

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**AMONIFICACIÓN DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON
DOS LEGUMINOSAS ZARANDAJA (*Dolichos lablab*) Y
FRIJOL CANAVALIA (*Canavalia ensiformis*)**

Trabajo de tesis previo a la obtención del título de
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

AUTOR

Cristian Antonio Calva Carrión

DIRECTOR

Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.

LOJA - ECUADOR
2018

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Haber revisado la presente tesis titulada “**AMONIFICACIÓN DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON DOS LEGUMINOSAS ZARANDAJA (*Dolichos lablab*) Y FRIJOL CANAVALIA (*Canavalia ensiformis.*)**” realizada por el Sr. Egresado **Cristian Antonio Calva Carrión**, la misma que **CULMINÓ DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO**, cumpliendo con todos los lineamientos impuestos por la Universidad Nacional de Loja; por lo cual, **SE AUTORIZA LA CONTINUACIÓN DEL TRÁMITE DE GRADUACIÓN.**

Loja, 21 de junio de 2018

Atentamente



Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.
Director de Tesis

LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICAN:

Que el Señor Egresado de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, **Cristian Antonio Calva Carrión**, autor de la tesis titulada: **“AMONIFICACIÓN DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON DOS LEGUMINOSAS ZARANDAJA (*Dolichos lablab*) Y FRIJOL CANAVALIA (*Canavalia ensiformis*)”**, previo a la obtención del título de Médico Veterinario y Zootecnista, ha incluido las correcciones que se le han observado, por lo tanto autorizamos continuar con los trámites para la Graduación.

Loja, julio de 2018



Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg.Sc.

PRESIDENTE



Dr. Galo Escudero Sánchez Mg.Sc.
VOCAL



Dr. Jorky Armijos Tituana Mg.Sc.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, **Cristian Antonio Calva Carrión**, 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 de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Cristian Antonio Calva Carrión

FIRMA:



CÉDULA: 1104755218

FECHA: JULIO 2018

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

Yo **Cristian Antonio Calva Carrión**, declaro ser el autor de la tesis titulada “AMONIFICACIÓN DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON DOS LEGUMINOSAS ZARANDAJA (*Dolichos lablab*) Y FRIJOL CANAVALIA (*Canavalia ensiformis*)”, 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 reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera, en el Repositorio Digital Institucional (RDI): Las Personas puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de Información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero, con fines académicos. Para constancia de esta autorización, firmo en la Ciudad de Loja, a los 16 días del mes de julio del 2018.

FIRMA:



Autor: Cristian Antonio Calva Carrión

Cédula de identidad: 1104755218

Dirección: Loja, Calles Faraday y Teodoro Wolf - Barrio los Ciprés

Correo electrónico: cristiancalva88@gmail.com

Teléfono: 0969699330

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.

Tribunal de Grado:

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg.Sc. (Presidente)

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez Mg.Sc. (Vocal)

Dr. Jorky Roosevelt Armijos Tituana Mg.Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTOS

“Debemos usar el tiempo sabiamente y darnos cuenta que siempre es oportuno el tiempo para hacer lo correcto.”

Nelson Mandela

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo y la culminación de este proyecto investigativo.

En especial al Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán en calidad de director de tesis por su asesoría y apoyo durante el transcurso de la elaboración y ejecución de la tesis, así mismo agradezco al Ing. Vicente Apolo responsable del Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología por su contribución, en el desarrollo de la investigación.

A docentes de la prestigiosa Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja, por su tiempo y sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, a mis compañeros y compañeras que supieron compartir alegrías y desazones para llegar a la meta.

Agradezco a toda mi familia por el apoyo brindado y por ser el eje de inspiración y motivo a triunfar y quienes han participado positivamente en el trayecto de mi vida, demostrándome su amor y cariño, compartiendo momentos de alegría, tristeza para así poder lograr con éxito una nueva etapa en mi vida.

El Autor.

DEDICATORIA

“La razón es una antorcha que alumbra todo ser espiritual, que da colorido e ilumina a las operaciones del alma.”

Eugenio Espejo.

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Dedicación especial a mi querida madre Gladys Carrión y a mis hermanos y hermanas como a mis sobrinas quienes son el motor y motivo que me estimulan a seguir adelante, consejos, comprensión, amor, apoyo en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para mi formación. Me han dado todo lo que soy como persona y lograr mis metas propuestas.

A mí querido amigo y gran profesional el Dr. Jimmy Fabián Cruz Sarmiento, y a mí querida prima Dra. Giovanna Patricia Reinoso Castillo, quienes supieron brindarme su apoyo incondicional en momentos muy difíciles en esa etapa de mi vida, dándome consejos y guiándome por el camino del éxito. A mis queridos tíos/as, cuñada y demás familiares y amigos quienes estuvieron presentes, acompañándome motivándome, brindándome su apoyo total y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Cristian Antonio Calva Carrión.

Índice general

Índice de Cuadros	XI
Índice de Figuras	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XVI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. ALIMENTACIÓN DE ANIMALES	3
2.1.1. Alimentación de Bovinos	3
2.1.2. Alimentos Utilizados para Bovinos	4
2.1.3. Residuos y Subproductos de Cosecha	4
2.2. MAÍZ	5
2.2.1. Composición de la Planta de Maíz	6
2.2.2. Rastrojo de Maíz	6
2.3. LEGUMINOSAS	9
2.3.1. Frijol	9
2.3.2. Zarandaja	10
2.4. AMOMIFICACIÓN	10
2.4.1. Subproductos y Residuos Agrícolas aptos para Amonificar .	11

2.4.2.	Principales Fuentes de Nitrógeno para la Amonificación . . .	12
2.4.3.	Ventajas y Desventajas de la Amonificación	13
2.5.	ESTRATEGIAS PARA MEJORAR EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS RESIDUOS DE COSECHA	13
2.6.	TRABAJOS RELACIONADOS	15
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	17
3.1.	MATERIALES	17
3.1.1.	Materiales de Campo	17
3.1.2.	Materiales de Oficina	18
3.1.3.	Materiales de Laboratorio	18
3.2.	MÉTODOS	18
3.2.1.	Ubicación	18
3.2.2.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales	19
3.2.3.	Diseño Experimental	20
3.2.4.	Descripción de los Tratamientos	20
3.2.5.	Variables de Estudio	20
4.	RESULTADOS	25
4.1.	ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS RASTROJOS	25
4.2.	FERMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	26
4.3.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS	26
4.4.	COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	30
5.	DISCUSIÓN	31
5.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RASTROJO DE MAÍZ, FRIJOL Y ZARANDAJA	31
5.2.	COMPORTAMIENTO DE pH	32

5.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON LA INSERCIÓN DE UREA Y LEGUMINOSAS EN EL RASTROJO DE MAÍZ	32
5.4. RATIO BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS DE RASTROJO DE MÍAS AMONIFICADOS	34
6. CONCLUSIONES	35
7. RECOMENDACIONES	36
8. BIBLIOGRAFÍA	42

Índice de cuadros

2.1.	Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz . . .	6
2.2.	Contenido de microminerales y vitaminas en el maíz (mg/kg)	6
2.3.	Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca) . . .	7
2.4.	Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz	8
4.1.	Composición química de los rastrojos de maíz y leguminosas, expresadas en porcentaje de materia seca	25
4.2.	Valores de pH en los diferentes tratamiento de maíz con la incorporación de urea y leguminosas	26
4.3.	Efecto de la incorporación de urea y rastrojos de leguminosas en la composición bromatológica del rastrojo de maíz.	27
4.4.	Costos de amonificación y enriquecimientos con residuos de leguminosa del rastrojo de maíz	30

Índice de figuras

4.1. Efecto del uso de diferentes niveles y fuentes de nitrógeno para el enriquecimiento de rastrojo de maíz en la materia seca.	28
4.2. Efecto del enriquecimiento del rastrojo de maíz con diferentes fuentes de nitrógeno en la proteína cruda.	29
4.3. Efecto del enriquecimiento del rastrojo de maíz con diferentes fuentes de nitrógeno en la proteína verdadera.	29

**AMONIFICACIÓN DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON
DOS LEGUMINOSAS ZARANDAJA (*Dolichos lablab*) Y
FRIJOL CANAVALIA (*Canavalia ensiformis*)**

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la amonificación con urea, del rastrojo de maíz enriquecido con leguminosas en su fermentación y composición química. El trabajo se desarrolló en la Quinta Experimental Punzara y Laboratorio de Aguas Suelos y Bromatología Sección Bromatología de la Universidad Nacional de Loja. El rastrojo se tomó en el cantón Catamayo. Los tratamientos elaborados fueron a base de rastrojo de maíz con inclusión de urea y de leguminosas amonificadas por 30 días; se evaluaron seis tratamientos: Control T1: rastrojo de maíz picado sin tratar; T2: rastrojo de maíz picado con inclusión de urea 3 %, T3: rastrojo de maíz picado con rastrojo de zarandaja 10 %, T4: rastrojo de maíz picado con 20 % de rastrojo de zarandaja, T5: rastrojo de maíz picado con rastrojo de frijol 10 %, y T6: rastrojo de maíz picado con 20 % de rastrojo de frijol. Las variables evaluadas fueron: materia seca; proteína cruda, proteína verdadera, cenizas, fibra cruda y costos de producción. La materia seca en T1 con 71,8 %, T2 con 73,1 %, T3 con 68,4 % y T4 con 59,7 % no presentaron diferencia estadística con un promedio de 68,25 %; T5 con 58,5 % y T6 con 53,2 % son diferentes a T2 disminuyendo un 20 % y 27,2 % respectivamente, T6 es diferente a T1, T2 y T3 con 53,2 %. La ceniza, no presentó diferencia estadística con promedio de 7,93 %. En proteína cruda T2 aumento de 5,4 % a 9,6 % incrementando 77,7 %, y estadísticamente es diferente al resto ($P < 0,001$); T4, T5, y T6 no son diferentes entre sí, y pasan de un promedio de 5,4 % a 5,96 % incrementando 10,37 %, T3 aumento de 5,4 % a 5,9 % incrementando 9,2 % frente al T1. En proteína verdadera, T1 presentó 3,6 % y con inclusión de urea el T2 pasó de 3,6 % a 4,4 %, incrementando 22,2 %, y es diferente estadísticamente frente al resto de tratamientos. La fibra cruda presentó diferencia entre el T1 con 42,1 % y T2 con 37,6 % y T6 con

