



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TÍTULO:

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DEL
RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN LOS CANTONES MACARÁ Y
ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICA
VETERINARIA ZOOTECNISTA

AUTORA:

KATHERINE DEL CISNE TORRES POMA

DIRECTOR:

DR. JOSÉ MARÍA VALAREZO GARCÍA, Mg, Sc.

**LOJA – ECUADOR
2018**

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado **"CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN LOS CANTONES MACARÁ Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA"**, de la Srta. egresada KATHERINE DEL CISNE TORRES POMA, y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal, autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA.

APROBADO

Loja, 07 de enero del 2019



Mg. Sc. Galo Vinicio Escudero Sánchez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Mg. Sc. Luis Antonio Aguirre Mendoza

VOCAL



Mg. Sc. Edwin Geovanny Mizhquero Rivera

VOCAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. José María Valarezo García Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado “**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN LOS CANTONES MACARÁ Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, de la autoría de la Srta. egresada **KATHERINE DEL CISNE TORRES POMA**, culminó el trabajo dentro del cronograma aprobado, cumpliendo con todos los lineamientos impuestos por la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, **AUTORIZO SE CONTINÚE CON EL TRAMITE DE GRADUACIÓN.**

Loja, septiembre de 2018

Atentamente



.....

Dr. José María Valarezo García Mg. Sc

Director de Tesis

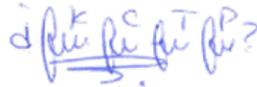
AUTORÍA

Yo, **Katherine del Cisne Torres Poma**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis que ha sido desarrollado en 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.

AUTORA: Katherine del Cisne Torres Poma

FIRMA:



CÉDULA: 1104790181

FECHA: ENERO 2019

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

Yo Katherine del Cisne Torres Poma, declaro ser la autora de la tesis titulada **"CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN LOS CANTONES MACARÁ Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA"**, como requisito para optar al grado de Médica Veterinaria 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 09 días del mes de enero del 2019.

FIRMA:



Autora: Katherine del Cisne Torres Poma

Cédula de identidad: 1104790181

Dirección: Loja, Calles Barbados y Guatemala, Barrio Cdla. del Maestro II

Correo electrónico: ti-k-a18@hotmail.com

Teléfono: 0995635329

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Dr. José María Valarezo Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

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

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

Dr. Edwin Geovanny Mizhquero Rivera Mg.Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Virgen del Cisne, por darme salud, sabiduría y así poder lograr este anhelado sueño.

De una manera muy especial agradezco a la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables y Docentes de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haber impartido sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

Un sincero agradecimiento al Dr. José María Valarezo G., director de tesis, por su apoyo profesional en esta etapa de investigación.

A mi familia por todo su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, especialmente a mi madre Luz Poma; mis abuelitos Luisa y Javier mis hermanas Génesis y Belén; mis tíos Nora y Carlos, quienes han sido los pilares fundamentales para continuar con mis estudios.

Con mucho amor a Sebastián, quien ha sido un apoyo muy importante en esta etapa de finalización de mi carrera.

Katherine del Cisne Torres Poma

DEDICATORIA

A mi madre Luz Victoria Poma Valle, ya que con su amor, paciencia y fortaleza me ha sabido guiar por el buen camino y así pueda cumplir con mi sueño de realizarme como profesional. A mi tía Nora Poma quien ha sido como mi segunda madre y de la cual recibí su apoyo incondicional.

Con mucho cariño a mis hermanas, abuelitos, tíos, quienes de una u de otra forma me brindaron su apoyo y así pueda culminar con éxito esta etapa. A Sebastian que se ha convertido en el apoyo más importante y como no dedicar este logro al regalo más grande de mi vida, mi hij@.

