,93 a 12,18 % respectivamente; por su parte los valores de FC disminuyeron ($P=0,0182$) de 70,83 % a 59,42 %, aunque sin mostrar diferencia estadística entre los niveles de urea. La DISMS alcanzó el máximo valor (68,06 % $P \leq 0,0001$) con el 9 % de urea hasta las 96 h, consecuentemente el contenido de EM varió de 1,03 a 2,26 Mcal/kg de materia seca. Se concluye que la amonificación de cáscara de maní con urea, mejora su valor nutritivo, reduciendo el contenido de FC e incrementando el contenido de PC, la degradación ruminal y el contenido de energía.

Palabras clave: Residuos agrícolas, amonificación, valor nutritivo, alimentación de rumiantes.

SUMMARY

The present research work was carried out in the laboratory of bromatology and in the experimental farm "Punzara" of the Universidad Nacional de Loja, with the purpose of evaluating the effect of different levels of urea in the ammonification of peanut shell (*Arachis hypogaea*) to be used in the feeding of ruminant animals. Four treatments were evaluated: T1: 0 %, T2: 3 %, T3: 6 % and T4: 9 % urea, by means of an experimental design nested data model with four treatments and three repetitions. The ammonification was carried out during 21 days, in PVC microsilos with capacity for 1 kg. The evaluated variables were: pH, Dry Matter (DM), Ashes (Cz), Crude Protein (CP), Crude Fiber (CF), In situ Digestibility of MS (ISDMS) and Energy Content (EM). The results showed a change ($P \leq 0,0001$) in pH with values close to alkalinity (T1: 6,47; T2: 9,03; T3: 9,2 and T4: 9,27). The MS content did not present statistical difference ($P = 0.2914$) with an average of 60.35%; while ashes and crude protein increased from 8,91 to 15,26 % and from 8,93 to 12,18 % respectively; On the other hand, the Cf values decreased ($P = 0.0182$) from 70.83% to 59.42%, although without showing statistical difference between the levels of urea. The ISDMS reached the maximum value (68.06 % $P \leq 0,0001$) with 9 % urea until 96 h, consequently the MS content varied from 1.03 to 2.26 Mcal/kg dry matter. It is concluded that ammonification of peanut shell with urea improves its nutritional value, reducing CF content and increasing CP content, ruminal degradation and energy content.

Keywords: Agricultural residues, ammonification, nutritional value, ruminant feed.

1. INTRODUCCIÓN

Los pastos y forrajes constituyen las principales fuentes alimenticias para cubrir los requerimientos nutricionales de los rumiantes (García y Ramos, 2011); sin embargo, hay que considerar que ningún pasto y/o forraje por sí solo, es capaz de aportar todos los nutrientes que el animal requiere para su mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción (Cruz y Nieuwenhyse, 2008). En la provincia de Loja, la alimentación de rumiantes se basa exclusivamente en el pastoreo, en potreros con una producción de biomasa de bajo valor nutritivo, que no satisface los requerimientos de energía y proteína; siendo necesario el suministro de suplementos para mejorar el régimen alimenticio (Moncayo, 2017).

El sector agrícola genera gran cantidad de residuos como la cascara de maní (8 000 t) (Valarezo y Ochoa, 2012; Macías, 2012), que son fuentes de contaminación ambiental al ser quemados, acumulados en tiraderos, y/o arrojados sin tratamiento previo hacia el medio ambiente, debiéndose particularmente a la enorme dificultad de manejo y su bajo valor económico (Viscaíno, 2006). Para mejorar su valor nutritivo y facilitar su uso en la alimentación animal, deben ser transformados mediante procesos físicos, químicos o biológicos (Aguayo y Vázquez, 2003).

En la provincia de Loja, la producción de maní (*Arachis hypogaea*), constituye una actividad de tipo familiar que paulatinamente se ha ido incrementando (INIAP, 2003), con una producción media anual de 13 a 20 qq por hectárea (INIAP, 2010), contribuyendo al desarrollo agrícola e industrial y al mejoramiento nutricional de la población, por su alto contenido de aceite 50%, y proteína 30% (Álava, 2012). La cáscara de maní es un residuo rico en fibra y altamente lignificado, tiene utilidad como aporte fibroso en dietas concentradas para rumiantes (Godio *et al.*, 2007).

Una alternativa viable y económica para los productores, especialmente en periodos críticos (sequía) donde la base forrajera es limitante para la producción de rumiantes, es la integración de la producción agrícola y pecuaria, utilizando residuos o subproductos de cosecha como el rastrojo de maíz, pulpa de café, cascarilla de arroz, cascara de maní, etc., para la alimentación animal, en especial rumiantes (Saavedra, *et al.*, 2013).

Los residuos de cosecha son considerados materiales de muy baja calidad nutritiva, con menos del 5% de proteína, y con una digestibilidad reducida (FAO, 2009), lo que impulsa a mejorar su calidad nutricional mediante procesos químicos como la amonificación para ser utilizados en la alimentación de rumiantes; con este proceso se logra mejorar significativamente su consumo y digestibilidad (Jiménez *et al.*, 2010).

Con estos antecedentes la presente investigación se orientó a mejorar el valor nutritivo de la cáscara de maní, mediante procesos de amonificación con el propósito de generar alternativas para su uso en la alimentación de rumiantes, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

- Analizar los efectos de diferentes niveles de urea, sobre la composición bromatológica de la cáscara de maní.
- Evaluar el efecto del uso de diferentes niveles de urea sobre la degradabilidad *in situ* de la cáscara de maní.
- Estimar el contenido de energía digestible *in situ* de la cáscara de maní amonificada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL MANÍ

El maní (*Arachis hypogaea*) es una especie oleaginosa, “cultivo anual de la familia de las fabáceas, perteneciente a la clasificación de las leguminosas, cuyos frutos contienen semillas que son apreciados en la preparación de alimentos” (Espinoza y León, 2017), de suma importancia por su gran aporte de grasas insaturadas (45%), proteína (30%), rico en vitaminas (E y complejo B), macro y micro minerales; gracias a su contenido de ácidos (oleico y linoleico), su ingesta resulta beneficiosa para la salud cardiovascular y el buen funcionamiento del cerebro (Castillo, 2014).

Debido a la gran demanda a nivel nacional, actualmente el cultivo de maní (*Arachis hypogaea*) origina un gran interés a la industria oleaginosa para la extracción de aceites y al consumo directo para la elaboración de una infinidad de platillos (Gaviláñez *et al.*, 2015).

2.1.1. Producción de Maní en el Ecuador

En el Ecuador, el cultivo de maní (*Arachis hypogaea*) es una actividad de tipo familiar, que no ha tenido un desarrollo sostenido que permita cubrir la demanda interna, con una producción media anual de 591 a 1 000 kg/ha (Sellan, 2015; Sarmiento, 2013), tanto para consumo directo como industrial, debido principalmente a situaciones de manejo y calidad de la semilla. Las provincias de Manabí, Loja y El Oro son las principales productoras (Ayala, 2009), destinando anualmente entre 12 000 y 20 000 ha para la siembra de maní (Gaviláñez *et al.*, 2015; Sarmiento, 2013).

Las principales variedades de maní (*Arachis hypogaea*) que se cultivan en el Ecuador son: Rosita INIAP 381, Caramelo INIAP 382, INIAP 380 y Charapotó (Barros, 2014), con rendimientos que fluctúan entre los 1 000 y 3 000 kg/ha (INIAP, 2000, 2003, 2010). Según datos publicados por el INIAP, el rendimiento anual no supera las 1 500 toneladas por hectárea, con una producción media de 12 663 t, de lo que se deduce un aproximado 3 800 t de desechos al año (Espinoza y León, 2017).

2.1.2. Producción de Maní en la Provincia de Loja

Las principales áreas de cultivo están ubicadas en las zonas cálidas de los cantones Paltas, Calvas, Chaguarpamba, Espíndola y Olmedo (Motoche, 2015). En la provincia de Loja se destinan entre 1 5000 a 20 000 ha, equivalente al 49 % del área a nivel nacional para el cultivo de maní, con una producción anual promedio de 10 000 t, con rendimientos de 4 000 a 5 000 kg/ha (Sarmiento, 2013). La producción que se vende es muy superior a la que se consume dentro de las fincas, son por lo tanto artículos muy importantes en la generación de ingresos monetarios tanto de las familias campesinas como de los productores empresariales, destinando el 75 % de la producción para la venta, el 13 % para semilla y el 12 % para consumo propio. El volumen de producción comercializado es de 3 713 t, de una producción total de 4 950 t (Aguilar, 2014).

2.2. CASCARA DE MANÍ

La cáscara de maní, es el residuo primario del procesamiento del maní, y representa entre el 25 y 30 % del peso total del fruto (Ravera *et al.*, 2008). La cáscara de maní es cóncava, presenta una superficie externa rugosa, vitrificada, delgada y frágil, la capa interna es más porosa con fibras adheridas; es liviana con un espesor de 0,5 a 1 mm, en función a la variedad y de acuerdo a los granos que aloja, su tamaño aproximado es de 30 a 50 mm, tiene una relación peso/volumen 45 - 50 g/L (Castillo, 2014).

La producción de maní genera gran cantidad de cáscara como residuo principal y se considera como una fuente de contaminación al ser quemada, acumulada en tiraderos, y/o arrojada sin tratamiento previo hacia el medio ambiente (Valarezo y Ochoa, 2012; Viscaíno, 2006). De esta actividad agrícola se aprovecha el grano o semilla para la extracción de aceites, consumo directo y para la elaboración de una gran variedad de confiterías.

2.2.1. Valor Nutricional

La cáscara de maní, como desecho, no tiene valor económico y no es comercializada (Espinoza y León, 2017), los usos más comunes han sido como abono, combustible de calderas, y en épocas críticas como ingrediente para suplementar la alimentación del

ganado particularmente porcino (Macías, 2012), como ingrediente para alimento balanceado de aves de corral, como medio de cultivo para hongos, vehículo para pesticidas y fertilizantes, protección de plantas, similares a la viruta; también se puede producir carbón activo dándole usos desde pastillas para contener diarreas hasta complejos y sofisticados procesos industriales (Espinoza y León, 2017).

2.2.1.1. Composición química

La cáscara de maní está formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, el 95 % de la cáscara tiene materia orgánica y el 5 % corresponde a minerales (Si, Ca, Mg, K, Al, P, S, Cl) presentes en las cenizas; contiene además otros polisacáridos, lípidos, proteínas, minerales, azúcares libres y resinas (Espinoza y León, 2017).

Tabla 1. Composición química de la cáscara de maní.

Composición	g/kg MS
Materia Seca (MS; %)	92,4
Ceniza cruda	28
Grasa cruda	14
Proteína cruda	57
Fibra cruda	697
FND	910
FAD	795
LAD	374
Celulosa	421
Hemicelulosa	115
ED (MJ/kg MS)	1,7

Fuente: Al-Masri y Guenther, 1999.

2.2.2. Utilización en la Alimentación de Rumiantes

Hill (2002), afirma que mediante la inclusión de cáscara de maní en dietas concentradas, se logra obtener una mayor digestibilidad de la materia seca y de la fibra cruda, así como un mayor consumo de alimento, sin afectar sus características si se asocia con un forraje; también recomienda incluir entre el 10 y 20 % de la dieta, obteniendo excelentes rendimientos de corrales y un normal funcionamiento ruminal.