37,8 % presentando una reducción de 10,6 % y 10,21 % respectivamente, los otros tratamientos entre si no se observa diferencia significativa. la rentabilidad fue aceptable en todas las raciones siendo la más alta en el T5. En base a estos resultados se concluye que la mejor forma de enriquecer con nitrógeno el rastrojo de maíz es a través de la amonificación con urea, mientras que los residuos de zarandaja y frijol por si solos muestran un importante valor nutricional para los rumiantes

Palabras claves: bromatología, amonificación, rastrojos de maíz, rastrojos de leguminosas.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of the urea ammonification and enrichment with legumes of maize stubble in the fermentation and chemical composition of maize stubble. For which the present investigation was executed in the Experimental Punzara and Laboratory of Soils and Bromatology Bromatology Section of the National University of Loja. The stubble was taken in the canton of Catamayo. The treatments elaborated were based on corn stubble including urea and legumes ammonified for 30 days; Six treatments were evaluated: Control T0: untreated maize stubble; T1: maize stubble with inclusion of urea 3 %, T2: maize stubble with stubble of 10 % zarandaja, T3: maize stubble with 20 % of stubble of zarandaja, T4: maize stubble with 10 % bean stubble, and T5: maize stubble with 20 % bean stubble. The variables evaluated were: dry matter (M.S.); crude protein, true protein, ash, crude fiber and production costs. The dry matter at T0 with 71.8 %, T1 with 73.1 %, T2 with 68.4 % and T3 with 59.7 % did not show statistical difference with an average of 68.25 %; T4 with 58.5 % and T5 with 53.2 % are different from T1, decreasing by 20 % and 27.2 % respectively, T5 is different from T0, T1 and T2 with 53.2 %. The ash did not present a statistical difference with an average of 7.93 %. In crude protein T1 it increased from 5.4 % to 9.6 %, increasing 77.7 %, and statistically it is different from the rest ($P < 0,001$); T3, T4, and T5 are not different from each other, and go from an average of 5.4 % to 5.96 % increasing 10.37 %, T2 increased from 5.4 % to 5.9 % increasing 9.2 % versus T0. In true protein, T0 presented 3.6 % and with urea inclusion the T1 went from 3.6 % to 4.4 %, increasing 22.2 %, and is statistically different from the rest of treatments. Raw fiber presented a difference between T0 with 42.1 % and T1 with 37.6 % and T5 with 37.8 % showing a reduction of 10.6 %

and 10.21 % respectively, the other treatments with each other did not show a significant difference. the profitability was acceptable in all the rations being the highest in the T4. Based on these results, it is concluded that the best way to enrich the maize stubble with nitrogen is through the ammonification with urea, while the residues of shake and beans alone show an important nutritional value for ruminants.

Key words: bromatology, ammonification, corn stubble, legume stubble

1. INTRODUCCIÓN

En Loja, la ganadería bovina es una de las actividades más importantes del sector rural, misma que contribuye a la economía de las familias y alimentación humana, Arévalo and Gabriel (2010); otra de las actividades importantes en la provincia, es la producción agrícola entre ellas el maíz, frijoles, maní, arroz entre otros, que genera gran cantidad de subproductos que no son aprovechados adecuadamente (Gatter and Romero, 2005).

La baja productividad bovina, obedece fundamentalmente a una mala alimentación y nutrición de los animales, que no les permite desarrollar su potencial genético, situación que se agrava en las épocas secas, donde la carencia de pastos genera mayores complicaciones alimenticias, Leng (1983); aunque en el mercado existen alimentos balanceados para este fin, por las condiciones económicas no están al alcance de la mayoría del sector rural.

Por otro lado, la actividad agrícola genera importantes volúmenes de rastrojos que en la actualidad no son adecuadamente utilizados en la alimentación de animales, y más bien se constituyen en un problema ambiental por el manejo inadecuado de los mismos, con la quema estos productos generan una alta contaminación, Benavides Salazar et al. (2013); los rastrojos y residuos de cosecha son derivados de las actividades agrícolas, y se les considera como la porción del cultivo cosechado (hojas, tallos, espigas y brácteas de la mazorca) que queda después de la cosecha (Muro Reyes et al., 2013).

Generalmente los residuos agrícolas, como los de rastrojos de maíz, presentan

un bajo contenido de proteína (menor a 5) y un alto contenido de carbohidratos estructurales, que hace que provean una baja proporción de energía digestible a los herbívoros (Jiménez Aliaga, 2007).

La amonificación facilita la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos ruminales al incrementar la digestibilidad, mejora el contenido de proteína cruda, y consecuentemente, el consumo y rendimiento animal, Muro Reyes et al. (2013). Sin embargo el incremento de la proteína se debe principalmente a un incremento del nitrógeno no proteico (Quizpe-Juela, 2018).

Con estos antecedentes, la presente investigación se orientó a evaluar otras fuentes de proteína de bajo costo, disponibles en nuestro medio, para enriquecer los rastrojos de maíz. Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

- Caracterizar la composición química de rastrojo de maíz, frijol y zarandaja.
- Estudiar los efectos de la amonificación y de la utilización de rastrojos de frijol y zarandaja en la fermentación y composición química del rastrojo de maíz.
- Analizar los costos de producción de la amonificación y enriquecimiento con residuos de leguminosas, del rastrojo de maíz.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ALIMENTACIÓN DE ANIMALES

La capacidad de producción de los animales de interés zootécnico se determina por el potencial genético, la alimentación y las condiciones medioambientales donde éstos se encuentren; la nutrición animal es la ciencia que estudia las reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos que sufre el alimento en el organismo animal para transformarse en leche, carne, trabajo, etc. y que a su vez permite que los animales expresen al máximo su potencial genético, Luna Medina (2017). Es decir, cuando los alimentos suministrados a los animales no satisfacen sus necesidades, éstos no podrán expresar al máximo su potencial productivo.

En un documento publicado por Luna Medina (2017), nos dice que los animales ingieren y utilizan todas las sustancias requeridas para su mantenimiento, crecimiento, producción o reproducción. A diferencia de las plantas que incorporan únicamente los materiales inorgánicos como oxígeno o fertilizantes, los animales incorporan además de estos las materias orgánicas.

2.1.1. Alimentación de Bovinos

Los animales tienen una serie de necesidades alimenticias que en parte son suplidas por lo que ellos comen diariamente, como por ejemplo el pasto de piso, ciertos "matones", ramas de árboles y hojas secas, entre otros. Estos materiales aportan cantidades limitadas de nutrientes, dentro de los cuales principalmente se habla de

energía, proteínas y minerales (Laiño et al., 2016).

Es por ello que diariamente lo que consumen los animales no les satisface las necesidades diarias para que ellos produzcan y se desarrollen eficientemente, ya sea porque hay poca disponibilidad de comida en los potreros, porque los pastos son de baja calidad o por ambas condiciones. Las necesidades nutricionales que más cuesta llenar a los animales en producción y desarrollo que están únicamente pastoreando son, la energía y proteína (Triana Prada et al., 2014).

2.1.2. Alimentos Utilizados para Bovinos

Un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes nos dará como resultado niveles altos de producción sin desmejorar la condición corporal del individuo, es por ello que los nutrientes que son requeridos para poder cubrir los requerimientos de mantenimiento, producción y reproducción del ganado son obtenidos a través de los diversos alimentos ingeridos como son principalmente el forraje (Chala, alfalfa, etc), rastrojos, alimentos balanceados (concentrados), agua, suplemento de sales minerales y vitaminas (García-Muñiz et al., 2007).

En los últimos años se ha incrementado la oferta de residuos agrícolas y se estima un probable incremento en la demanda, Muro Reyes et al. (2013), dando así al agricultor una alternativa para manutención de sus animales en épocas secas del año, por ende no conlleve a grandes pérdidas económicas en la época seca del año.

2.1.3. Residuos y Subproductos de Cosecha

Los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen en los países agrícolas una fuente importante de alimento, y en la mayoría de los casos, por falta de conocimiento y voluntad técnica, no son aprovechados de manera adecuada, Castellanos et al. (2017). Estos son la parte que queda de un cultivo luego de haberse extraído el fruto comestible o cosecha, mientras que los subproductos de cosecha se

originan luego del procesamiento de este (Muro Reyes et al., 2013)

Una de la razón por la cual los residuos de cosecha adquieren una baja calidad nutritiva es cuando el estado de la planta está maduro, momento en que la proporción hoja tallo es menor, además los nutrientes de alto valor se encuentran en frutos y raíces (Escobar and Parra, 1984)

2.2 MAÍZ

El cultivo del maíz en la América Tropical representa una clara simbiosis socio-biológica entre la planta de maíz y el comportamiento alimentario de los habitantes de esta región. El maíz (*Zea mays*), no puede sobrevivir por largo tiempo sin la intervención del humano. Las sociedades de estas regiones dependen extensamente de la energía proveída en los carbohidratos de este cereal en un número significativo de comidas, directa o indirectamente elaboradas (Rosas-Sotomayor et al., 2006).