Katherine del Cisne Torres Poma

INDICE

AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.)	3
2.1.1. Origen y Distribución	3
2.1.2. Clasificación Taxonómica	4
2.2. SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS	4
2.3. SUBPRODUCTOS DE LA COSECHA DE ARROZ	4
2.3.1. Cascarilla de Arroz	5
2.3.2. Polvillo de Arroz	6
2.3.3. Arrocillo	8
2.4. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL RUMIANTE	8
2.4.1. Ambiente Ruminal	8
2.4.2. Ecología Ruminal	9
2.4.3. Degradación Ruminal de la Fibra	9
2.5. VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS	10
2.5.1. Composición Química	10
2.5.2. Digestibilidad	11
2.5.2.4. Cinética de degradación ruminal	15
2.6. TRABAJOS RELACIONADOS	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. MATERIALES	19
3.1.1. De Campo	19
3.1.3. De Oficina	20
3.2. MÉTODOS	20
3.2.1. Ubicación	20
3.2.2. Obtención de Muestras	20
3.2.3. Análisis de Laboratorio	21
3.2.3.1. Preparación de las muestras	21
3.2.4. Preparación de Animales (ovinos)	21

3.3.5. Técnica de Fistulación	21
3.3.5. Alimentación	22
3.3.6. Variables en Estudio	23
3.3.7. Análisis de Laboratorio	24
4. RESULTADOS	29
4.1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA	29
4.2. DEGRADACIÓN RUMINAL	31
4.2.1. Degradación Total	31
4.2.1. Cinética de Degradación	33
4.3. ENERGÍA METABOLIZABLE	35
5. DISCUSIÓN.....	38
5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	38
5.2. DEGRADACIÓN RUMINAL	39
5.3. ENERGÍA METABOLIZABLE	40
6. CONCLUSIONES.....	38
7. RECOMENDACIONES	38
8. BIBLIOGRAFÍA	43
9. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición aproximada del grano de arroz y sus fracciones.....	5
Cuadro 2. Composición aproximada del rastrojo de arroz.....	5
Cuadro 3. Cantidad de ceniza producida por distintos cereales.....	6
Cuadro 4. Composición química del polvillo de arroz.....	8
Cuadro 5. Composición media del arrocillo.....	8
Cuadro 6. Ingredientes y composición nutricional de balanceado para ovinos	23
Cuadro 7. Resultados obtenidos en los análisis bromatológicos en las 16 muestras del rastrojo de arroz analizadas.....	72
Cuadro 8. Resultados del análisis bromatológico del rastrojo de arroz en porcentaje, de acuerdo a la variedad y procedencia. Se anota las medias, error estándar y P -valores de cada variable.....	31
Cuadro 9. Porcentaje total de degradación ruminal según la procedencia y la variedad del rastrojo de arroz, de acuerdo al tiempo de incubación.....	33
Cuadro 10. Porcentaje de degradación de las muestras de rastrojo de arroz, de acuerdo a la procedencia y a la variedad, por periodo (horas)...	34
Cuadro 11. Cinética de degradación de los rastrojos de arroz de acuerdo a la procedencia y a la variedad, indicando resultados de cada una de las fracciones a= intersección de la curva de degradación en el tiempo cero, b= Fracción degradada por acción de los microorganismo, c= tasa de degradación % horas.....	35
Cuadro 12. Energía metabolizable (EM) de los rastrojos de arroz (codasal, ferón, iniap 16, tinajones), de los cantones Zapotillo y Macará.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinética de degradación de la proteína de un concentrado (harina de soja) (Andrés, 2002).....	20
Figura 2. Resultados del análisis bromatológico del rastrojo de arroz tomando en cuenta la procedencia.....	37
Figura 3. Resultados del análisis bromatológico del rastrojo de arroz de acuerdo a las variedades en evaluación.....	38
Figura 4. Resultado de la cinética de degradación de acuerdo a la procedencia.....	42
Figura 5. Resultado de la cinética de degradación de acuerdo a la variedad.....	42
Figura 6. Porcentajes de energía metabolizable en Mcal/kg de materia seca de acuerdo a los cantones y variedades.....	45

“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRITIVA DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), EN LOS CANTONES MACARÁ Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA”