El bovino se diferencia de otros animales herbívoros como el caballo, conejo o cuy, porque está capacitado para utilizar una proporción mayor de glúcidos fibrosos debido

a que dependen de la digestión microbiana que se efectúa en el rumen, ciego e intestino grueso (García y García, 2004).

El efecto del metabolismo normal es que permite que el animal subsista con una gran variedad de dietas, aunque la eficiencia global de la utilización de las proteínas sea baja debido a que es biológicamente incapaz de degradar y de sintetizar moléculas complejas como las de las proteínas (García y Ramos, 2011).

Sin embargo, los bovinos a través de su sistema digestivo son capaces de utilizar los materiales fibrosos en su alimentación, la mayoría de estos materiales en condiciones normales no atienden las necesidades de los animales debido al bajo consumo y bajo aprovechamiento, pues se caracterizan por presentar baja digestibilidad, bajo contenido de proteína bruta, minerales y son altos en el contenido de lignina (Ruiz *et al.*, 1980).

2.3. TRATAMIENTO QUÍMICO DE MATERIALES FIBROSOS

A lo largo del tiempo se han estudiado numerosos métodos para incrementar la digestibilidad y consumo de materiales fibrosos, con la finalidad de aumentar la solubilidad de sus componentes estructurales (fibra, lignina, etc.) (Nigam *et al.*, 1999); entre los diferentes tratamiento se ha usado con éxito el hidróxido de sodio (NaHO) o sosa caustica (Mohd *et al.*, 2006), que es una sustancia peligrosa y muy difícil de usar, además, eleva los niveles de sodio en los alimentos en condiciones extremadamente tóxicos (Bucardo y Ángeles, 2001).

Hasta la actualidad se han desarrollado una diversidad de compuestos químicos para tratar materiales altamente fibrosos, utilizando fuentes de amoníaco, como el NH₃ (amoníaco anhídrido) (Calva, 2018), pero resulta difícil su manejo y requiere de equipos especiales y costosos, gracias a que es un gas volátil y se debe almacenar bajo presión (Bucardo y Ángeles, 2001). Una de las mejores alternativas es el uso de la urea para producir amoníaco, gracias a su fácil manejo y adquisición (García y García, 2004).

2.4. LA AMONIFICACIÓN

En el proceso de amonificación se emplean diversos compuestos químicos como fuente de amoníaco, así tenemos: Amonio anhidro (NH_3), Hidróxido de amonio (NH_4OH) y la urea (Pabón *et al.*, 1987), mismos que son utilizados en tratamientos para alterar los componentes estructurales de la pared celular de materiales altamente fibrosos, principalmente los compuestos nitrogenados y la fracción fibrosa (lignina-carbohidratos) (Rodríguez *et al.*, 2002).

2.4.1. Beneficios de la Amonificación

El objetivo principal de la amonificación es mejorar la calidad nutricional de materiales con altos contenidos de fibra (residuos de cosecha), que puedan constituirse en una buena alternativa para la alimentación de rumiantes (Saavedra *et al.*, 2013).

Con la amonificación se busca incrementar el contenido de proteína bruta, la digestibilidad y el consumo (Bucardo y Ángeles, 2001). Diversos estudios han demostrado que el contenido de proteína bruta se incrementa sustancialmente al usar tratamientos con amoníaco; aumenta la digestibilidad de la hemicelulosa y celulosa de forrajes o materiales fibrosos (Saavedra *et al.*, 2013), eleva el consumo de materia seca y mejora la tasa de digestión y excreción de orina (Jiménez *et al.*, 2010), además, de incrementar el pH y concentraciones de ácido láctico (Pabón *et al.*, 1987).

2.4.2. Uso de urea en la Amonificación

La urea es un compuesto químico nitrogenado no proteico, cristalino, elaborado a temperaturas y presiones altas; usándose principalmente para fijar el nitrógeno del aire y producir amoníaco anhídrido, además, se la puede identificar con la siguiente fórmula $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$ (Quichimbo, 2017).

La utilización de la urea en procesos de amonificación se ha generalizado con el pasar de los días (Rodríguez *et al.*, 2002), estudios preliminares señalan que se puede utilizar en partes iguales con agua en proporciones de 50 % de materia seca y 50 % de humedad (García y García, 2004). El tiempo ideal de almacenamiento en condiciones herméticas

varía entre los 15 y 30 días, obteniendo al final excelentes resultados, mezclándose con paja a temperaturas tropicales (Bucardo y Ángeles, 2001).

2.4.3. La Urea como Fuente de Amoniac

La Urea se produce sintéticamente combinando amoniac y dióxido de carbono, dando como resultado una sustancia blanca, cristalina, soluble en agua; se usa extensamente como fertilizante nitrogenado, con un contenido del 45 % de nitrógeno (García y García, 2004). Por acción de la enzima ureasa, la urea se hidroliza en amoniac y causa la disociación de complejos estructurales de lignina - carbohidratos presentes en la pared celular de forrajes o materiales fibrosos (Rodríguez *et al.*, 2002).

2.5. VALORACIÓN NUTRICIONAL DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

La valoración nutricional no es más que la relación entre la composición química, la digestibilidad y el rendimiento de materia seca (Debartolo, 2013). Así mismo, el valor nutritivo es la capacidad de un alimento para proveer los nutrientes requeridos por el animal para cumplir funciones de mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción (Parra, 2009). En consecuencia el valor nutritivo es la concentración de nutrientes por unidad de materia seca consumida, constituyéndose, conjuntamente con el atributo de valor alimenticio, lo que conocemos como calidad de los forrajes (Debartolo, 2013).

2.5.1. Composición Química

El contenido de materia seca de residuos agrícolas es muy elevado entre el 80 y 85 % y el contenido de humedad bordea regularmente el 12 %. Los principales nutrientes que aportan estos forrajes son proteína cruda: 3 - 6 %, carbohidratos estructurales: 4 - 20 %, carbohidratos no estructurales: 40 - 60 %, extracto etéreo: 1 - 5 % y cenizas: 2 - 11 % en base seca (Al-Masri y Guenther, 1999).

Los carbohidratos estructurales constituyen la mayor parte de la pared celular incluyendo hemicelulosa, celulosa y lignina, y en los no estructurales están agrupados los azúcares simples que participan en el metabolismo y son almacenados por la planta (López *et al.*, 2018).

La celulosa y hemicelulosa representan la principal fuente de energía para los rumiantes y la lignina es el compuesto químico indigestible que limita el aprovechamiento de los carbohidratos (Debartolo, 2013). Estas estructuras constituyen la fracción vegetal denominada fibra cruda (Mora, 2012).

2.5.2. Composición de la Fibra Cruda

La composición química de algunos de los materiales fibrosos son claros indicadores de baja digestibilidad, con niveles de fibra cruda (FC) por encima del 30 % y valores de nutrientes totales (NTD) casi con frecuencia por debajo del 50 %. Los niveles de fibra detergente ácida (FDA), entre el 35 y 55 %, lignina entre 5 y 16 % y valores de proteína menores al 5 %; éstos indicadores limitan el consumo y la producción tanto de carne como de leche principalmente (Bucardo y Ángeles, 2011).

2.5.2.1. Fibra Detergente Neutro

La FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en el alimento, es una medida de la cantidad de celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílice. De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos, además, de ocupar un alto volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o mejor dicho con su capacidad de consumo de materia seca (Qhizhpe, 2018).

2.5.2.2. Fibra Detergente Ácida

Es el material insoluble en una solución detergente acida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y minerales. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Cuando la porción de FND y almidón degradable en el rumen es menos de 1:1 o cuando las proporciones del concentrado son más altas del 50% del consumo de materia seca, se produce una fermentación acida y eleva la formación de propionato; resultando en un mayor potencial para disminuir el contenido de grasa en la leche (García, 2011).

2.5.3. Pruebas de Digestibilidad

La digestibilidad es el porcentaje de un alimento que se digiere durante el trayecto por el tubo gastrointestinal (Shimada, 2003). La digestibilidad varía como consecuencia de factores propios del alimento, animal, etc. La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales (Araiza *et al.*, 2013). Una digestibilidad del 65 % en un forraje es indicativo de un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía (Debartolo, 2013).

El valor nutritivo de los forrajes está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal (Shimada, 2003). La digestibilidad se relaciona con las propiedades intrínsecas del alimento que limitan su disponibilidad para el rumiante y determinan la proporción de nutrientes consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, para lo cual depende de un activo crecimiento y desarrollo de la población microbiana ruminal (Araiza *et al.*, 2013). El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto para la formulación de raciones para los animales rumiantes (McDonal *et al.*, 1995). Por lo tanto, métodos precisos y prácticos para la evaluación del valor nutricional de los forrajes son de reconocida importancia (Luna, 2017).

2.5.3.1. Digestibilidad *in vivo*

Existen dos métodos para la determinación de la digestibilidad *in vivo*. El primer método de recolección total de heces, que consiste en recoger cuantitativamente las heces de la excreta; el otro método se utilizan indicadores incorporados al alimento, que luego es analizado en él y en las heces (Martínez, 2012). La digestibilidad *in vivo* es la cantidad de nutrientes que son ingeridos y metabolizados para luego ser excretados en forma de heces (Shimada, 2003). Hay que tener en cuenta que la digestibilidad *in vivo* es un procedimiento costoso y laborioso, que requiere grandes cantidades de alimento, por lo que se hacen métodos menos laboriosos como los

métodos *in vitro* estos permite una valoración más rápida de los alimentos sin afectar negativamente a la precisión del valor obtenido (Jaramillo, 2018).

2.5.3.2. Digestibilidad *in situ*

El método *in situ* o *in sacco* ha sido adoptado como un método para determinar el grado y la tasa de degradación ruminal de materia seca y proteína de alimentos destinados para rumiantes (González *et al.*, 2015). Dicha técnica involucra la incubación del sustrato en bolsas de nylon dentro del rumen de animales fistulados, obteniéndose a intervalos de tiempo la formación del rango de fermentación, midiéndose la pérdida de materia seca y proteína de la bolsa (Luna, 2017).

Debido a que las muestras de alimento que se someten a pruebas de digestibilidad *in situ* están en íntimo contacto con los microorganismos ruminales, es muy importante que se encuentren en el rumen aquellos capaces de digerir el tipo de alimento evaluado, por lo cual es necesario proporcionar una dieta adecuada para favorecer su crecimiento (González *et al.*, 2015).

El material de las bolsas debe ser de poliéster (dacrón) o nylon, los poros de la bolsa deben ser lo suficientemente pequeños para minimizar las pérdidas de material sin degradar, a la vez que permiten una adecuada actividad microbiana. Un tamaño de poro entre 40 - 60 μm es adoptado como estándar (Luna, 2017).

El alimento se coloca dentro de las bolsas de nylon cerradas y luego en el rumen de los animales, el retiro de distintas bolsas a lo largo del tiempo permite medir la cantidad de material que ha desaparecido (Reyes, 2012). Esta técnica ha mostrado un buen grado de asociación con el consumo y la digestibilidad para alimentos como forrajes frescos y henos (Luna, 2017).