Ayala-Garay et al. (2013), nos dicen que el cultivo de maíz es uno de los que mayor se cultivan a nivel mundial, en lo cual la semilla criolla es de mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, estas poseen características que les permiten responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva, Ortega (2014). Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas.

Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina (Alapin, 2008).

La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Influorescencia masculina en panícula dominante) (Ortega, 2014)

2.2.1. Composición de la Planta de Maíz

Para entender mejor la composición de la planta de maíz en estado seco, a continuación se la describe en el cuadro 2.1

Cuadro 2.1: Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz

Componente	Composición, % en base seca
Panoja	12,0
Tallos	17,6
Chalas	8,9
Total caña	38,5
Mazorca	11,8
Grano	49,7
Total espiga	61,5

fuerite. (Guimarães, 1999)

En el cuadro 2.2, Se puede apreciar los niveles de microminerales y vitaminas presentes en la planta de maíz

Cuadro 2.2: Contenido de microminerales y vitaminas en el maíz (mg/kg)

Cu	Fe	Mn	Zn	Vit E	Biotina	Colina
4	28	7	24	21	0,07	500

Fuente. (De Blas et al., 2010)

2.2.2. Rastrojo de Maíz

En el Ecuador, el maíz es uno de los cultivos más importantes, pues forma parte de los ingredientes básicos de la dieta de la población urbana y rural. (Ernst et al., 2002)

Para los productores de la sierra es la principal fuente de energía, Yáñez et al. (2007); anualmente se produce un promedio de 717,940 t de maíz duro seco y 43,284 t de maíz suave seco. En el caso del primero, la producción se encuentra altamente polarizada en la costa y, en el caso del segundo, el producto es altamente polarizado en la sierra (INEC., 2009).

El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual el hombre cosecha apenas cerca del 50 % en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros (Ledesma et al., 2002).

La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea, la proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivo (Arrieche and Mora, 2005).

2.2.2.1. Composición química del rastrojo de maíz

En el siguiente cuadro conoceremos acerca de la composición química que presenta el rastrojo de maíz

Cuadro 2.3: Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca)

Materia prima	M.S (%)	P.C	E.E	Ceniza	FND	FAD
Rastrojo de maíz	95,80	4,9	1,23	6,83	72,45	46,75

Fuente: Fuentes et al. (2001)

En el cuadro 2.4, se aprecia sobre la cantidad de proteica bruta y la digestibilidad de la materia seca en las diferentes partes que conforma el rastrojo de maíz

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo de si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco. Los tallos presentan las estructuras más

Cuadro 2.4: Proteína bruta y digestibilidad de la materia seca en diferentes componentes del rastrojo de maíz

Componente	PB (%)	DIVMS (%)
Hojas	4,5	55,6
Tallos	3,1	59,7
Chalas	4,7	69,1
Mazorcas	4,7	58,0
Cañas + Hojas	4,2	55,8

Fuente Arrieche and Mora (2005)

lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3.1 %) y las hojas entre 4 % y 7 % (Ante and Fernando, 2016)

2.2.2.2. Utilización de rastrojo de maíz en la alimentación

La nutrición del ganado no solo se basa en el consumo de rastrojos, deben considerarse otros elementos que permitan obtener una proteína de mejor calidad y minerales que permitan conseguir un buen desarrollo.

Existen distintas posibilidades de utilizar los residuos agrícolas en la producción bovina, muy pocos de esos residuos son utilizados en la producción en forma orgánica; La presencia de bacterias en el rumen de los rumiantes, les permite utilizar eficientemente dietas compuestas por forrajes bastos, aún de baja digestibilidad (Muro Reyes et al., 2013)

Los ovinos, caprinos y bovinos son rumiantes, capaces de aprovechar la fibra de los forrajes mediante un proceso llamado rumia, por lo que el forraje se usa de forma indiscriminada como alimento, sin tomar en cuenta su estado vegetativo. La degradación del forraje se acelera a partir de su estado de madurez, ya que entre más seco se encuentre, su digestibilidad será menor. De ahí que en la ganadería surgiera el concepto de “nutrientes digestibles”, y éstos sean más importantes que los nutrientes en base cruda (Laforé et al., 1999)

El rastrojo de maíz puede utilizarse en casi todas las categorías de vacunos, a ex-

cepción de los terneros recién destetados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que es un recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía. Al ser utilizado en pastoreo directo y por razones de rotación de cultivos, podrá usarse durante un corto período de tiempo antes de roturar el suelo para el siguiente cultivo (Ortiz, 2017)

El cosechado y almacenado, puede constituir un excelente recurso invernal para la alimentación de vacas en su último tercio de gestación. También para alimentar novillos en el período de otoño - invierno, cuando se quieren obtener bajas tasas de ganancia de peso, para aprovechar el crecimiento compensatorio que se producirá con los pastos en la siguiente primavera (Hazard, 2000)

2.3 LEGUMINOSAS

Las leguminosas son la principal fuente de proteína ya que contienen alrededor de 20 % y 40 % superando a los cereales con 7 % y 14 % de proteína, aporta antioxidantes y complejos fenólicos que son beneficiosos para el ser humano en especial para personas que padecen de cáncer y personas con enfermedades cardiovasculares (Baicilla and Jacqueline, 2017) .

El consumo de las leguminosas con alto contenido de antioxidantes es recomendable porque reduce el daño oxidativo, que se produce por los radicales libres, Skerman et al. (1991). Las proteínas son esenciales para el desarrollo del crecimiento y el metabolismo en el ser humano ya que aportan proteínas de almacenamiento y reserva como las globulinas y albúminas (Ortiz, 2017).

2.3.1. Frijol

El fréjol es una leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae, originario del continente Americano. Es un alimento rico en proteína y fibra, por lo que cumple

un papel importante en la dieta de la población latinoamericana; su consumo puede ser en tierno o seco. En Ecuador y en algunos países, especialmente Andinos, se lo cosecha en dos tipos de estados: en tierno y en seco; siendo el primero, el estado en que más se cosecha (61 %).

2.3.2. Zarandaja

Es originario de África y Asia, es comúnmente conocido como zarandaja, frijol Jacinto, frijol egipcio y en Japón Fuji name, estas pertenecen a la familia Fabaceae y es considerado como una leguminosa importante en las zonas tropicales y subtropicales de Australia, contiene el 20 – 28 % de proteína cruda (Baicilla and Jacqueline, 2017).

2.4 AMOMIFICACIÓN

En un trabajo realizado por Conrad and Pastrana Bonilla (1989), dice que la amonificación de materiales fibrosos, con la inclusión de nitrógeno este refuerza el valor nutritivo de pajas y otros materiales fibrosos, cabe indicar que en este trabajo se utilizó la urea como fuente de amoníaco.

Los rastrojos de cosechas y pastos maduros han demostrado ser una alternativa de alimentación para la época seca, cuando escasean los forrajes de buena calidad. Los rastrojos de cosecha son los residuos fibrosos de la producción de cereales que quedan en el campo luego de obtener el producto final (Reyes Sánchez et al., 2008).

Los residuos de cosechas, en especial de maíz, leguminosos y tubérculos como la yuca, camote, papa, frutos de plátano, semillas y granos de cereales son excelentes para este aprovechamiento. No obstante, las pacas henificadas son la mejor opción para los productores del trópico seco (Toruño and Umaña, 2011).

Para que se puedan utilizar con más eficiencia en la alimentación animal, es ne-

cesario mejorar la calidad nutricional de estos productos mediante la amonificación con el fin de aumentar su digestibilidad y el consumo voluntario (Reyes Sánchez et al., 2008).

2.4.1. Subproductos y Residuos Agrícolas aptos para Amonificar

Los tallos, espigas y hojas sobrantes después de la cosecha y de la trilla de todos los cereales y semillas de pastos (tamos), los residuos de flores ornamentales, las leguminosas u otros cultivos de cobertura, el follaje producido por el rebrote de algunos cereales (socas) y la siembra directa de algunos cereales para forraje, pueden ser pastoreados, ser cosechados y picados para su suministro frescos o ser secados para elaborar heno de residuos de cultivos como el arroz, sorgo, maíz, trigo, cebada o avena. Estos henos pueden ser luego amonificados para mejorar su calidad nutritiva (Debartolo Leal, 2013).

Benavides Salazar et al. (2013), señala que los residuos de cosecha amonificados tienen potencial en la alimentación de rumiantes; en un estudio realizado por el, indica que utilizó un cultivo de maíz (*Zea mays*), destinado a la producción de grano y se evaluó la calidad nutricional de la planta en diferentes etapas o estados fenológicos (grano lechoso, grano pastoso y después de la cosecha de la mazorca) y el residuo de cosecha amonificado. De cada estado y del residuo amonificado se tomaron muestras para determinar la calidad nutricional (MS, PC, FDN, FDA y DIVMS). Se encontraron diferencias en la calidad nutricional del forraje de (*Z. mays*), se observó la pérdida de la calidad conforme avanza el estado fenológico del cultivo y la recuperación en un grado aceptable del residuo de cosecha a través del proceso de amonificación (Benavides Salazar et al., 2013).