RESUMEN

La presente investigación se orientó a realizar la caracterización química del rastrojo de arroz (*Oryza sativa L.*), en los cantones Macará y Zapotillo de la provincia de Loja; se trabajó en dos etapas, la primera consistió en la recolección de muestras de campo para lo cual se hizo un listado de los propietarios y se seleccionó tres fincas por cada variedad, mediante muestreo al azar, en cada propiedad se obtuvo 1 kg de muestra para análisis bromatológico y digestibilidad; la segunda etapa se desarrolló en el laboratorio de Bromatología y quinta experimental Punzara, de la Universidad Nacional de Loja; donde se analizaron las siguientes variables: materia seca, cenizas, proteína cruda y fibra cruda, se realizó la digestibilidad *in situ* de la materia seca en dos ovinos fistulados y se calculó la energía metabolizable de acuerdo a la digestibilidad de la materia seca a las 48 h. Se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey para comparación entre promedios, utilizando el programa estadístico SAS, se encontró diferencia estadística significativa respecto a materia seca entre procedencias, no así entre variedades; respecto al porcentaje de proteína se encontró diferencias significativas entre variedades, siendo similares de acuerdo a la procedencia. El mayor porcentaje de degradabilidad corresponde a los rastrojos del cantón Zapotillo con 38,7 % a las 48 horas; mientras que el contenido de energía no presentó diferencia ($p=0,30$) de acuerdo a la procedencia y variedad.

Palabras claves: rastrojo de arroz, variedades, degradabilidad, *in situ*

SUMMARY

The present investigation was oriented to carry out the chemical characterization of the stubble of rice (*Oryza sativa* L.), in the cantons Macará and Zapotillo of the province of Loja; It was worked in two stages, the first consisted in the collection of field samples for which a list of owners was made and three farms were selected for each variety, by random sampling in each property was obtained 1 kg of sample for the bromatological analysis and digestibility; the second stage was developed in the Laboratory of Bromatology and Fifth Experimental Punzara, belonging to the National University of Loja, where the following variables were analyzed: dry matter, ashes, crude protein and crude fiber, the in situ digestibility of the matter was carried out dry using two fused ovines, determining the kinetics of degradability in six times (0, 6, 12, 24, 48 and 96 hours), the metabolizable energy was also calculated according to the digestibility of the dry matter in the time of 48 h . An analysis of variance and Tukey test was performed for comparison between averages, using the statistical program SAS, statistical difference was found with respect to dry matter among provenances, not between varieties; regarding the percentage of protein, significant differences were found between varieties, being similar according to provenance. The highest percentage of degradability corresponds to the stubble of the Zapotillo canton with 38.7% in relation to those of the Macará canton with 35.6%. The highest percentage of degradability occurs in the period of 24 to 48 hours and subsequently the degradability is minimal. The energy content did not present a significant difference ($p = 0.30$) according to the provenance or the variety.

Keywords: rice stubble, varieties, degradability, in situ

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades agropecuarias y agroindustriales generan grandes volúmenes de residuos y subproductos que con el tratamiento adecuado pueden ser utilizados en la alimentación animal. Los cultivos, especialmente cereales, producen grandes cantidades de material fibroso (tallos y hojas) que generalmente no sirven para el consumo humano; sin embargo ciertas especies de animales como los rumiantes los pueden transformar en productos de mayor valor biológico y económico como son la leche y carne. (SAGARPA, 2007)

En los cantones Macará y Zapotillo de la provincia de Loja, el cultivo de arroz es una de las principales actividades económicas; según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAG), la provincia de Loja obtuvo el mayor rendimiento con 6.75 t/ha, seguido de Guayas (5.23 t/ha), El Oro (3.68 t/ha), y Los Ríos (5.12 t/h) (Moreno, 2015).

El principal residuo del cultivo de arroz es el rastrojo, compuesto por hojas, tallos y raíces, su composición es muy pobre en proteína y alto en fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), y minerales como el potasio y silicio, que lo hacen poco digerible; sin embargo muchos estudios han demostrado que la aplicación de procesos físicos, químicos y biológicos pueden mejorar de manera significativa su valor nutritivo y facilitar su uso en la alimentación animal.

Es conocido que la calidad nutritiva de los alimentos está en función del nivel de consumo, digestibilidad, contenido de nutrientes y eficiencia en que éstos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales. La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo y permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (SAGARPA, 2007).

El rastrojo de arroz puede constituir una fuente de nutrientes para animales; sin embargo, una práctica muy común del productor arrocero es la quema, la cual produce alteración en la capa superficial del suelo ya que la reposición de nutrientes a través de la mineralización del rastrojo es prácticamente nula. Cuando se quema el rastrojo, el fuego acaba con la vida de la mayoría de los microorganismos

que ayudan a transformar la materia orgánica con lo cual se disminuye la fertilidad del suelo (BuscAgro, 2014).