2.5.3.3. Digestibilidad *in vitro*

Este procedimiento busca simular los procesos digestivos que se llevan a cabo en el sistema digestivo del animal, realizando procesos mecánicos y enzimáticos (pepsina, tripsina, celulosa y líquido ruminal) del alimento en un laboratorio, sometiendo en periodos de incubación una muestra seca de forraje molido en partículas “1 mm”, para

mezclarse con el líquido ruminal y posteriormente con la pepsina y ácido clorhídrico utilizados para la valoración de los forrajes, según la metodología propuesta por Tilley y Terry (Giraldo *et al.*, 2007).

Con la digestibilidad *in vitro* se espera que la cantidad de alimento que desaparece por acción de los procesos enzimáticos sea la cantidad digestible. La ventaja de este método es su desarrollo fácil y económico; los resultados obtenidos son confiables al compararlos con la técnica *in vivo*, sin embargo tiene mayor probabilidad de error al reemplazar los animales (Jaramillo, 2018).

2.6. 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 ó

72 h de incubación. El pH a 48 h fue mayor ($p \leq 0.05$) para las dietas con rastrojo que para las dietas con paja, aunque no hubo efecto ($p > 0.05$) de las enzimas. La concentración molar de ácido acético fue superior ($p < 0.05$) a las 12 h para los tratamientos sin enzimas respecto a los tratamientos con enzimas (41.73 vs 33.40 mM). El ácido butírico se redujo ($p \leq 0.05$) con enzimas a las 12 h (10.03 vs 6.01 mM). Las enzimas fibrolíticas modificaron la fermentación ruminal pero no mejoraron la digestibilidad de las dietas.

Al-Masri y Guenther (1999), determinó los cambios en la digestibilidad y los componentes de la pared celular de algunos subproductos agrícolas debido a la radiación gamma y los tratamientos con urea”, obtuvo FDN 86,7 %, FDA 75,6 %, LDA 35,4 %, DIVMO 15,1 % y EM 0,29 Mcal/kg, al amonificar cáscara de maní con 5 % de urea.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales de Campo

- Animales fistulados (ovinos)
- Bolsas de Nylon
- Cáscara de maní (12 Kg)
- Urea
- Agua
- Balanza (graduada en gramos)
- Tubos PVC con tapa
- Fundas de polietileno
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo

3.1.2. Materiales de Laboratorio

- Equipos para análisis químico proximal
- Balanza analítica
- Estufa
- Material de vidrio
- Reactivos para análisis bromatológico
- Agua
- Jabón
- Cloro
- Cronómetro/reloj
- Guantes
- Mandil
- Registro o Cuaderno de apuntes

3.1.3. Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Hojas de papel boom
- Libreta de apuntes
- Pendrive

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología y en la quinta experimental “Punzara” de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, misma que se encuentra ubicada al sur occidente de la hoya de Loja, a una altitud de 2 160 msnm, posee una temperatura promedio de 16,2 °C, con una humedad relativa del 76 %, precipitación de 1 338,6 mm anual, ubicada en una zona de vida de bosque seco montano bajo (INAMHI, 2014).

3.2.2. Obtención del Material (cáscara de maní)

La cáscara de maní se obtuvo mediante muestreo estratificado en la planta procesadora ubicada en la ciudad de Cariamanga, cantón Calvas, provincia de Loja, se recolectó en sacos de nylon, para ser llevada al laboratorio de bromatología de la UNL, dónde se procedió al picado (1 cm), para su posterior proceso de amonificación.

3.2.3. Procedimiento Experimental

Para el proceso de amonificación se utilizó urea, aplicando cuatro niveles (0, 3, 6 y 9 %), para lo cual se pesó 30 g, 60 g y 90 g, respectivamente, para su posterior dilución con 46 % de agua en relación a materia seca (1 kg). Se mezcló el material con la solución de urea, excepto las muestras testigo con 0 % de urea, a las cuales únicamente se les agregó 46 % de agua, seguidamente se llenaron los silos de PVC, formando

capas de 20 a 25 mm; todos los microsilos fueron sellados herméticamente y se almacenaron durante 21 días, luego se abrieron para tomar submuestras y realizar el respectivo análisis de las variables en estudio.

3.2.4. Unidades Experimentales

Se trabajó con 12 microsilos elaborados con tubos circulares de PVC con una capacidad aproximada de 1 kg; cada silo constituyó una unidad experimental.

3.2.5. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental anidado con cuatro tratamientos y tres repeticiones; los tratamientos fueron los distintos niveles (0, 3, 6 y 9 %) de urea.

3.2.6. Descripción de Tratamientos

Tabla 2. Descripción de los tratamientos según los niveles de inclusión de urea.

N°	Código	Tratamientos
1	T1	Testigo: Cáscara de maní sin urea
2	T2	Cáscara de maní con 3 % de urea
3	T3	Cáscara de maní con 6 % de urea
4	T4	Cáscara de maní con 9 % de urea

Fuente: El autor.

3.2.7. Variables de Estudio

- pH (escala 0-14)
- 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

Se realizó con un pH-metro 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

Se determinó por diferencia, para lo cual se pesó 1 g de muestra en un crisol desecado en estufa a 135° C por dos horas. El crisol más la muestra, se colocaron en una estufa a 65 °C por 48 horas, después de este tiempo se retiraron y colocaron en un desecador durante 15 minutos; al final se aplicaron las siguientes fórmulas: % Materia Seca = 100 - H (La O *et al.*, 2006).

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Dónde,

H = % de humedad.

P₁ = peso muestra húmeda.

P₂ = peso muestra seca.

3.2.8.3. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó pesando 2 g de la muestra en crisoles, después se colocaron en una mufla a 600 °C durante 3 horas; luego se los retiraron y colocaron en un desecador por 10 minutos, para finalmente proceder a registrar el peso. Los cálculos se determinaron con la siguiente expresión matemática (Cutili, 2012):

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

Dónde:

Cz = % de cenizas.

PCc = peso crisol + cenizas.

PCv = peso crisol vacío.

Pms = peso muestra seca.

3.2.8.4. Proteína cruda

Para determinar el porcentaje de proteína cruda se realizaron los siguientes pasos:

- a) **Preparación de la muestra:** se molieron las muestras a 1 o 2 mm de espesor, luego se pesaron 300 mg de la muestra y se los colocaron en los tubos digestores, se agregó 5 ml de ácido sulfúrico (H₂ SO₄) y por último se puso una pastilla catalizadora Kjeldahl.
- b) **Digestión:** Se colocaron los tubos en el digestor y se programó los siguientes tiempos: 150 °C por 30 minutos, 280 °C por 50 minutos y 400 °C por 60 minutos y se dejaron enfriar por el lapso de una hora.
- c) **Destilación:** Se colocaron los tubos con la muestra digerida en el destilador por cuatro minutos y se recogió la solución destilada en un matraz de 250 ml.
- d) **Titulación:** Se llevó a cabo llenando una bureta con una solución de ácido sulfúrico al 0.02 N (1 000 ml de agua destilada con 2.8 ml de ácido sulfúrico), después se colocó tres 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 y se dejó caer la solución de ácido clorhídrico en la solución destilada hasta que cambie al color rojo violeta.

Para el cálculo del porcentaje de proteína cruda se utilizó la siguiente fórmula (Magomya *et al.*, 2014):

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(N) \times (N) \times (\text{meq. N})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Dónde:

V = volumen gastado del ácido clorhídrico.

N = normalidad del ácido clorhídrico.

Meq. N = miliequivalente del nitrógeno que es 0.014.

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):

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

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 96 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 96 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):

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

Fórmula para ajustar la digestibilidad *in situ* en base a MS

$$\% DISMS = \left(\frac{\% DIG}{MS} \right) \times 100$$

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.

MS = materia seca total.

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.

3.2.8.6. 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):

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

3.2.9. Análisis Estadístico

Cada variable fue sometida a análisis de varianza (ADEVA), según modelo experimental anidado y se aplicó la prueba de Duncan con un nivel de significación del 5 %, con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT (2018). Para lo cual se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{j\tau_i} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : es la respuesta (variable de interés o variable media).

μ : es la media general del experimento.

τ_i : es el efecto de tratamiento.

$\beta_{j\tau_i}$: es el efecto aleatorio de la muestra.

ε_{ijk} : es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ijk} .

Los cuadrados medios esperados para igual número de observaciones por tratamiento se determinarán de la siguiente manera:

$$\text{Tratamiento: } \sigma^2 + n \sum \tau_i^2 / (t-1)$$

$$\text{Error exp.: } \sigma^2$$

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ

Se realizó el análisis bromatológico de la cáscara de maní para determinar su composición química, los resultados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Composición química de la cáscara de maní.

Composición	%
Materia seca	78,10
Cenizas	11,93
Proteína cruda	9,04
Fibra cruda	66,59

Fuente: El autor.

El contenido de materia seca (tabla 3) estuvo por el orden del 78,10 %; las cenizas alcanzaron el 11,93 %; el contenido de proteína (9,04 %) resultó superior a los valores reportados por la literatura, lo que posiblemente se deba a la presencia de residuos de granos de maní; mientras que los valores de fibra cruda alcanzaron el 66,59 %.

4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ AMONIFICADA

Tabla 4. Composición química y valores de pH de cáscara de maní amonificada con niveles crecientes de urea.

Composición	Tratamientos				P-valor	E.E.
	T1	T2	T3	T4		
pH	6,47 ^b	9,03 ^a	9,20 ^a	9,27 ^a	<0,0001	0,21
Materia seca	58,66 ^a	62,09 ^a	60,52 ^a	60,11 ^a	0,2914	1,16
Cenizas	8,91 ^b	13,82 ^a	13,64 ^a	15,26 ^a	0,0014	0,73
Proteína cruda	8,93 ^c	10,19 ^b	12,18 ^a	11,81 ^a	<0,0001	0,24
Fibra cruda	70,83 ^a	60,32 ^b	62,04 ^b	59,42 ^b	0,0182	2,12

T1: testigo (sin urea), T2: 3 % de urea, T3: 6 % de urea, T4: 9 % de urea

La inclusión de urea (3 %, 6 % y 9 %) provocó incremento significativo ($P \leq 0,0001$) en los valores del pH, con respecto al grupo testigo, que alcanzó un valor promedio de 6,47.

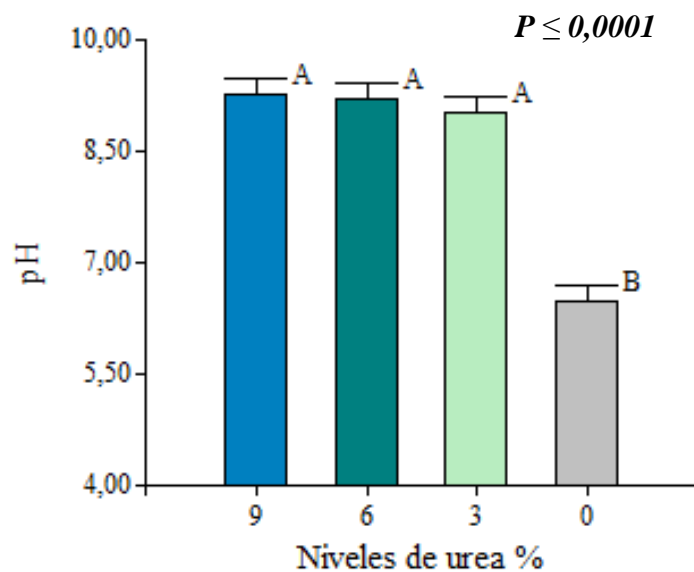


Figura 1. Valores de pH según el nivel de urea en la amonificación de la cáscara de maní.