2.4.2. Principales Fuentes de Nitrógeno para la Amonificación

El nitrógeno es un elemento biogénico que encontramos incorporado en moléculas orgánicas que desempeñan funciones vitales para toda célula. Este elemento es un constituyente básico de aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares aaminadas y los polímeros que estas moléculas forman

2.4.2.1. Urea

Como fuentes indirectas de amoniaco, existen en el mercado varias fuentes indirectas de estas. La más comúnmente utilizadas o producidas para el sector agropecuario, es la urea que es un fertilizante solido granulado que contiene 46 % de nitrógeno y que se utiliza comúnmente como fuente de dicho elemento, en la fertilización de cultivos y praderas (Preston and Leng, 1989).

2.4.2.2. Leguminosas

Como fuentes de energía de alta y rápida fermentación se pueden utilizar: los azúcares contenidos en el jugo de la caña, la melaza de ingenio, el melote de trapiche panelero, la vinaza como residuo de la fabricación de licores a partir de melaza y las frutas maduras. También es fuente de energía el almidón contenido en las raíces y tubérculos, en el banano y el plátano verdes de desecho, en los granos y tortas de cereales, leguminosas y oleaginosas y en los subproductos de aceites, con los que se preparan los concentrados comerciales (Debartolo Leal, 2013).

Una de las fuentes naturales más rica y concentrada en nitrógeno en el trópico, es la semilla del Frijol (*Canavalia ensiformis*), Su semilla contiene aminoácidos llamados canavaninas que son tóxicos para monogástricos, pero no para rumiantes. El follaje de canavalia no es tóxico para rumiantes y es bien consumido por ellos como suplemento forrajero de alta calidad. (Debartolo Leal, 2013).

2.4.3. Ventajas y Desventajas de la Amonificación

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

La amonificación permite no solo conservar, sino mejorar en forma sensible y rápida la calidad nutricional de los productos tratados y almacenados mediante éste sistema. Además, los sistemas tradicionales de conservación y almacenamiento requieren de maquinaria e infraestructura sofisticadas y costosas, a las que la gran mayoría de los ganaderos del trópico no tienen acceso. En cambio el amonificado puede hacerse en forma artesanal, sencilla y de bajo costo y riesgo bio-económico y ambiental (Debartolo Leal, 2013).

La amonificación permite conservar los almidones y azúcares, de alto valor energético, en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes (los Santos-Ramos et al., 2017).

Una desventaja es que existe el riesgo de que por el excesivo y continuo sobrecalentamiento del material amonificado húmedo, no compactado, almacenado herméticamente y expuesto al sol directo, se produzca la sustancia tóxica denominada Metil Imidazole, que causa incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los suplementos amonificados (Josifovich, 2001).

2.5 ESTRATEGIAS PARA MEJORAR EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS RESIDUOS DE COSECHA

Los residuos de cosecha, también conocidos como rastrojos, son subproductos agrícolas que desempeñan un papel importante en las actividades agropecuarias. Su

rol como alimento animal es ampliamente difundido a nivel nacional e internacional, sobre todo en los sistemas mixtos, que combinan actividades agrícolas con las ganaderas. Su contribución para mejorar y conservar los suelos agrícolas ha sido evidenciada en diferentes partes del mundo y su relevancia en la sustentabilidad agrícola (Reyes Sánchez et al., 2008).

No obstante, la importancia de los rastrojos, estos han pasado desapercibidos por los sectores académico y gubernamental, como lo demuestra la limitada información científica que existe sobre ellos. De ahí la necesidad de documentar la situación actual de los rastrojos a nivel mundial, qué se hace con ellos, cómo se aprovechan, qué papeles juegan en la actividad agropecuaria y cuál es su contribución futura para alcanzar la sustentabilidad, (Muro Reyes et al., 2013).

El tema de los rastrojos ha sido estudiado desde diferentes perspectivas como se detalla a continuación:

De acuerdo con varios autores Alapin (2008), Muro Reyes et al. (2013) y Ross and de Armas (2015); los rastrojos o residuos de cosecha de cultivos agrícolas; principalmente de granos, tienen dos usos fundamentales:

Constituyen un insumo para la alimentación de rumiantes, ya sea en pastoreo directo; o bien, cortado, picado y empacado, suministrado como suplemento en la dieta de los animales

Son la principal fuente de cobertura del suelo en la agricultura en laderas y es una de las tecnologías más efectivas para regular la humedad y temperatura del mismo, amortiguar la erosión hídrica, controlar la maleza y aportar materia orgánica (MO) y nutrientes al suelo.

2.6 TRABAJOS RELACIONADOS

Análisis Químico Y Digestibilidad “In Vitro” De Rastrojo De Maíz (*Zea Mays L.*)

En este experimento se evaluó, rastrojo de maíz con 4 % de amoníaco anhidro (NH₃) con base en el peso seco durante cuatro semanas, y rastrojo de maíz sin tratar. Se observó un decremento en la cantidad de materia seca, la proteína cruda en el rastrojo tratado fue mayor respecto al rastrojo sin tratar. El extracto etéreo se vio incrementado por la amonificación en promedio 7,3 % con respecto al rastrojo sin tratar; El contenido de cenizas se incrementó en promedio 6,0 % con la amonificación. El NH₃ disminuyó los valores de fibra en el rastrojo tratado, en relación al rastrojo sin tratar. La DIVMS y DIVMO se incrementaron con NH₃, (Fuentes et al., 2001).

Potencial Del Rastrojo De Maíz Con Leguminosa En La Alimentación De Ganado De Engorde

El estudio se desarrolló en una zona de bosque seco tropical de Honduras, se evaluaron cuatro tratamientos de engorde con rastrojo: T1. Rastrojo bajo pastoreo. T2. Rastrojo más leguminosa bajo pastoreo. T3. Rastrojo bajo corte T4. Rastrojo más leguminoso bajo corte; toretes encastados (Brahman x criollo) recién destetados y peso promedio de 150 kg. La ganancia de peso corporal fue significativa ($P < 0,01$) entre los tratamientos, obteniéndose ganancias de peso de 1019 g/día/animal con el T2, el T3 mostró los rendimientos más bajos (548,1 g/día). Las ganancias de peso animal/ha ajustadas a 6 semanas de manejo del forraje denotaron superioridad en los T2 y T4 con (5,8 y 6,5 kg/ha/día) respectivamente, (Sinclair et al., 1992).

Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes

En este estudio se utilizó un cultivo de *Zea mays* destinado a la producción de grano y se evaluó la calidad nutricional de la planta en diferentes etapas o estados

fenológicos. De cada estado y del residuo amonificado se tomaron muestras para determinar la calidad nutricional (MS, PC, FDN, FDA y DIVMS). Se halló que en el residuo amonificado la PC incrementó de 3,4 % a 6,85 %; que 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. La amonificación del residuo de cosecha del cultivo de *Zea mays* es una alternativa de alimentación de rumiantes que puede ser considerada por los productores especialmente en épocas críticas (Omaña Hernandez and Saavedra Salazar, 2013).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1. Materiales de Campo

- Machete
- Cuchillo
- Fundas
- Urea
- Costales
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Arrobera
- Botas
- Picadora de pasto
- Tubo pvc
- Tapas de tubo pvc
- Cinta de embalaje

- Cuerdas
- Camioneta

3.1.2. Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Libreta
- calculadora

3.1.3. Materiales de Laboratorio

- Equipos para análisis químico proximal
- Estufa
- Mufra
- pH-metro
- Reactivos para análisis bromatológico

3.2 MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

Las muestras se recolectaron en el cantón Catamayo, mientras que el trabajo se realizó en la Quinta Experimental Punzara, y Laboratorio de Aguas Suelos y Bromatología sección Bromatología de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales

Renovables de la Universidad Nacional de Loja, ubicada al sur occidente de la ciudad de Loja.

El cual cuenta con las siguientes características climatológicas

Altitud: 2.100 msnm

Temperatura: promedio 15° C a 16° C

Precipitación: 827 mm anual mm/año

Humedad: 77 % relativa

Formación ecológica: bosque seco Montano bajo (bs – MB)

Población: Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, en el año 2010, el cantón Loja tuvo una población de 214.000 habitantes. Fuente: UTPL, 2015

3.2.2. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron, rastrojos de maíz con inclusión de urea y rastrojo de leguminosas (frijol y zarandaja) en diferentes niveles, rastrojos que se obtuvieron en los sectores de: Trapichillo, Tambo y la Era, los cuales conforman al cantón Catamayo, estos rastrojos fueron llevados para su respectivo procesamiento y amonificación a la Quinta Experimental Punzara y Laboratorio de Aguas Suelos y Bromatología sección Bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Trabajo que se lo realizo en un tiempo aproximado de 3 meses.

3.2.3. Diseño Experimental

Cada muestra fue sometida a cinco tratamientos (con urea al 3 %, rastrojo de frijol al 10 % y 20 %, y rastrojo de zarandaja al 10 % y 20 %), de forma que se obtuvo un diseño anidado. El diseño experimental fue anidado, donde el efecto principal fueron los tratamientos T2, T3, T4, T5, y T6 con tres repeticiones cada uno.

3.2.4. Descripción de los Tratamientos

Se recolectaron tres muestras de rastrojos de maíz (*Zea mays*) de la variedad DK 7088), las cuales se recolectaron en tres lugares diferentes del cantón Catamayo, con la finalidad de asegurar una variabilidad entre muestras. Se evaluó el valor nutricional de cada muestra de rastrojo de maíz en seis tratamientos diferentes, en los cuales se comparó: I) T1 Rastrojo de maíz sin tratar II) T2 Rastrojo de maíz + urea al 3 %, III) T3 Rastrojo de maíz + rastrojo de zarandaja al 10 %, IV) T4 Rastrojo de maíz + rastrojo de zarandaja al 20 %, V) T5 Rastrojo de maíz + rastrojo de frijol al 10 %, y VI) T6 Rastrojo de maíz + rastrojo de frijol al 20 %. Todos los tratamientos fueron mantenidos en anaerobiosis por 30 días, en recipientes de tubo pvc de 4 pulgadas de diámetro y 40 cm de largo sellados herméticamente, a estos recipientes se les dio la vuelta cada 3 días, para obtener una muestra bien homogénea.