Con estos antecedentes la presente investigación se orientó a realizar la caracterización química y digestibilidad *in situ* del rastrojo de arroz, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Realizar la caracterización química del rastrojo de arroz, tomando en cuenta el cantón y la variedad.
- Determinar la digestibilidad *in situ* de la materia seca, del rastrojo de arroz de acuerdo al cantón y la variedad.
- Establecer el contenido energético de este residuo agrícola considerando el coeficiente de digestibilidad de materia seca

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Es el único cereal importante que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana. Sus virtudes como alimento son numerosas: Es rico en vitaminas y en sales minerales que cubren en un alto porcentaje las necesidades alimenticias del ser humano. Es de bajo contenido graso (1%), libre de colesterol y muy bajo en sodio (SAG, 2003). El arroz se cultiva en 113 países, proporciona el 27% de suministro de energía alimentaria y el 20% de la ingesta de proteínas de la dieta del mundo en desarrollo. Cerca de las cuatro quintas partes del arroz mundial es producido por agricultores en pequeña escala y se consume localmente (Chang, 2007).

El arroz es el cereal que más se produce a nivel mundial; además que la producción del maíz tiene otros objetivos aparte del consumo humano, como la alimentación de animales y en las industrias, por lo que el arroz constituye el cereal más importante para la nutrición humana ya que brinda de manera óptima el aporte calórico que requieren los seres humanos; es así que representa gran parte de las calorías consumidas a nivel mundial (Ramírez, 2015)

2.1.1. Origen y Distribución

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el principal alimento de la población ecuatoriana, en 1996 se sembraron 360000 ha de arroz y se cosecharon 330000 ha con un rendimiento promedio de 3.9 ton/ha. El 92% del área sembrada se encuentra en las provincias del Guayas y Los Ríos, 60% de la superficie es sembrada bajo riego y el 40% de secano. El consumo por persona por año es de 43Kg de arroz blanco. La importancia de este cultivo en nuestro país ha determinado que se lo identifique como un rubro de primera prioridad en la generación de tecnología (Chang, 2007).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

Según el Centro de Investigación Tecnológica (CIT, 2005), clasifica al arroz de la siguiente manera:

Nombre Científico: Oryza sativa L	Orden: Glumiflorales
Nombre común: Arroz	Familia: Gramíneas
Tipo: Espermatofita	Tribu: Oryzeae
División: Angiosperma	Género: Oryza
Clase: Monocotiledónea	Especie: O. sativa

2.2. SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS

La producción animal se encuentra severamente limitada por recursos forrajeros inadecuados tanto en su disponibilidad a lo largo del año como de su manejo productivo. La escasez de alimentos, tanto en cantidad como en calidad, restringe el nivel de productividad de los animales.

En las regiones tropicales de América Latina la mayor parte de los recursos forrajeros provienen de praderas naturales formadas mayoritariamente de gramíneas anuales o perennes que son pastadas cuando han alcanzado un avanzado grado de madurez. Durante la época seca que dura seis a siete meses, los animales se alimentan con recursos de bajo valor nutritivo, poco palatables, bajo contenido en nitrógeno provocando un bajo consumo. Sin embargo un manejo adecuado de los residuos de cosecha como paja, caña y hojas secas de arroz, maíz, maní y otros puede asumir un papel muy importante para resolver los problemas de la alimentación animal (Chedly, 2000).

2.3. SUBPRODUCTOS DE LA COSECHA DE ARROZ

El arroz es rico en almidón que se compone de amilasa y amilopectina, siendo la proporción de cada una la que determina las características culinarias del producto. A mayor proporción de amilopectina, más viscosa y pegajosa estarán los granos entre sí. Tiene un pequeño aporte de proteínas (7%), y contiene cantidades notables de tiamina o vitamina B1, riboflavina o vitamina B2 y niacina o vitamina

B3, así como fósforo y potasio. Sin embargo, en la práctica, con su refinamiento y pulido, se pierde hasta el 50% de su contenido en minerales y el 85 % de las vitaminas del grupo B