En el contenido de materia seca no se modificó ($P=0,2914$) con la adición de urea, observándose ligeras variaciones que van de 58,66 % en el testigo a 62,09 % en el tratamiento dos (3 % de urea).

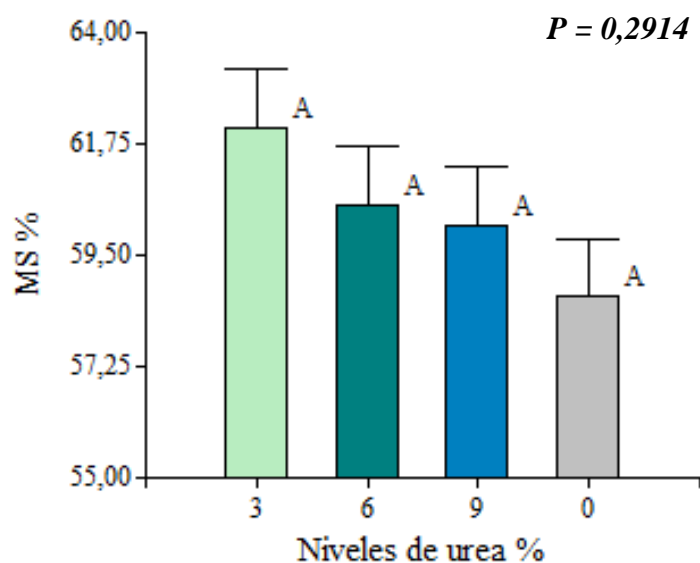


Figura 2. Contenido de materia seca en la amonificación de cáscara de maní con niveles crecientes de urea.

El contenido de cenizas (Tabla 4) fue mayor ($P=0,0014$) en los tratamientos con urea con valores de 13,82; 13,64 y 15,26 % respectivamente, frente al testigo que registró 8,91 %; aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre sí.

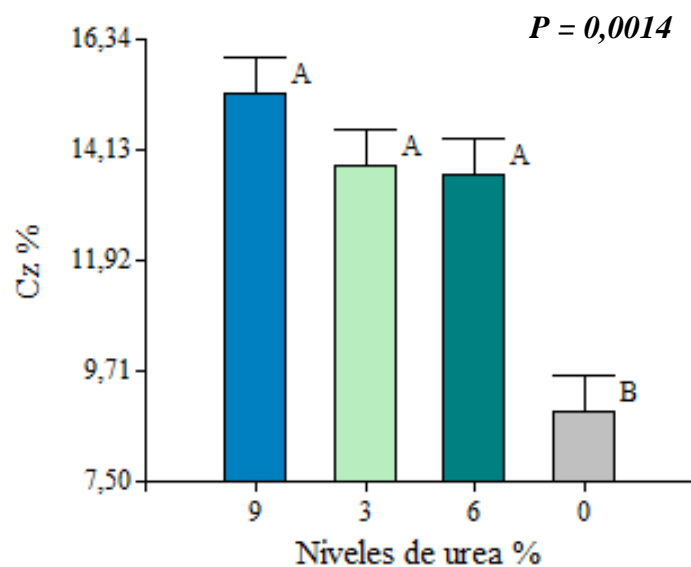


Figura 3. Contenido de cenizas de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.

En la tabla 4 se demuestra que la inclusión de urea provocó incremento progresivo ($P \leq 0,0001$) en el contenido de proteína cruda; observándose los mayores valores en los tratamientos tres y cuatro con 12,18 y 11,81 % respectivamente, lo que significa un incremento de 3,25 % en comparación con el testigo.

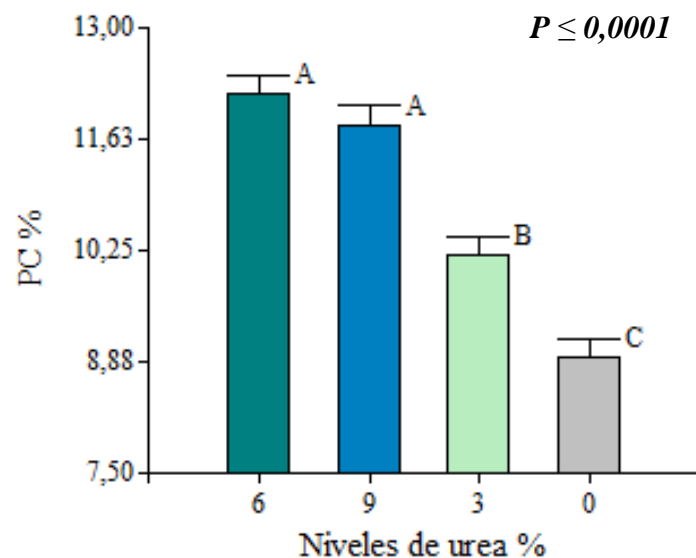


Figura 4. Contenido de proteína cruda en la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.

El proceso de amonificación con diferentes niveles de urea redujo significativamente ($P = 0,0182$) la concentración de fibra; así se observa que con el 9 % se redujo en 19,18

% el contenido de fibra cruda, con respecto al testigo, que obtuvo un valor del 70,83 %; sin embargo entre los tratamientos con 3, 6 y 9 % de urea, no se detectó diferencia estadística con valores de 60,32; 62,04 y 59,42 %, respectivamente.

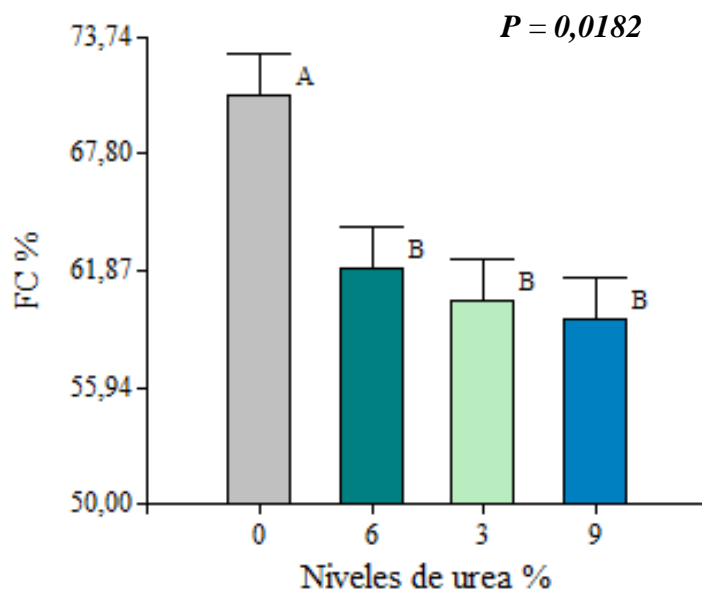


Figura 5. Contenido de fibra cruda de la cáscara de maní amonificada.

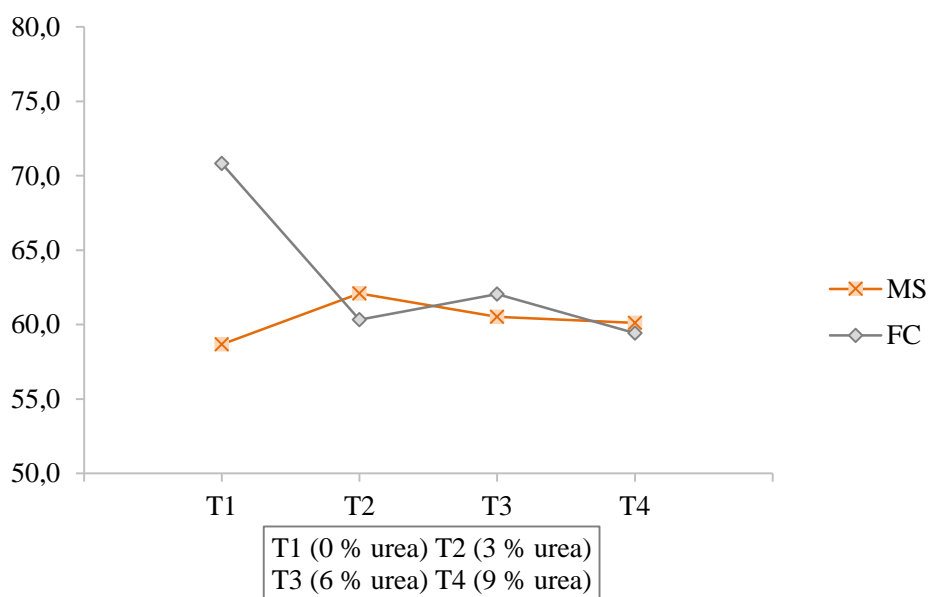


Figura 6. Variación del contenido de materia seca y fibra cruda de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.

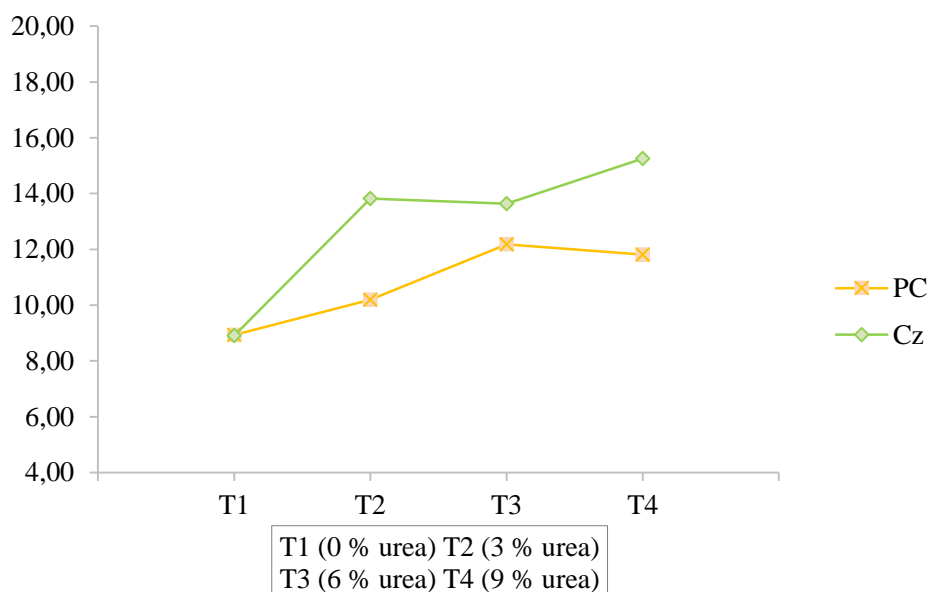


Figura 7. Efecto de diferentes niveles de inclusión de urea sobre la proteína cruda y cenizas de la cáscara de maní.