Luego de los 30 días de amonificación, se procedió a evaluar las variables que se detallan a continuación.

3.2.5. Variables de Estudio

Las variables de estudio fueron:

La caracterización química de los rastrojos crudos y amonificados se los realizó mediante análisis bromatológico en el laboratorio de Suelos Agua y Bromatología.

sección Bromatología de la UNL, donde se evaluaron los siguientes componentes:

- pH. En las mediciones del pH, este se lo realizo por el método de dilución
- Materia seca (MS)., Por el método por secado en estufa según Nollet, 1996
- Cenizas: Mediante incineración en ausencia de flama a una temperatura de 600 °C; el material inorgánico que no se volatiliza a esa temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996)
- Proteína cruda y verdadera: Para esta variable se utilizó el método de kjeldahl con la variante en la proteína verdadera, de eliminar nitrógeno no proteico con ácido tricloroacetico según (Pearson, 1993)
- Fibra cruda: Método de digestión acido alcalino gravimétrico, en el cual la fibra pierde masa mediante la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas según (FAO, 1986)

Analizar los costos de producción de los tratamientos evaluados.

- Se determinó los costos del proceso de amonificación de los residuos de cosecha y se comparó con el beneficio del producto para la alimentación de rumiantes, además se realizó un análisis comparando los costos de producción de la amonificación y la compra de ensilaje de maíz.

Para determinar los costos se tuvieron en cuenta los insumos y la mano de obra.

3.2.5.1. Toma y registro de datos

Se recolectaron muestras representativas de los diversos tratamientos, y se sometieron a los analices proximales de bromatología como son: Materia seca, Ceniza,

Proteína Cruda y Verdadera y Fibra cruda; mismos que fueron realizados en el laboratorio de Aguas Suelos y Bromatología sección Bromatología de la UNL, aplicando las metodologías de (Van Soest, 1963)

3.2.5.2. Análisis químicos

■ pH:

La medición se la realizó aplicando el protocolo de partes iguales (1:1), ya que el agua destilada tiene un pH de 7; En esta investigación se añadió 200gr de muestra frente a 200cm de agua destilada, la medición se la realizo con un pH-metro, utilizando el método potenciométrico.

■ Humedad: Método por secado en estufa

La determinación de la humedad por secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles (Nielsen, 2003). El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra.

■ Cenizas: Método incineración en mufla

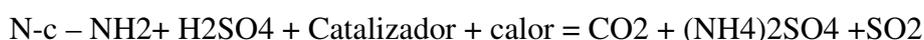
En este método determina el contenido de cenizas en los alimentos mediante la calcinación, toda la materia orgánica se incinera a una temperatura de 600 C entre 45 a 60 minutos; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. (Nollet, 1996)

■ Proteína: Método Kjeldahl

Mide el contenido en nitrógeno de una muestra, este método se aplicó en proteína verdadera como en proteína cruda; con la diferencia que en proteína verdadera se eliminó nitrógeno no proteico con ácido tricloroacético.

El método de Kjeldahl, se divide en tres fases:

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



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



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



■ **Fibra Cruda: Método de digestión ácido /base**

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

3.2.5.3. Análisis estadísticos

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

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS RASTROJOS

Se realizó el análisis bromatológico de los rastrojos utilizados para preparar los diferentes tratamientos a evaluar, los resultados se detallan en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1: Composición química de los rastrojos de maíz y leguminosas, expresadas en porcentaje de materia seca

Composición	Rastrojo de maíz	Rastrojo de frijol	Rastrojo de zarandaja
Materia seca	71,8	30,8	23,0
Cenizas	6,93	14,5	9,18
Proteína cruda	5,38	10,1	15,5
Proteína verdadera	3,61	5,71	13,4
Fibra cruda	42,1	38,4	33,4

El mayor valor de ceniza se presenta en el rastrojo de fréjol con 14,5 %, un valor intermedio en de zarandaja con 9,2 %, y la menor concentración se presento en el de maíz 6,9 %. Respecto de la proteína cruda, y proteína verdadera; el rastrojo de zarandaja alcanza los mayores valores con 15,5 % y 13,4 % respectivamente, un valor medio el fréjol con 10,1 % y 5,7 %, y el menor con 5,4 % y 3,6 % en el rastrojo de maíz. En la fibra cruda se observo que el rastrojo de maíz tiene mayor concentración con 42,1 %, un valor medio el de fréjol 38,4 %, y zarandaja en menor concentración con 33,4 %.

4.2 FERMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para evaluar la fermentación de los tratamientos realizados se midió el pH, luego de transcurrido el tiempo de fermentación anaerobia.

En el cuadro 4.2 se muestran los valores de pH de los diferentes tratamientos.

Cuadro 4.2: Valores de pH en los diferentes tratamiento de maíz con la incorporación de urea y leguminosas

	Tratamientos					EEM	Contrastes			
	T1	T2	T3	T4	T5		1	2	3	4
Rastrojo	97	90	80	90	80					
Urea	3	-	-	-						
Rastrojo de Zarandaja	-	10	20	-						
Rastrojo de fréjol	-	-	-	10	20					
pH	8,92	5,20	4,79	5,34	4,48	0,12	<0,001	0,496	<0,001	0,090

Contraste 1: Comparación de la utilización de urea vs. la utilización de leguminosas

Contraste 2: Rastrojo de zarandaja vs. rastrojo de fréjol

Contraste 3: Incorporación de 10 % vs. 20 % de leguminosas al rastrojo de maíz.

Contraste 4: Interacción entre el tipo de leguminosa x el nivel de inclusión de las mismas

Comparando la utilización de urea frente a la utilización de leguminosas como fuente de nitrógeno, el rastrojo con 3 % de urea tiene el mayor pH con 8,92; mientras que en los tratamientos con leguminosas a medida que se aumenta el porcentaje con 10 % y 20 % ,tanto de zarandaja como de frijol, el valor de pH baja en forma proporcional.

4.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS

En cuanto a los efectos respecto en valor nutricional en los tratamientos con inclusión de urea 3 % y leguminosas (zarandaja y frijol), 10 % y 20 %, los resultados se muestra en el cuadro 4.3, mismos que son analizados a continuación.

Cuadro 4.3: Efecto de la incorporación de urea y rastrojos de leguminosas en la composición bromatológica del rastrojo de maíz.

Tratamientos	Materia Seca	Cenizas	Proteína Cruda	Proteína Verdadera	Fibra Cruda
Rastrojo de maíz picado	71,8 ^{ab}	6,9	5,4 ^c	3,6 ^b	42,1 ^a
Rastrojo de maíz picado + 3 % de urea	73,1 ^a	7,6	9,6 ^a	4,4 ^a	37,6 ^b
Rastrojo de maíz picado + 10 % de Zarandaja	68,4 ^{ab}	8,1	5,9 ^{bc}	3,5 ^b	39,4 ^{ab}
Rastrojo de maíz picado + 20 % de Zarandaja	59,7 ^{abc}	8,5	6,2 ^b	3,7 ^b	39,3 ^{ab}
Rastrojo de maíz picado + 10 % de Frijol	58,5 ^{bc}	8,9	5,7 ^{bc}	3,5 ^b	39,2 ^{ab}
Rastrojo de maíz picado + 20 % de Frijol	53,2 ^c	7,6	6,0 ^{bc}	3,9 ^{ab}	37,8 ^b
EEM	6,37	0,73	0,38	0,264	1,58
P-valor	0,055	0,439	<0.001	0,022	0,134
Contrastes					
Lineal Zarandaja	0,09	0,14	0,037	0,62	0,09
Lineal Frijol	0,02	0,52	0,13	0,22	0,02

^{a-c} las medias con diferentes letras muestran diferencias significativas ($P \leq 0,005$)

■ Materia seca

El mayor valor corresponde al rastrojo de maíz con 71,8 %, el menor valor con 53,2 % corresponde al rastrojo de maíz picado con 20 % de Frijol. Los tratamientos rastrojo de maíz picado, rastrojo de maíz picado más 3 % de urea, rastrojo de maíz picado con 10 % de zarandaja y rastrojo de maíz picado con 20 % de zarandaja no presentan diferencias estadísticas con un promedio de 68,3 %, pero los tratamientos rastrojo de maíz picado más 10 % de frijol y rastrojo de maíz picado con 20 % de frijol si presentan diferencia estadística con relación al rastrojo de maíz picado alcanzando un promedio de 55,85 %, dando un efecto lineal en la reducción de materia seca ($P = 0,02$), el tratamiento rastrojo de maíz más 20 % de frijol es diferente a los demás con un valor de 53,2 %.