4.3. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

Se realizaron pruebas de digestibilidad *in situ* en dos ovinos fistulados, con tres repeticiones por tratamiento, por un periodo de 0, 6, 12, 24, 48 y 96 horas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Digestibilidad *in situ* en base seca de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea (%).

Tiempo (h)	Tratamientos				P-valor	E.E.
	T1 (0%)	T2 (3%)	T3 (6%)	T4 (9%)		
0	19,47 ^b	50,47 ^a	51,92 ^a	52,60 ^a	<0,0001	0,84
6	21,35 ^b	53,15 ^a	54,63 ^a	55,08 ^a	<0,0001	1,17
12	24,50 ^b	54,81 ^a	56,31 ^a	57,28 ^a	<0,0001	1,06
24	26,99 ^b	56,11 ^a	58,15 ^a	59,04 ^a	<0,0001	1,08
48	28,66 ^c	57,07 ^b	60,33 ^a	62,58 ^a	<0,0001	0,98
96	32,45 ^d	58,48 ^c	62,66 ^b	68,06 ^a	<0,0001	1,05

La digestibilidad *in situ* de la cáscara de maní presentó variaciones significativas ($P \leq 0,0001$) de acuerdo al tiempo de incubación y al nivel de urea. El testigo presentó

lo valores más bajos de digestibilidad; mientras que el tratamiento cuatro (9 % de urea) registró el mayor coeficiente a las 96 horas con 68,06 %; sin embargo entre los niveles de inclusión no se detectó diferencia hasta los periodos de 24 horas, pero si entre los de 48 y 96 horas.

Tabla 6. Efecto de niveles crecientes de urea sobre los parámetros de degradación ruminal *in situ* de la cáscara de maní.

Fracción	Tratamientos				P-valor	E.E.
	T1 (0%)	T2 (3%)	T3 (6%)	T4 (9%)		
A	19,60 ^b	50,68 ^a	52,17 ^a	53,19 ^a	<0,0001	0,91
B	13,05 ^b	7,35 ^c	10,86 ^{bc}	19,82 ^a	0,0009	1,30
C	0,03 ^{bc}	0,06 ^a	0,04 ^{ab}	0,02 ^c	0,0100	0,01
(A+B)	32,65 ^d	58,04 ^c	63,03 ^b	73,00 ^a	<0,0001	1,43
Fracción Indigestible	67,35 ^a	41,96 ^b	36,97 ^c	27,00 ^d	<0,0001	1,43

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

El proceso de amonificación provocó variación significativa ($P \leq 0,0001$) en los parámetros de degradación; así la fracción rápidamente degradable, registró el valor más alto en el tratamiento T4 (9 % de urea) con el 53,95 %; al igual que la fracción de lenta degradación B, que obtuvo un promedio de 19,82 %, en el mismo T4, con una diferencia aproximada del 6 % con respecto al testigo. La tasa constante de degradación fue menor ($P=0,0100$) en el tratamiento T4, sin mostrar diferencia con el testigo. Las fracciones solubles se incrementaron de 32,65 % a 73,00 %, en consecuencia se redujo la fracción insoluble de 67,35 % a 27,00 %.

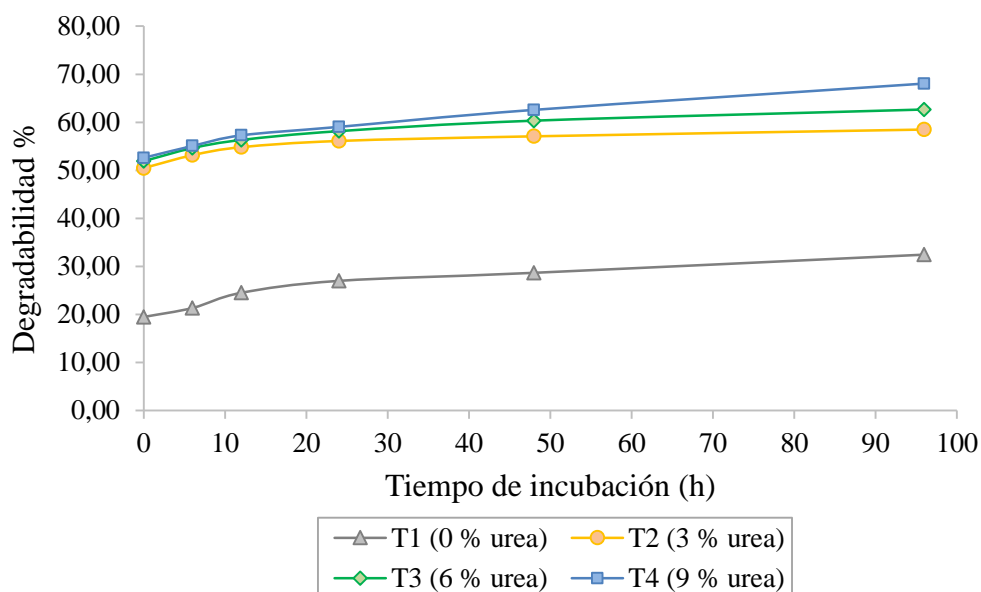


Figura 8. Cinética de degradabilidad *in situ* de la cáscara de maní amonificada

4.4. CONTENIDO DE ENERGÍA

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

Tabla 7. Contenido de energía de la cáscara de maní amonificada con diferentes niveles de urea.

Tratamientos	EM (Mcal/kg)
T1 (0% de urea)	1,03 ^c
T2 (3% de urea)	2,06 ^b
T3 (6% de urea)	2,18 ^{ab}
T4 (9% de urea)	2,26 ^a
P-valor	<0,0001
E.E.	0,04

La tabla 7 demuestra que el proceso de amonificación mejoró de manera significativa el contenido energético de la cáscara de maní, incrementando de 1,03 Mcal/kg en el testigo a 2,26 Mcal/kg en el tratamiento cuatro T4 (9 % de urea).

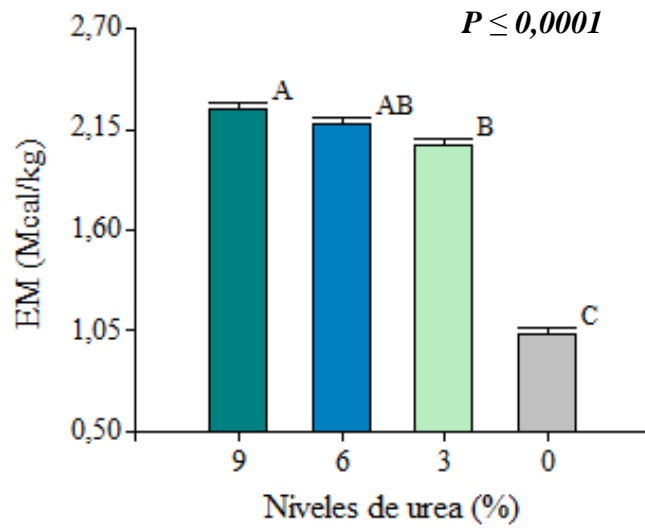


Figura 9. Contenido de energía metabolizable de la cáscara de maní amonificada con niveles crecientes de urea.

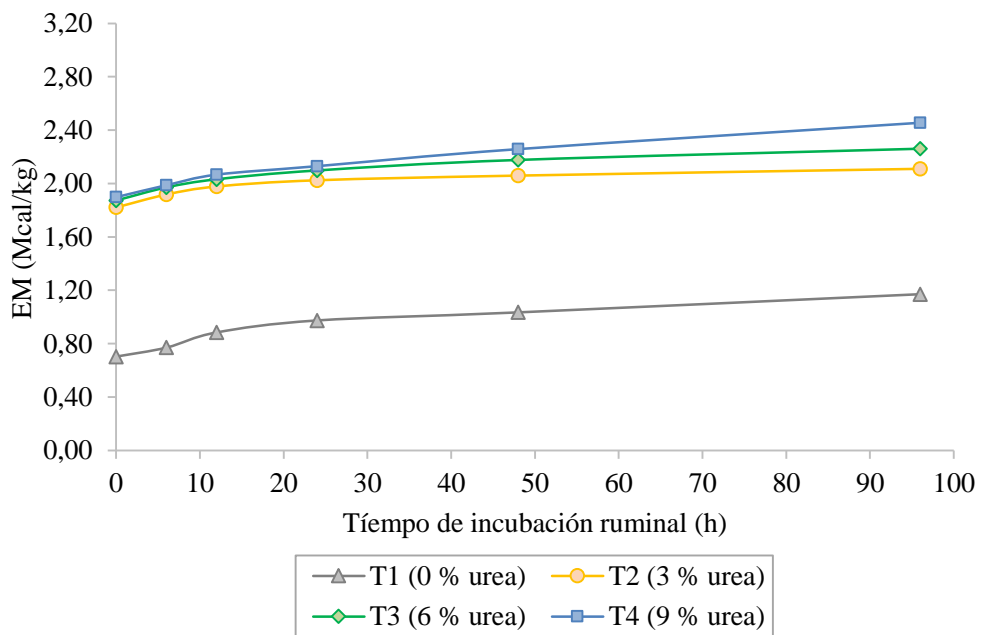


Figura 10. Efecto de la inclusión de urea en el contenido energético de la cáscara de maní.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ SIN AMONIFICAR

La cáscara de maní, al igual que otros residuos de cosecha existentes en la zona, presenta alto contenido de materia seca (78,10 %); así, Sánchez *et al.* (2015), Castellanos *et al.* (2017) y Calva (2018) reportaron valores entre 71,8 y 84,66 % para la panca de maíz; mientras que García *et al.* (2004) y Bravo *et al.* (2008) obtuvieron 79,36 % y 89,97 % para el rastrojo de sorgo y paja de trigo respectivamente. Estos resultados se explican por el hecho de que estos cultivos son cosechados durante la época seca, cuando han alcanzado su máximo estado de madurez.

El contenido de cenizas alcanzó 11,93 %, resultado superior a los 7,27 %, 6,93 % y 5,80 % reportados por Córdova (2017), Calva (2018) y Quizhpe (2018) para el rastrojo de maíz. Sin embargo es inferior al 14,5 % obtenido por Calva (2018) para el rastrojo de frijol y zarandaja; aunque no se descarta la posibilidad de que estos resultados tengan relación con algún nivel de contaminación de las muestras con fragmentos de suelo.

El contenido de proteína cruda de la cáscara de maní alcanzado en este estudio (9,04 %), resultó superior al 5,7 % reportado por Al-Masri y Guenthe (1999). Así mismo fue superior a los resultados alcanzados por Saavedra *et al.* (2013), Córdova (2017) y Calva (2018) para otros residuos agrícolas como el rastrojo de maíz y panca de arroz, que estuvieron por el orden del 6 %. Estos resultados se explican en gran medida, por la presencia de residuos de granos de maní que se escapan durante el proceso de desgranado en las plantas piladoras.

Los valores de fibra cruda, bordearon el 67 %, resultado similar al reportado por Al-Masri y Guenthe (1999) con 69,7 %. Altos niveles de fibra en un alimento indican baja calidad nutritiva, considerando que los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) son de baja digestibilidad, sobre todo si se encuentran ligados a lignina.

5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE MANÍ AMONIFICADA

El proceso de amonificación provocó variación en los valores de pH y composición bromatológica. El pH se incrementó de manera proporcional a los niveles de inclusión de urea, observándose el máximo valor (9,27) en el tratamiento T4 con 9 % de urea; lo que está relacionado con la presencia de amoniaco producido a partir de la urea en el proceso de amonificación. Estos resultados son similares 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.

En el contenido de materia seca no se modificó, con el proceso de amonificación, con ligeras variaciones que van de 58,66 % en el testigo a 62,09 % en el tratamiento dos (3 % de urea); sin embargo el contenido de cenizas se incrementó en un 59,82 % con respecto a la muestra sin tratamiento; posiblemente debido al aporte mineral de la urea y a un alto grado de contaminación con tierra. Al respecto, 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.

La cáscara de maní tratada con 6 % de urea presentó mayor contenido de proteína cruda (12,18 %); similar al 12,92 % obtenido por Castellanos *et al.* (2017) en la amonificación de la panca de maíz con 6 % de urea; similar también a los resultados alcanzados por Calva (2018) que obtuvo un incremento del 77,8 % de proteína cruda al tratar rastrojo de maíz con 3 % de urea. Estos resultados se explican en gran medida por la liberación de nitrógeno procedente de la urea.

El contenido de fibra cruda se vio afectado de manera significativa por el proceso de amonificación, con una disminución cercana al 20 % entre el testigo y el tratamiento con el máximo nivel de inclusión de urea; lo que se explica por los procesos de hidrolisis a nivel de los enlaces peptídicos de los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) por acción del amoniaco que provoca disminución de estos polisacáridos y en consecuencia el contenido de fibra cruda decrece. Comportamiento

similar fue observado por Calva (2018) en la amonificación de rastrojo de maíz con 3 % de inclusión de urea.

5.3. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

El tratamiento químico con diferentes niveles de urea mejoró la digestibilidad de la cáscara de maní, con valores que bordean el 68 %; resultados similares fueron reportados por Magaña (1998) y Luna (2017) utilizando 4 % de amoniaco en rastrojo de maíz y salvado de trigo; sin embargo los resultados de este estudio son superiores al 46,82 % reportado por Pulido (1990), en la amonificación de paja de jaragua con 2,5 % de urea. Así mismo Saadullah *et al.* (1980) y Fondevila *et al.* (1994) comunicaron que el tratamiento de paja con 3 ± 5 % de urea aumentó la digestibilidad de la materia seca en 11 ± 15 %, lo que podría atribuirse a la disminución en los contenidos de fibra neutro detergente.

La mejora de la digestibilidad de materiales altamente fibrosos tratados con urea se puede atribuir al efecto del amoniaco sobre las paredes celulares de la fibra; al respecto Araiza *et al.* (2013) afirman que la acción química del amoniaco permite romper los enlaces de los complejos estructurales de la celulosa y hemicelulosa, lo que propicia mayor cantidad y disponibilidad de carbohidratos solubles para los microorganismos ruminales.

La degradación ruminal media (48 horas) de la cáscara de maní amonificada tuvo un notable incremento con 57,07 %, 60,33 % y 62,58 % de digestibilidad de la materia seca, al aplicar 3 %, 6 % y 9 % de urea; Al-Masri y Guenther (1999) obtuvieron resultados ligeramente inferiores en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de la cáscara de maní amonificada con el 5 % de urea.

La fracción soluble o rápidamente degradable (A) de la cáscara de maní amonificada alcanzó valores que fluctúan entre 50,68 y 53,19 %, resultados superiores a los reportados por Araiza *et al.* (2013) en ensilados de maíz y manzana que estuvieron por el orden del 39,49 % y 42,53 %; también superiores a los obtenidos por Anrique y Paz (2002) en trabajos de pomasa ensilada. Los resultados obtenidos en la fracción insoluble (41,96 %; 36,97 % y 27,00 %) son ligeramente inferiores a los obtenidos por

Araiza *et al.* (2013) en ensilados de maíz. Tasas de degradación inferiores a $0,02 \cdot h^{-1}$ son características de alimentos de baja calidad que necesitan mayor tiempo de permanencia en el rumen para su degradación; los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Araiza *et al.* (2013) en ensilaje de maíz con $0,039 \cdot h^{-1}$, excepto en el tratamiento cuatro con 9 % de urea, el cual obtuvo $0,02 \cdot h^{-1}$.

5.4. CONTENIDO DE ENERGÍA

A medida que se incrementa el coeficiente de digestibilidad el aporte energético asciende linealmente, debido a que la digestibilidad es un indicador directo del aporte energético (Di Marco, 2011). En el presente estudio se pudo verificar que a medida que se incrementa el tiempo de incubación y el nivel de urea, la digestibilidad aumenta, en consecuencia el contenido de energía también; así tenemos que fue de 1,03 Mcal/kg para el residuo de cáscara de maní sin urea y 2,06 Mcal/kg, 2,18 Mcal/kg y 2,26 Mcal/kg para el residuo de cáscara de maní amonificada con 3 %, 6 % y 9 % de urea respectivamente; resultados inferiores fueron obtenidos por Al-Masri y Guenther (1999), en la amonificación de cáscara de maní con 2 %, 3 % y 5 % de urea, con valores de 0,12 Mcal/kg, 0,21 Mcal/kg y 0,29 Mcal/kg de energía digestible respectivamente.

6. CONCLUSIONES

- La composición química de la cáscara de maní al igual que otros residuos agrícolas presenta altos niveles de materia seca y fibra cruda; sin embargo el contenido de proteína fue aceptable (9,04 %), probablemente debido a la presencia de fracciones de granos; lo que la convierte en un residuo interesante para la alimentación de rumiantes.
- La amonificación de cáscara de maní con urea modificó el pH con valores cercanos a la alcalinidad, debido a la presencia de amoníaco procedente de la urea; el contenido de materia seca se mantuvo constante; mientras las cenizas y proteína cruda se incrementaron de 8,91 a 15,26 % y de 8,93 a 12,18 % respectivamente; por su parte el contenido de fibra cruda disminuyó de 70,83 a 59,42 % de acuerdo a los niveles de inclusión de urea.
- El tratamiento con amoníaco aumentó la degradabilidad *in situ* de la materia seca de la cáscara de maní, con un valor máximo de 68,06 %, favoreciendo una mayor disponibilidad de carbohidratos solubles que pueden ser aprovechados por los animales.
- La tasa de degradación ruminal se mantuvo constante en todos los niveles de inclusión de urea; lo cual es muy importante en la alimentación de rumiantes; tomando en consideración que tasas de degradabilidad elevadas pueden ocasionar problemas digestivos.
- El proceso de amonificación mejoró la degradabilidad de la cáscara de maní, como consecuencia se incrementó el contenido energético del residuo, lo que puede favorecer su uso en la alimentación de rumiantes.
- De manera general se puede señalar que la amonificación es un procedimiento químico que permite mejorar el valor nutritivo de los residuos agrícolas; lo que posibilita su uso en la alimentación de rumiantes, principalmente durante la época de mayor escases de forrajes.

7. RECOMENDACIONES

- Aplicar procesos de amonificación de la cáscara de maní con 6 y 9 % de urea durante 21 días, ya que permite mejorar su valor nutritivo, con un incremento significativo en el contenido de cenizas y proteína cruda, disminución de los valores de fibra e incremento de la tasa de degradabilidad y contenido energético.
- Realizar nuevas valoraciones de digestibilidad utilizando otras técnicas para evaluar su grado de correlación.
- Desarrollar nuevos trabajos de investigaciones para valorar el uso de este residuo agrícola mejorado, en el comportamiento productivo de animales rumiantes.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, J. y Vázquez, J. 2003. Comportamiento de borregos Pelibuey alimentados con dietas integrales ensiladas utilizando hidrolizado de pescado, bagazo de caña y pulpa de cítricos en la engorda y calidad de canal. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Aguilar, D. 2014. Análisis productivo y económico del cultivo del maní (*Arachis hypogaea* var. *criollo*) mediante la aplicación de cuatro niveles de bokashi en la parroquia 27 de abril del cantón Espíndola. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Álava, J. 2012. Determinación de las características agronómicas de 15 cultivares de maní (*Arachis hypogaea*) tipo valencia en la parroquia Virgen de Fátima. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Al-Masri, M. y Guenthe, K. 1999. Cambios en la digestibilidad y los componentes de la pared celular de algunos subproductos agrícolas debido a la radiación gamma y los tratamientos con urea. Alemania: Radiation Physics and Chemistry, (55): 323 - 329.
- Anrique, R. y Paz, M. 2002. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Arch. med. vet. v.34 n.2: 189-197.
- 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.
- Ayala, C. 2009. Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de maní (*Arachis hypogaea*) en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

- Barros, J. 2014. Comportamiento agronómico de tres variedades de mani (*Arachis hipogaea*) en el cantón Quinsaloma. Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Bravo, R., Arelovich, H., Storm, A., Martínez, M. y Amela, M. 2008. Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. *Revista Argentina de Producción Animal*: Vol. 28, (3): 179-191.
- 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.
- 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.
- Castillo, D. 2014. Tratamiento de revestimiento a base de aceite de linaza para la cascara de maní en la fabricación de compuestos cementosos. Chile: Universidad de Valparaíso.
- Córdova, N. 2017. Valoración de la calidad nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique (*Acacia macracantha*). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Cruz, J. y Nieuwenhyse, A. 2008. El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y sistemas en callejones. Ed. 1ra. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

- Cutili, A. 2012. Digestibilidad aparente del llachu (*Elodea potamogeton*) y totora (*Schoenoplectus totora*) en ganado bovino en la comunidad Belen provincia Omasuyos. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Debartolo, L. 2013. Amonificación con urea de tres variedades de *Pennisetum purpureum*, Schum., en madurez avanzada y su utilización en borregos (*Ovis aries*). Anzoátegui, Venezuela: Universidad de Oriente.
- 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.
- Espinoza, J. y León, K. 2017. Obtención de papel a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea*). Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- FAO. 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentaciónroma. Roma, Italia: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación - FAO.
- Fondevila, M., Castrillo, C., Guada, J. y Balcells, J. 1994. Efecto del tratamiento con amoníaco y la suplementación con carbohidratos de la paja de cebada sobre las características del líquido en el rumen y la degradación del sustrato por las ovejas. Animal Feed Science and Teehnology 50:137-155.
- García, O. y García, D. 2004. Evaluación del efecto de diferentes niveles de amonificación, sobre la calidad nutritiva del rastrojo de sorgo. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- García, R. y Ramos, R. 2011. Alimentación de vacas lecheras con dietas basadas en ensilado elaborado con mezcla de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) y su efecto en la producción, eficiencia en el uso de nutrientes y rentabilidad. San Pedro Masahuat, El Salvador: Universidad de El Salvador.