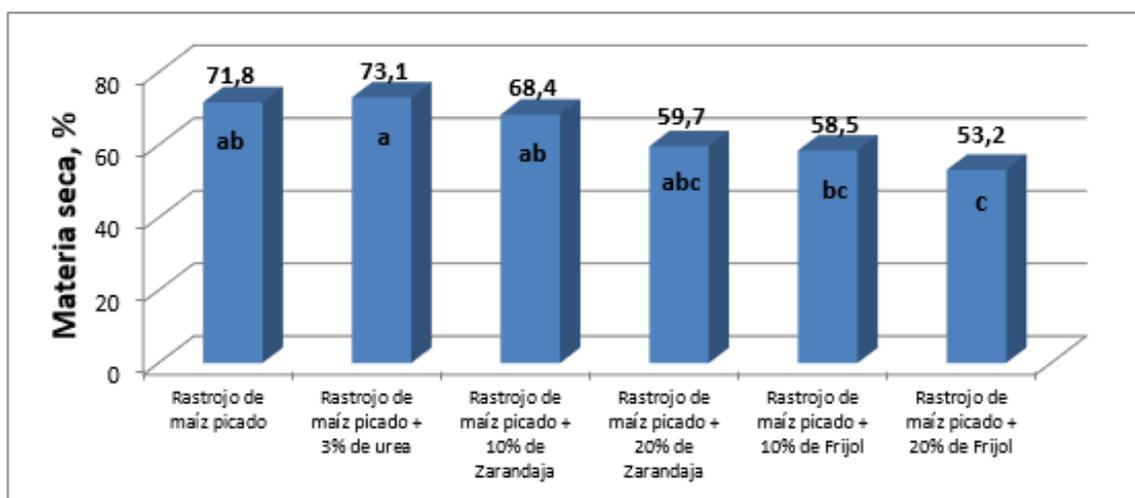


Figura 4.1: Efecto del uso de diferentes niveles y fuentes de nitrógeno para el enriquecimiento de rastrojo de maíz en la materia seca.

■ Cenizas

En cuanto a la cantidad de ceniza presente en los tratamientos, los resultados obtenidos de esta investigación mediante el laboratorio, se observan que todos los tratamientos amonificados no presentan diferencias estadísticas entre sí ($P=0,439$), con un promedio de 7,93 % entre ellos.

■ Proteína cruda

En cuanto a la proteína cruda el tratamiento de mayor valor corresponde al rastrojo de maíz picado más 3 % de urea con 77,7 % de incremento, en comparación con el rastrojo sin tratar; este tratamiento estadísticamente es diferente a todos los demás tratamientos ($P \leq 0,001$), un valor medio lo tienen los tratamientos rastrojo de maíz picado más 20 % de rastrojo de zarandaja y rastrojo de maíz picado con 10 % y 20 % de rastrojo de frijol con promedio de 5,96 % y no son diferentes entre ellos, el menor valor es para los tratamientos rastrojo de maíz picado y rastrojo de maíz picado con 10 % de rastrojo zarandaja que alcanzan un promedio de 5,65 %.

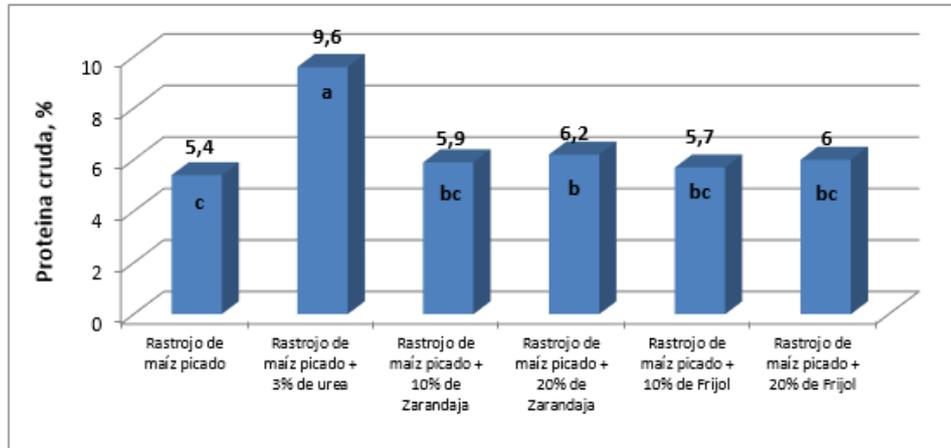


Figura 4.2: Efecto del enriquecimiento del rastrojo de maíz con diferentes fuentes de nitrógeno en la proteína cruda.

■ **Proteína verdadera**

Como se observa en la figura 4.3, el rastrojo de maíz picado más 3 % de urea tiene el valor más alto 4,4 % y presenta diferencia estadística ($P = 0,022$) frente al resto de tratamientos; los tratamientos de rastrojo de maíz, rastrojo de maíz picado con la inclusión del 10 % y 20 % de frijol y zarandaja dieron un promedio de 3,64; los cuales no presentan diferencias estadísticas entre sí.

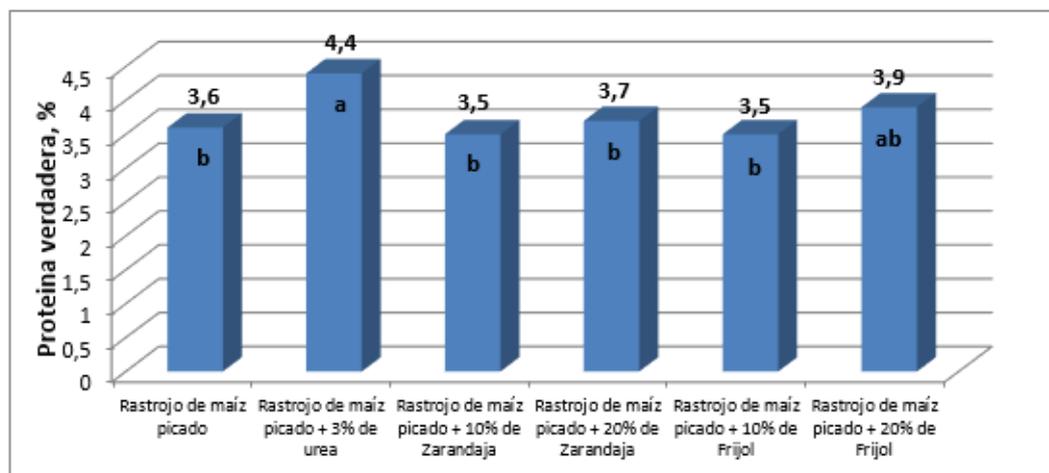


Figura 4.3: Efecto del enriquecimiento del rastrojo de maíz con diferentes fuentes de nitrógeno en la proteína verdadera.

■ Fibra Cruda

En la mezcla de rastrojo de maíz con rastrojos de leguminosas se observó, que la inclusión creciente de rastrojo de frejol redujo la concentración de fibra de la mezcla de forma lineal ($P = 0,02$). La inclusión de 10 % de rastrojo de frejol redujo en un 7 % la concentración de fibra cruda; mientras que la inclusión del 20 % del mismo rastrojo logro una reducción del 10 % de la concentración de fibra del rastrojo de maíz. Por otro lado en la inclusión de rastrojo de zarandaja se observó una tendencia a reducir de forma lineal la concentración de fibra ($P = 0,09$).

4.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El cuadro 4.4, describe los costos de producción, precio de venta y el beneficio costo por tonelada para los procesos de amonificación de *Zea mays*, el costo de producción por tonelada más alto es con inclusión de urea, un costo medio es con incorporación de rastrojo de zarandaja al 20 %, y el más bajo con inclusión de rastrojo de frijol al 10 %, este ultimo presenta el mejor beneficio costo con 1,56, en cuanto al costo por kg de proteína, la inclusión de urea es el costo de producción más bajo; tratamiento que mayor porcentaje de proteína logro subir al rastrojo de maíz.

Cuadro 4.4: Costos de amonificación y enriquecimientos con residuos de leguminosa del rastrojo de maíz

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					
	T2	T3	T4	T5	T6
Costo Producción/kg	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
Precio Venta/kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Costo Producción/Tn	85,00	78,00	80,00	77,00	78,00
Ingreso Total/Tn	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Beneficio / Costo	1,41	1,54	1,50	1,56	1,54
Costo proteína / Kg	0,89	1,32	1,29	1,35	1,30

5. DISCUSIÓN

5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RASTROJO DE MAÍZ, FRIJOL Y ZARANDAJA

Con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se infiere que, el rastrojo de maíz como de leguminosas presentaron ligeras variaciones en su composición química comparándolos.

El mayor contenido de ceniza lo presentó el rastrojo de frijol, seguido del de zarandaja y el más bajo el rastrojo de maíz. Estas diferencias fundamentalmente pueden deberse a una mayor fijación de minerales en las leguminosas que en el maíz, así como a una posible contaminación con tierra en el frejol, por ser una planta más pequeña, Rosas-Sotomayor et al. (2006) y Fuentes et al. (2001) reportan valores similares de 6,51 y 6,83 % en rastrojo de maíz.

La proteína cruda así como la verdadera, los mayores valores son para la zarandaja, un valor intermedio el frijol y el más bajo el maíz. Esto se debe a que las leguminosas son buenas fijadoras de nitrógeno y consideradas proteínicas; en este caso la zarandaja es mucho más rica en proteína que el frejol; Fuentes et al. (2001) en rastrojo de maíz obtuvo un valor ligeramente más bajo de 4,9 %. Para el caso de los rastrojos de zarandaja y de frijol no se encontraron reportes.

En lo que respecta a la fibra cruda, se observó que el rastrojo de maíz tiene un alto contenido, el frijol presentó un valor intermedio, el valor más bajo correspondió al rastrojo de zarandaja; esto se debe a que el rastrojo de maíz tiene mayor contenido

de taralla y las leguminosas tienen mayor follaje, además que el tallo corresponde a carbohidratos estructuras que representa la fibra cruda, Guaranda and Wladimir (2016) y Fuentes et al. (2001) adquieren valores ligeramente mayores con 46,7 % en rastrojos de maíz. Esto implica que un alimento con mayor contenido de fibra es de baja calidad.