- Gavilánez, F., Martillo, J. y Punín, G. 2015. Respuesta del cultivo de maní (*Arachis hypogaea*) a distintos distanciamientos de siembra en la zona del cantón Naranjito. Guayas, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Giraldo, L., Zoot, Gutiérrez, L. y Rúa, C. 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Rev Col Cienc Pec. 20:269-279.
- Godio, L., Maffioli, R., Provencal, P. y Ortiz, M. 2007. Efecto de la adición de cáscara de maní sobre el consumo de dietas concentradas en terneros. Revista Argentina de Producción Animal 27 (1): 63.
- González, G., Hernández, Z., Holguin, L., Lozano, G. y Orozco, E. 2015. Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos efecto de la relación forraje – concentrado en la dieta. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 34 p.
- Hill, G. 2002. Subproductos de maní en la alimentación de ganado. USA: Vet Clin Food Anim 18: 295 - 315.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. 2000. “INIAP – 380” Nueva variedad de maní de alto potencial de rendimiento y buen tamaño de grano. Guayas, Ecuador: Estación Experimental – Boliche Programa de Oleaginosas.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. 2003. “INIAP 381 – Rosita” Nueva variedad de maní precoz para zonas semisecas de Loja y Manabí. Guayas, Ecuador: Estación Experimental – Boliche Programa de Oleaginosas.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. 2010. “INIAP 382 – Caramelo” Variedad da maní tipo Runner para zonas semisecas de Ecuador. Guayas, Ecuador: Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI. 2014. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Jaramillo, D. 2018. Niveles de urea en ensilajes de pasto *Pennisetum cuba om 22: composición* bromatológica, ph, temperatura, cinética de degradación ruminal y digestibilidad *in vitro*. Ibague, Tolima: Universidad del Tolima.
- Jayasuriya, M. y Perera, H. 1982. Tratamiento con urea y amoníaco de la paja de arroz para mejorar su valor nutritivo para los rumiantes. *Agrilultural Wastes* 4: 143-150.
- 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.
- La O, O., Delgado, D., Chongo, B. y Castellanos, E. 2006. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 40, núm. 1, pp. 65-70.
- López, G., Nuñez, J., Aguirre, L. y Flores, E. 2018. Dinámica de la producción primaria y valor nutritivo de tres gramíneas tropicales (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria mutica*) en tres estados fenológicos. *Rev Inv Vet Perú*. 29(2): 396-409.
- Luis, G., Lina, G. y Claudia, R. 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Col Cienc Pec*. 20:269-279.
- Luna, K. 2017. Pruebas de digestibilidad *in situ* de alimentos no convencionales para ganado bovino. Torreón, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Macías, E. 2012. Evaluación del efecto de enzimas exógenas (*Celulasas*) sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de la cáscara de maní, para el uso en rumiantes en la Provincia de Manabí. Lima, Perú: Revista La Técnica, Universidad Agraria La Molina.
- Magaña, C. 1998. Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de rastrojo de maíz (*Zea mays*) a diferente tamaño de partícula tratado con amoníaco anhidro (NH₃). Buenavista, Saltillo, Coah: Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro”, División De Ciencia Animal.
- Magomya, A., Kubmarawa, D., Ndahi, J. y Yebpella, G. 2014. Determinación de proteínas vegetales mediante el método de Kjeldahl y el análisis de aminoácidos: un estudio comparativo. International Journal of Scientific & Technology Research Volume 3, 4: 2277-8616.
- Martínez, E., Slanac, A. y Kucseva, C. 2016. Resultados de la amonificación con urea sobre la degradabilidad ruminal de *Hemarthria altissima* y *Cynodon nlemfuensis* en bovinos. Rev vet 27 (2): 93-97.
- 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.
- McDonal, P., Edwards. R., Greenhalgh, J. y Morgan, C. 1995. Nutrición animal. 5^a edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pág. 223 – 224.
- Mohd, A., Md Akil, H., Azhar, A. y Zainal, M. 2006. Modificación química de las fibras de kenaf. Materials Letters, (61): 2023 - 2025.
- Moncayo, A. 2017. Utilización de raciones suplementarias a base de follaje de yuca (*Manihot esculenta*) en la alimentación de vacas lecheras en la Quinta Experimental Punzara de la UNL. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

- Mora, D. 2012. Consumo de morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado jersey en crecimiento. *Agronomía Mesoamericana* 21(2):337-341.
- 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”.
- Motoche, X. 2015. Diagnóstico de la Producción del maní (*Arachis hipogea L.*) y maíz (*Zea mays L.*) en la parroquia Casanga, cantón Paltas; y, elaboración de una propuesta alternativa de producción para estos cultivos. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Nigam, P., Armour G., Banat I., Singhb, D. y Marchant R. 1999. Eliminación física de tintes textiles de eventos y fermentación en estado sólido de residuos agrícolas adsorbidos por colorantes. *Bioresource Technology*, (72): 219 - 226.
- Ørskov, E. y McDonald, I. 1979. La estimación de la degradabilidad proteica en el rumen a partir de las mediciones de incubación ponderadas según el tiempo de paso. *Journal of Agricultural Science, Camb.* 92: 499-503.
- 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.
- Pabón, R., Toro, J. y Sánchez, H. 1987. Efecto de la amonificación sobre el valor nutritivo del ensilaje de maíz. *Acta Agron*, vol. 37 (4): 66 – 83.
- Parra, W. 2009. Evaluación de clones versus el CT-115 de *Pennisetum pupureum* para la producción de biomasa. Riobamba, Ecuador: Escuela Politécnica de Chimborazo.
- 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.

- Quichimbo, A. 2017. Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos, en el cantón Loja. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Quizhpe, A. 2018. Efecto del tratamiento químico y biológico del rastrojo de maíz sobre su fracción fibrosa. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Ramírez, G. 2008. Expresión analítica de los componentes de los alimentos. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Ravera, C., Bettera, C., Fernández, M., Estive, E. y Piñeda, H. 2008. Procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos. Córdoba, Argentina: Revista Redisa, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Reyes, G. 2012. Evaluación de la digestibilidad *in situ* de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azúcar con diferente fuente de proteína. Jalisco, México. Universidad de Guadalajara. 93 p.
- 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.
- Ruiz, M., Ruiz, A. y Pezo, D. 1980. Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Saadullah, M., Haque, M., y Dolberg, F. 1980. Tratamiento de paja de arroz con orina animal. Trop Anim Prod 1980 5:3.
- 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, A., Torres, E., Estupiñan, K., Vargas, J., Sánchez, J. y Sánchez, N. 2015. Valoración nutritiva del rastrojo de *Zea mays* y *Oryza sativa* para la alimentación de ovinos en el trópico ecuatoriano. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*: Volumen 4 N°3. Pág. 235-249.
- Sánchez, E., Ortega, M., Mendoza, G., Montañez, O. y Buntinx, S. 2012. Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*, vol. 37, núm. 5, pp. 395-399.
- Sarmiento, L. 2013. Evaluación agronómica de un cultivar de maní (*Arachis hypogaea* L.) tipo valencia, en el valle de Casanga, provincia de Loja. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Sarmiento, L. 2013. Evaluación agronómica de un cultivar de maní (*Arachis hipogaea* L.) tipo valencia, en el valle de Casanga. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Sellan, M. 2015. Origen y desarrollo de la variedad de maní (*Arachis hypogaea* L.) INIAP 383 - Pintado de alta productividad para siembras en el Litoral ecuatoriano. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Shimada, M. 2003. *Nutrición animal*. 1ed. Trillas, México. 194p.
- Valarezo, J. y Ochoa, D. 2014. Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía ecuatoriana. *Revista CEDAMAZ*, (9): 113 - 124.
- Velázquez, R. 2007. Degradabilidad ruminal del grano de maíz procesado por extrusión y rolado al vapor. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. 56 p.
- Viscaíno, B. 2006. *Microbiología del rumen: Biología y Evaluación*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Wade, L. 1995. *Química Orgánica* 2ª edición. Editorial Prentice Hall. México. pág. 1146, 1109-1110.

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

A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

ANEXO 1. Análisis de varianza de los indicadores químicos y bromatológicos de la cascara de maní amonificada con diferentes niveles de urea, mediante diseño anidado con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

a. pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	12	0,94	0,91	4,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,49	3	5,50	39,97	<0,0001
Tratamiento	16,49	3	5,50	39,97	<0,0001
Error	1,10	8	0,14		
Total	17,59	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1375 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4,00	9,27	3	0,21 A
3,00	9,20	3	0,21 A
2,00	9,03	3	0,21 A
1,00	6,47	3	0,21 B

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

b. Materia seca (MS %)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS %	12	0,36	0,12	3,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,92	3	5,97	1,48	0,2914
Tratamiento	17,92	3	5,97	1,48	0,2914
Error	32,26	8	4,03		
Total	50,17	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,0321 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2,00	62,09	3	1,16 A
3,00	60,52	3	1,16 A
4,00	60,11	3	1,16 A
1,00	58,66	3	1,16 A

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

c. Cenizas (Cz %)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cz %	12	0,84	0,78	9,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	68,68	3	22,89	14,33	0,0014
Tratamiento	68,68	3	22,89	14,33	0,0014
Error	12,78	8	1,60		
Total	81,47	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,5979 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	15,26	3	0,73	A
2,00	13,82	3	0,73	A
3,00	13,64	3	0,73	A
1,00	8,91	3	0,73	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

d. Proteína cruda (PC %)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PC %	12	0,94	0,91	3,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,37	3	6,79	40,00	<0,0001
Tratamiento	20,37	3	6,79	40,00	<0,0001
Error	1,36	8	0,17		
Total	21,72	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1697 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3,00	12,18	3	0,24	A
4,00	11,81	3	0,24	A
2,00	10,19	3	0,24	B
1,00	8,93	3	0,24	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

e. Fibra cruda (FC %)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC %	12	0,70	0,58	5,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	246,41	3	82,14	6,11	0,0182
Tratamiento	246,41	3	82,14	6,11	0,0182
Error	107,53	8	13,44		
Total	353,94	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 13,4411 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1,00	70,83	3	2,12	A
3,00	62,04	3	2,12	B
2,00	60,32	3	2,12	B
4,00	59,42	3	2,12	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)**f. Digestibilidad *in situ* (DISMS %)****0 horas**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0	12	0,99	0,99	3,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2339,34	3	779,78	365,77	<0,0001
Tratamiento	2339,34	3	779,78	365,77	<0,0001
Error	17,06	8	2,13		
Total	2356,40	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,1319 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	52,60	3	0,84	A
3,00	51,92	3	0,84	A
2,00	50,47	3	0,84	A
1,00	19,47	3	0,84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)**6 horas**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6	12	0,99	0,98	4,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2447,29	3	815,76	198,25	<0,0001
Tratamiento	2447,29	3	815,76	198,25	<0,0001
Error	32,92	8	4,11		
Total	2480,20	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,1147 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	55,08	3	1,17	A
3,00	54,63	3	1,17	A
2,00	53,15	3	1,17	A
1,00	21,35	3	1,17	B

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

12 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
12	12	0,99	0,98	3,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2260,91	3	753,64	222,02	<0,0001
Tratamiento	2260,91	3	753,64	222,02	<0,0001
Error	27,15	8	3,39		
Total	2288,06	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 3,3944 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	57,28	3	1,06	A
3,00	56,31	3	1,06	A
2,00	54,81	3	1,06	A
1,00	24,50	3	1,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

24 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24	12	0,99	0,98	3,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2144,87	3	714,96	205,80	<0,0001
Tratamiento	2144,87	3	714,96	205,80	<0,0001
Error	27,79	8	3,47		
Total	2172,66	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 3,4740 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	59,04	3	1,08	A
3,00	58,15	3	1,08	A
2,00	56,11	3	1,08	A
1,00	26,99	3	1,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

48 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48	12	0,99	0,99	3,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2254,68	3	751,56	262,97	<0,0001
Tratamiento	2254,68	3	751,56	262,97	<0,0001
Error	22,86	8	2,86		
Total	2277,54	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,8579 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	62,58	3	0,98	A
3,00	60,33	3	0,98	A
2,00	57,07	3	0,98	B
1,00	28,66	3	0,98	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)**96 horas**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
96	12	0,99	0,98	3,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2247,72	3	749,24	224,43	<0,0001
Tratamiento	2247,72	3	749,24	224,43	<0,0001
Error	26,71	8	3,34		
Total	2274,43	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 3,3384 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	68,06	3	1,05	A
3,00	62,66	3	1,05	B
2,00	58,48	3	1,05	C
1,00	32,45	3	1,05	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)**g. Contenido de energía (EM Mcal/kg)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EM (Mcal/kg)	12	0,99	0,99	3,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,95	3	0,98	256,34	<0,0001
Niveles de urea (%)	2,95	3	0,98	256,34	<0,0001
Error	0,03	8	3,8E-03		
Total	2,99	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0038 gl: 8

Niveles de urea (%)	Medias	n	E.E.	
4,00	2,26	3	0,04	A
3,00	2,18	3	0,04	A B
2,00	2,06	3	0,04	B
1,00	1,03	3	0,04	C

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

h. Parámetros de Degradación ruminal

A = Fracción rápidamente degradable

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
A	12	0,99	0,99	3,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2372,57	3	790,86	319,25	<0,0001
Tratamiento	2372,57	3	790,86	319,25	<0,0001
Error	19,82	8	2,48		
Total	2392,39	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,4773 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	53,19	3	0,91	A
3,00	52,17	3	0,91	A
2,00	50,68	3	0,91	A
1,00	19,60	3	0,91	B

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

B = Fracción de lenta degradación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
B	12	0,86	0,81	17,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	248,12	3	82,71	16,37	0,0009
Tratamiento	248,12	3	82,71	16,37	0,0009
Error	40,43	8	5,05		
Total	288,55	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 5,0532 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	19,82	3	1,30	A
1,00	13,05	3	1,30	B
3,00	10,86	3	1,30	B C
2,00	7,35	3	1,30	C

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

C = Tasa constante de degradación de la fracción B

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	12	0,74	0,64	31,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,2E-03	3	1,1E-03	7,60	0,0100
Tratamiento	3,2E-03	3	1,1E-03	7,60	0,0100

Error	1,1E-03	8	1,4E-04
Total	4,4E-03	11	

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2,00	0,06	3	0,01	A
3,00	0,04	3	0,01	A B
1,00	0,03	3	0,01	B C
4,00	0,02	3	0,01	C

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

(A+B) = Potencial de degradación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
(A+B)	12	0,98	0,98	4,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2657,87	3	885,96	145,14	<0,0001
Tratamiento	2657,87	3	885,96	145,14	<0,0001
Error	48,83	8	6,10		
Total	2706,70	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,1041 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
4,00	73,00	3	1,43	A
3,00	63,03	3	1,43	B
2,00	58,04	3	1,43	C
1,00	32,65	3	1,43	D

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

Fracción Indigestible

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fraccion Indigestible	12	0,98	0,98	5,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2657,87	3	885,96	145,14	<0,0001
Tratamiento	2657,87	3	885,96	145,14	<0,0001
Error	48,83	8	6,10		
Total	2706,70	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,1041 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1,00	67,35	3	1,43	A
2,00	41,96	3	1,43	B
3,00	36,97	3	1,43	C
4,00	27,00	3	1,43	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

ID=1

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	11
Subiteraciones	8
Subiteraciones promedio	0.727273
R	3.912E-6
PPC(c)	8.263E-6
RPC(c)	0.000033
Objeto	3.05E-10
Objetivo	95.15228
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	229.4	114.7	10.85	0.0040
Error	9	95.1523	10.5725		
Total corregido	11	324.5			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	19.0457	1.9203	14.7017	23.3897
b	13.3286	3.4703	5.4782	21.1791
c	0.0293	0.0207	-0.0174	0.0761

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.2220119	-0.5700328
b	-0.2220119	1.0000000	-0.5657981
c	-0.5700328	-0.5657981	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=2

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.6
R	2.824E-6
PPC(c)	2.613E-6
RPC(c)	0.000014
Objeto	2.57E-10
Objetivo	22.55405
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	230.3	115.2	45.96	<.0001
Error	9	22.5541	2.5060		
Total corregido	11	252.9			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	20.3639	0.9624	18.1867	22.5410
b	12.8677	1.4582	9.5691	16.1663
c	0.0363	0.0112	0.0110	0.0616

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.4069345	-0.5591831
b	-0.4069345	1.0000000	-0.3909041
c	-0.5591831	-0.3909041	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=3

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	8
Subiteraciones promedio	1
R	9.644E-6
PPC(c)	9.157E-6
RPC(c)	0.00009
Objeto	1.299E-8
Objetivo	17.92008
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	215.5	107.8	54.13	<.0001
Error	9	17.9201	1.9911		
Total corregido	11	233.5			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	19.4044	0.8325	17.5210	21.2877
b	12.9408	1.5163	9.5105	16.3710
c	0.0291	0.00922	0.00827	0.0500

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.2148628	-0.5703960
b	-0.2148628	1.0000000	-0.5720251
c	-0.5703960	-0.5720251	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=4

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.666667
R	3.351E-6
PPC(c)	2.399E-6
RPC(c)	0.000012
Objeto	3.31E-10
Objetivo	5.622916
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	75.6083	37.8042	60.51	<.0001
Error	9	5.6229	0.6248		
Total corregido	11	81.2313			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	50.2909	0.5060	49.1462	51.4356
b	7.1153	0.6550	5.6336	8.5971
c	0.0519	0.0124	0.0239	0.0799

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.6208192	-0.5352807
b	-0.6208192	1.0000000	-0.1578204
c	-0.5352807	-0.1578204	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=5

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	19
Subiteraciones	5
Subiteraciones promedio	0.263158
R	5.9E-8
PPC(c)	9.983E-8
RPC(c)	0.000019
Objeto	1.89E-10
Objetivo	33.05408
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	74.6757	37.3379	10.17	0.0049
Error	9	33.0541	3.6727		
Total corregido	11	107.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	52.0588	1.2495	49.2320	54.8852
b	7.0244	1.5654	3.4831	10.5658
c	0.0593	0.0335	-0.0164	0.1350

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.6734212	-0.5225848
b	-0.6734212	1.0000000	-0.0988196
c	-0.5225848	-0.0988196	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=6

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.75
R	9.408E-7
PPC(c)	1.818E-6
RPC(c)	0.000023
Objeto	1.47E-10
Objetivo	59.66807
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	95.9007	47.9503	7.23	0.0134
Error	9	59.6681	6.6298		
Total corregido	11	155.6			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	49.7049	1.7189	45.8165	53.5933
b	7.9188	2.0836	3.2053	12.6324
c	0.0722	0.0465	-0.0330	0.1774

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.7315492	-0.4984100
b	-0.7315492	1.0000000	-0.0386934
c	-0.4984100	-0.0386934	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=7

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.6
R	6.716E-6
PPC(c)	3.447E-6
RPC(c)	0.000013
Objeto	7.83E-10
Objetivo	5.958123
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	144.7	72.3714	109.32	<.0001
Error	9	5.9581	0.6620		
Total corregido	11	150.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	51.3231	0.5323	50.1190	52.5272
b	9.7700	0.6634	8.2694	11.2707
c	0.0609	0.0104	0.0373	0.0844

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.6822397	-0.5197801
b	-0.6822397	1.0000000	-0.0891841
c	-0.5197801	-0.0891841	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=8

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	11
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.545455
R	5.443E-6
PPC(c)	2.825E-6
RPC(c)	0.000011
Objeto	5.8E-10
Objetivo	4.281083
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	125.6	62.8010	132.03	<.0001
Error	9	4.2811	0.4757		
Total corregido	11	129.9			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	54.9729	0.4272	54.0064	55.9393
b	9.3476	0.6018	7.9862	10.7091
c	0.0413	0.00715	0.0251	0.0575

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.4989918	-0.5516651
b	-0.4989918	1.0000000	-0.2939852
c	-0.5516651	-0.2939852	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=9

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	9
Subiteraciones promedio	1
R	5.664E-7
PPC(c)	4.048E-7
RPC(c)	0.000043
Objeto	1.289E-8
Objetivo	5.699691
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	192.0	96.0048	151.59	<.0001
Error	9	5.6997	0.6333		
Total corregido	11	197.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	50.1995	0.4509	49.1795	51.2195
b	13.4633	1.3396	10.4328	16.4938
c	0.0204	0.00487	0.00940	0.0315

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.1149904	-0.5880931
b	0.1149904	1.0000000	-0.8166230
c	-0.5880931	-0.8166230	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=10

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	7
Subiteraciones promedio	0.777778
R	2.724E-6
PPC(c)	3.003E-6
RPC(c)	0.000017
Objeto	2.78E-10
Objetivo	19.34259
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	264.3	132.1	61.48	<.0001
Error	9	19.3426	2.1492		
Total corregido	11	283.6			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	52.1469	0.8328	50.2630	54.0309
b	15.6575	2.3698	10.2967	21.0184
c	0.0210	0.00771	0.00353	0.0384

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0932198	-0.5850376
b	0.0932198	1.0000000	-0.8030901
c	-0.5850376	-0.8030901	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=11

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	7
Subiteraciones	6
Subiteraciones promedio	0.857143
R	5.308E-6
PPC(c)	6.238E-6
RPC(c)	0.000059
Objeto	2.828E-9
Objetivo	23.06366
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	387.9	194.0	75.69	<.0001
Error	9	23.0637	2.5626		
Total corregido	11	411.0			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	54.6577	0.8915	52.6411	56.6744
b	20.5489	3.7187	12.1347	28.9592
c	0.0169	0.00663	0.00192	0.0319

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.2535432	-0.5932993
b	0.2535432	1.0000000	-0.8934955
c	-0.5932993	-0.8934955	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=12

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	9
Subiteraciones promedio	0.9
R	5.585E-7
PPC(c)	1.005E-6
RPC(c)	0.000034
Objeto	5.19E-10
Objetivo	13.49225
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	273.3	136.6	91.14	<.0001
Error	9	13.4922	1.4991		
Total corregido	11	286.7			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	52.7584	0.8588	51.2707	54.2421
b	23.2421	8.7588	3.4284	43.0558
c	0.00950	0.00570	-0.00339	0.0224

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.4834993	-0.6097576
b	0.4834993	1.0000000	-0.9804941
c	-0.6097576	-0.9804941	1.0000000

B. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO



Figura 1. Obtención y preparación de muestras de cascara de maní



Figura 2. Pesaje y dilución de la urea para el proceso de amonificación



Figura 3. Pesaje de la cascara de maní para el proceso de amonificación



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