5.2 COMPORTAMIENTO DE pH

El rastrojo de maíz con 3 % de urea presenta un pH alcalino con 8,92, debido a la presencia de amonio producido por la fuerte actividad de la urea en el proceso de amonificación; Los tratamientos con leguminosas son ácidos debido a la fermentación láctica, misma que produce ácido láctico el cual neutraliza el amonio y hace descender el pH así; con 10 % de zarandaja y 10 % de frijol el pH es de 5,20 y 5,34 respectivamente; y un poco más ácidos se presentan los tratamientos con 20 % de rastrojo de zarandaja y frijol con 4,79 y 4,48 de pH; (Araiza-Rosales et al., 2013), (Pabón et al., 1987) presenta un valor similar de 8.57 con inclusión de urea. No se encontró trabajos con inclusión de leguminosas.

5.3 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON LA INSERCIÓN DE UREA Y LEGUMINOSAS EN EL RASTROJO DE MAÍZ

Las cenizas no presenta diferencia estadística, dando un promedio de 7.93 % en todos los tratamientos y son ligeramente mayores a los valores del rastrojo de maíz solo.

El mayor contenido de proteína cruda lo presento el tratamiento con 3 % de urea ($P < 0,001$) frente al resto de tratamientos logrando un incremento de 77,8 % frente al rastrojo solo. Los valores obtenidos de proteína cruda, son ligeramente superior al

reportado por Castellanos et al. (2017) que logró un incremento de 55.2 %, por otro lado Fuentes et al. (2001) muestra un valor mayor de proteína cruda con incremento de 91.8 %. La inclusión de 10 % de rastrojo de zarandaja aumenta en un 9.2 % de proteína cruda con respecto al rastrojo de maíz solo, tratamiento que es diferente estadísticamente al rastrojo de maíz con inclusión de 3 % pero no con los demás; con 20 % de rastrojo de zarandaja, incrementa 14.8 % la proteína cruda frente a T0. Los tratamientos con inclusión de 10 % y 20 % de rastrojo de frijol no presentan diferencia estadística entre ellos, aumentando el 8.3 % la proteína cruda frente al rastrojo de maíz, aumentos que se deben a que la urea libera mayor cantidad de nitrógeno y a la mejor calidad nutricional inicial de las leguminosas.

El aumento en el valor de proteína verdadera en el tratamiento con 3 % de urea es 22,2 % y se debe al rompimiento de la pared celular que libera el nitrógeno proteico contenido en materia orgánica; Duarte and Shimada (1984) obtienen un valor menor con incremento 18.8 % de proteína verdadera; los tratamientos con 20 % de frijol y 20 % de zarandaja logran un leve aumento 5.5 % frente al rastrojo de maíz no tratado, con la inclusión del 10 % de rastrojo de frijol y 10 % de rastrojo de zarandaja la proteína verdadera disminuye significativamente, probablemente se debe a la liberación de la proteína estructural por efecto de los tratamientos, arrastrada por la humedad y la evaporación.

En cuanto a la fibra cruda, se observó que todos los tratamientos son inferiores al tratamiento con rastrojo de maíz no tratado, esta disminución es proporcional al porcentaje de rastrojo de las leguminosas que contienen menor fibra que los rastrojos de maíz y a que el amoníaco producido solubiliza la hemicelulosa y como consecuencia disminuye el contenido de fibra cruda; el rastrojo de maíz con 3 % de urea presenta una reducción de 10.6 %, Laiño et al. (2016), presento un valor inferior con 1.06 % de reducción. Los tratamientos con 10 y 20 % de zarandaja y frijol al 10 %, presentan una leve reducción de 6.6 %, la inclusión con 20 % de frijol redujo el 10.2 %.

5.4 RATIO BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS DE RASTROJO DE MÍAS AMONIFICADOS

Los indicadores económicos para los tratamientos de amonificación del presente estudio se presentan en el cuadro 8. Donde resaltan tres aspectos: a) la influencia positiva del rastrojo de maíz como fuente de alimentación en épocas secas del año b) la inclusión de urea para abaratar costos y mejorar la calidad del rastrojo amonificado c) la incorporación de leguminosas en diferentes niveles para bajar costos y mejorar su calidad nutricional. De los cálculos realizados se determinó que el T5 logra el mayor valor de rentabilidad con una relación B/C de 1,56 que en términos relativos significa 56 % de rentabilidad por Tn. Sin embargo, todos los tratamientos muestran una considerable rentabilidad que pueden ser desarrollados en función de las disponibilidades de cada sector.

6. CONCLUSIONES

De los análisis y discusión de los resultados obtenidos en esta investigación se concluye con lo siguiente:

- Los rastrojos de maíz son pobres en proteína en comparación a los rastrojos de leguminosas, siendo el residuo de zarandaja el que presento la mayor concentración de proteína.
- La amonificación del rastrojo de maíz con inclusión 3 % de urea, incrementa significativamente la proteína cruda, y levemente la proteína verdadera.
- La amonificación fue el mejor tratamiento para enriquecer en proteína cruda al rastrojo de maíz. En contraste, la inclusión de leguminosas incrementa en menor magnitud la proteína cruda y verdadera del rastrojo de maíz.
- La mezcla de rastrojo de maíz con los rastrojos de leguminosas, tiende a disminuir los valores de fibra cruda; sin embargo, con la amonificación del rastrojo es donde claramente se obtiene una reducción en la concentración de fibra.
- El tratamiento con mejor beneficio costo se lo obtuvo mediante la inclusión de rastrojo de frijol al 10 %, pero el menor costo para producir un kg de proteína se lo obtuvo con inclusión de urea al 3 %.

7. RECOMENDACIONES

De la experiencia obtenida en el presente trabajo se han desarrollado las siguientes recomendaciones.

- Buscar mejores estrategias para la utilización de rastrojos de leguminosas en la alimentación animal, ya que muestran un importante valor nutricional, especialmente para la alimentación de rumiantes.
- Para mejorar el valor nutricional de los rastrojos de maíz, se recomienda la amonificación, por la eficacia del tratamiento.
- Utilizar los rastrojos de maíz y leguminosas en dietas compuestas para la alimentación de herbívoros, para abaratar costos de producción, sin afectar los rendimientos productivos.

Bibliografía

- Alapin, H. (2008). *Rastrojos y algo más: Historia de la siembra directa en Argentina*. Teseo.
- Ante, S. and Fernando, G. (2016). Evaluación del rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro a tres distancias de siembra (zea mays l) en el cantón loreto, provincia de orellana. B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Araiza-Rosales, E., Delgado-Licón, E., Carrete-Carreón, F., Medrano-Roldán, H., Solis-Soto, A., Murillo-Ortiz, M., and Haubi-Segura, C. (2013). Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2).
- Arévalo, C. and Gabriel, J. (2010). Análisis de la producción y comercialización bovina en el cantón espíndola provincia de loja. B.S. thesis.
- Arrieche, I. and Mora, O. (2005). Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado yaracuy, venezuela. *Bioagro*, 17(3):155–159.
- Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G., Rivas-Valencia, P., et al. (2013). Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de tulancingo, hidalgo, méxico. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4):381–395.
- Baicilla, G. and Jacqueline, I. (2017). Evaluación de la digestibilidad in vitro y actividad antioxidante en concentrados proteicos de zarandaja (*lablab purpureus*

- I. sweet). B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.
- Benavides Salazar, M. F., Villanueva Najarro, C., Tobar López, D., Ibrahim, M., and Nieuwenhuys, A. (2013). Artículo i. estrategias de adaptación al cambio climático por los productores ganaderos en la cuenca media del río Jesús María, Costa Rica. *Evaluación del impacto socioeconómico de pasturas degradadas en fincas ganaderas de la cuenca media del río Jesús María, Costa Rica. Tesis (Mag. Sc. en Socio Economía Ambiental)*–CATIE. Escuela de Posgrado. Turrialba (Costa Rica), 2013.
- Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., and Fernández, M. (2017). Amonificación de la panca de maíz (*zea mays l*) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1):78–85.
- Conrad, J. and Pastrana Bonilla, R. (1989). Amonificación, usando úrea, para mejorar el valor nutritivo de materiales fibrosos. *ICA-Infoma (Colombia) v. 24 (2) p. 5-11* ISSN 0046-9920.
- De Blas, C., Mateos, G., and García-Rebollar, P. (2010). Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. *Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos*.
- Debartolo Leal, L. A. (2013). *Amonificación con urea de tres variedades de Pennisetum purpureum, Schum. en madurez avanzada y su utilización en borregos (Ovis aries)*. PhD thesis.
- Duarte, A. J. and Shimada, A. S. (1984). Comportamiento del borrego plilbuey en crecimiento, alimentado con dietas con base en rastrojo de maíz tratado con alcalis (nh₃, naoh, urea). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (47):142–146.
- Ernst, O., Bentancur, O., and Borges, R. (2002). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo: trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o de soja. *Agrociencia*, 6(1):20–26.

- Escobar, A. and Parra, R. (1984). Procesamiento y tratamiento físico químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo. *Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal*.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez-Herrera, S. A., and de la Rosa, B. O. (2001). Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (zea mays l.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2):189–192.
- García-Muñiz, J. G., Mariscal-Aguayo, D. V., Caldera-Navarrete, N. A., Ramírez-Valverde, R., Estrella-Quintero, H., and Núñez-Domínguez, R. (2007). Variables relacionadas con la producción de leche de ganado holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia*, 32(12):841–846.
- Gatter, S. and Romero, M. (2005). Análisis económico de la cadena de aprovechamiento, transformación y comercialización de madera aserrada provenientes de bosques nativos en la región centro-sur de la amazonía ecuatoriana. *Informe Servicio Forestal Amazónico*, pages 1–29.
- Guaranda, L. and Wladimir, C. (2016). Composición química y digestibilidad in situ de las cáscaras de banano (musa paradisiaca), frejol gandul (cajanus cajan), y maíz (zea mays) colonizados con hongos (pleurotus sp). B.S. thesis, Quevedo: UTEQ.
- Guimarães, E. P. (1999). *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*, volume 313. Ciat.
- Hazard, T. (2000). Alimentación de terneros y vaquillas de lechería. *Zaragoza. España Edit, Acribia.. Serie Remehue*, (64):35–41.
- Jiménez Aliaga, R. (2007). Uso de desperdicios de tubérculos de papa y de rastrojos de maíz tratados con urea en la alimentación estratégica de ovinos.
- Josifovich, J. (2001). Rastrojos y residuos en la producción de carne bovina. *Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Rio Cuarto, Rio Cuarto, prov, de Córdoba, argentina*, pages 15–20.

- Laforé, M., Felipe San Martín, H., Bojórquez, C., Arbaiza, T., and Carcelén, F. (1999). Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del valle del mantaro. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 10(2):74–78.
- Laiño, A. S., Navarrete, E. T., Véliz, K. E., Burgos, J. V., Torres, J. S., and Vélez, N. S. (2016). Valoración nutritiva del rastrojo de *zea mays* y *oryza sativa* para la alimentación de ovinos en el trópico ecuatoriano. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(3):235–249.
- Ledesma, L. M., Gallego, L. A., and Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2):213–225.
- Leng, R. (1983). Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production. *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. p, 129.
- los Santos-Ramos, D., Romero-Rosales, T., Bobadilla-Soto, E. E., et al. (2017). Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2):439–453.
- Luna Medina, K. I. (2017). Pruebas de digestibilidad in situ de alimentos no convencionales para ganado bovino.
- Muro Reyes, L., Camacho Villa, T., and Guevara-Hernández, F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.
- Omaña Hernández, M. A. and Saavedra Salazar, C. M. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes.
- Ortega, I. S. (2014). Maíz i (*zea mays*). *REDUCA (Biología)*, 7(2).
- Ortiz, R. (2017). El cambio climático y la producción agrícola. *Banco Interamericano de desarrollo*, pages p13–17.

- Pabón, R. A., Toro, J. O., and Sánchez, H. (1987). Efecto de la amonificación sobre el valor nutritivo del ensilaje de maíz. *Acta Agronómica*, 37(4):66–83.
- Preston, T. R. and Leng, R. A. (1989). *Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico*. Number 636.085 P7A3. Desarrollo Rural Integrado.
- Quizpe-Juela, A. (2018). Efecto del tratamiento químico y biológico del rastrojo de maíz sobre su fracción fibrosa. Master's thesis, Universidad Nacional de Loja. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Reyes Sánchez, N., Mendieta Araica, B., Fariñas, T., and Mena, M. (2008). Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca.
- Rosas-Sotomayor, J. C., Gallardo-Guzmán, O., and Jiménez-Torres, J. (2006). Mejoramiento de maíces criollos de honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. *Agronomía Mesoamericana*, 17(3).
- Ross, E. P. and de Armas, R. R. (2015). Amonificación de panca de maíz durante tres periodos y su efecto en la composición bromatológica. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. e-ISSN 2477-8982, (15):70–77.
- Sinclair, R., Wege, L., and Romero, A. (1992). Potencial del rastrojo de maíz con leguminosa en la alimentación de ganado de engorde. *Agronomía mesoamericana*, 3(1):45–47.
- Skerman, P. J., Cameron, D. G., and Riveros, F. (1991). Leguminosas forrajeras tropicales.
- Toruño, A. and Umaña, F. (2011). *Composición química de la biomasa verde y amonificada pasto Gamba (Andropogon gayanus, Kunth), cv CIAT-612, en inicio de floración, Santa Rosa, Sabana Grande, Managua, Nicaragua*. PhD thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA.

Triana Prada, M. L., Mogollón Villamizar, E., et al. (2014). Efecto de la suplementación con saccharina sobre indicadores productivos, ruminales y sanguíneos de bovinos doble propósito del centro de investigación agropecuario la fortuna.

Yáñez, G. et al. (2007). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras 2007.

Anexo I: Fotografías del trabajo de campo



Zona de Trapichillo



Zona de el Tambo



Zona de la Era



Recolección del rastrojo de maíz



Recolección de las leguminosas



Traslado de los rastrojos

Anexo II: Fotografías del laboratorio



Picado de las muestras



Adecuación de los tratamientos



Rastrojos en amonificación



Determinación de materia seca



Determinación de fibra



Determinación de proteína cruda y verdadera

Anexo III: Ejemplos de salidas de Análisis estadístico

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

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	5	10	3.21	0.0550

Contrastes				
Etiqueta	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
L Zarandaja	1	10	3.56	0.0886
Q Zarandaja	1	10	0.23	0.6447
L Frejol	1	10	8.43	0.0158
Q Frejol	1	10	0.52	0.4854

Procedimiento Mixed

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

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	5	10	1.05	0.4389

Contrastes				
Etiqueta	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
L Zarandaja	1	10	2.54	0.1421
Q Zarandaja	1	10	0.24	0.6377
L Frejol	1	10	0.43	0.5246
Q Frejol	1	10	3.84	0.0785

Procedimiento Mixed

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

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	5	10	38.17	<.0001

Contrastes				
Etiqueta	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
L Zarandaja	1	10	5.81	0.0367
Q Zarandaja	1	10	0.19	0.6753
L Frejol	1	10	2.79	0.1258
Q Frejol	1	10	0.05	0.8323

Procedimiento Mixed

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

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	5	10	4.38	0.0225

Contrastes				
Etiqueta	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
L Zarandaja	1	10	0.26	0.6226
Q Zarandaja	1	10	0.56	0.4719
L Frejol	1	10	1.75	0.2150
Q Frejol	1	10	1.75	0.2157

Procedimiento Mixed

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

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
TTO	5	10	2.20	0.1346

Contrastes				
Etiqueta	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
L Zarandaja	1	10	3.34	0.0975
Q Zarandaja	1	10	0.89	0.3872
L Frejol	1	10	7.91	0.0184
Q Frejol	1	10	0.34	0.5738

Anexo IV: Costos de Producción por Tratamiento

Cuadro A.1. UREA

T2 (Urea)					
Producto	Unidad	Costo unitario \$	Cantidad	Costo (\$)/ton	Costo/kg
Urea	kg	0,4	30	12	0,09
Rastrojo de maíz	Ton	10	0,7	7	
Rastrojo de zarandaja	Ton	30	0	0	
Rastrojo de Frijol	Ton	20	0	0	
Mano de obra	Jornal	15	3	45	
Bolsas plásticas		0,1	10	1	
Trasporte		20	1	20	
Costo total				85	
PV				0,12	
B/C				1,41	

Cuadro A.2. Zarandaja 10 %

T3 (Zarandaja 10 %)					
Producto	Unidad	Costo unitario \$	Cantidad	Costo (\$)/ton	Costo/kg
Urea	kg	0,4	0	0	0,08
Rastrojo de maíz	Ton	10	0,9	9	
Rastrojo de zarandaja	Ton	30	0,1	3	
Rastrojo de Frijol	Ton	20	0	0	
Mano de obra	Jornal	15	3	45	
Bolsas plásticas		0,1	10	1	
Trasporte		20	1	20	
Costo total				78	
PV				0,12	
B/C				1,54	

Cuadro A.3. Zarandaja 20 %

T4 (Zarandaja 20 %)

Producto	Unidad	Costo unitario \$	Cantidad	Costo (\$)/ton	Costo/kg
Urea	kg	0,4	0	0	0,08
Rastrojo de maíz	Ton	10	0,8	8	
Rastrojo de zarandaja	Ton	30	0,2	6	
Rastrojo de Frijol	Ton	20	0	0	
Mano de obra	Jornal	15	3	45	
Bolsas plásticas		0,1	10	1	
Trasporte		20	1	20	
Costo total				80	
PV				0,12	
B/C				1,50	

Cuadro A.4. Frijol 10 %

T5 (Frijol 10 %)

Producto	Unidad	Costo unitario \$	Cantidad	Costo (\$)/ton	Costo/kg
Urea	kg	0,4	0	0	0,08
Rastrojo de maíz	Ton	10	0,9	9	
Rastrojo de zarandaja	Ton	30	0	0	
Rastrojo de Frijol	Ton	20	0,1	2	
Mano de obra	Jornal	15	3	45	
Bolsas plásticas		0,1	10	1	
Trasporte		20	1	20	
Costo total				77	
PV				0,12	
B/C				1,56	

Cuadro A.5 Frijol 20 %

T6 (Frijol 20 %)

Producto	Unidad	Costo unitario \$	Cantidad	Costo (\$)/ton	Costo/kg
Urea	kg	0,4	0	0	0,08
Rastrojo de maíz	Ton	10	0,8	8	
Rastrojo de zarandaja	Ton	30	0	0	
Rastrojo de Frijol	Ton	20	0,2	4	
Mano de obra	Jornal	15	3	45	
Bolsas plásticas		0,1	10	1	
Trasporte		20	1	20	
Costo total				78	
PV				0,12	
B/C				1,54	