Cuadro 1. Composición del grano de arroz y sus fracciones

	ARROZ CASCARA	GRANO INTEGRAL	GRANO PULIDO	CÁSCARA	SALVADO	EMBRIÓN
Proteína	6,7 – 8,3	8,3 – 9,6	7,3 – 8,3	2,3 – 3,2	13,2 – 17,3	17,7 – 23,9
Lípidos	2,1 – 2,7	2,1 – 3,3	0,4 – 0,6	0,4 – 0,7	17,0 – 22,9	19,3 – 23,8
Fibra cruda	8,4 – 12,1	0,7 – 1,2	0,3 – 0,6	40,1 – 53,4	9,5 – 13,2	2,8 – 4,1
Cenizas	3,4 – 6,0	1,2 – 1,8	0,4 – 0,9	15,3 – 24,4	9,2 – 11,5	6,8 – 10,1
Almidón	62,1	77,2	90,2	1,8	16,1	2,4
Fibra dietaria	19,2	4,5	2,7	77,3	27,6 – 33,3	-

Fuente (Pincirolí, 2010).

Cuadro 2. Composición del rastrojo de arroz

RASTROJO DE ARROZ	
Proteína cruda	3,2 – 4,6
FDN	68 – 83
Lignina	3,2 – 4,4
Cenizas	16 – 18
Digestibilidad	37 – 53

Fuente: (Bartaburu & Montes, 2008).

2.3.1. Cascarilla de Arroz

2.3.1.1. Descripción

La cascarilla de arroz, también denominada “pajilla”, se obtiene del proceso de pilado, en el cual la cáscara se separa haciendo pasar el arroz en cáscara entre rodillos de jebe, luego de una operación previa limpieza.

Cuadro 3. Cantidad de ceniza producida por distintos cereales

Cosecha	Parte de la Planta	Ceniza (% en peso)
Maíz	Hoja	12
Arroz	Cáscara	20
Arroz	Paja	14
Sorgo	Hoja	12
Caña de azúcar	Bagazo	15
Girasol	Hoja y Tallo	11
Trigo	Hoja	10

Fuente: (Mehta, P,K)

La cáscara de arroz posee una superficie áspera y abrasiva, es muy resistente a la degradación natural y debido a su bajo contenido de proteínas no es apropiada para forraje de animales, hechos que dificultan su aprovechamiento económico (Vásquez, 2013).

2.3.1.2. Propiedades

La lignina y la celulosa presentes en la cáscara de arroz pueden ser eliminadas por combustión controlada y en la ceniza queda sólo la sílice, en forma microporosa. El alto contenido de ceniza y lignina presente en la cáscara la descalifica para hacer productos de celulosa.

Se cree que la sílice en la cáscara de arroz existe en forma opalina (una forma amorfa e hidratada de sílice). Aparentemente la sílice es tomada del suelo y transportada a la planta de arroz como ácido monosilícico, el cual llega a concentrarse en las cáscaras por evaporación y finalmente polimeriza a la forma de membrana sílico – celulosa (Vásquez, 2013).

2.3.2. Polvillo de Arroz

Es el conjunto de partículas finas que se obtienen del proceso de blanqueado, pulido y lustrado del grano de arroz (Castillo, 2012).

2.3.2.1. Forma de obtención del polvillo de arroz

El proceso de molienda del grano de arroz, consiste en el descascarillado, y luego el blaqueado, pulido o perlado: una vez que el grano esta desprovisto de la cascarilla se obtiene el primer producto que es el salvado también como afrecho, luego comienza el pulido del endocarpo que lleva adheridos restos de harina y por último se elimina totalmente los restos del endocarpo que arrastran mayor cantidad de harina y se lo llama harinilla de arroz.

Las características de estos subproductos son un color amarillo grisáceo de olor agradable en estado fresco, a llegar en contacto se aprecia algo untuoso debido a su contenido de grasa.

El polvillo se obtiene en el proceso de perlado o pulido de arroz, obteniéndose los siguientes productos y subproductos tales como: arroz en grano moreno o blanquecino, arrocillo, polvillo y cáscara de arroz. El polvillo de arroz mediano proviene de la mezcla del salvado de arroz con el polvillo de cono o polvillo fino (Linne, 1960).

2.3.2.2. Valor nutritivo del polvillo de arroz

El contenido de nutrientes presentes en el alimento es uno de los aspectos más sobresalientes de su calidad, de esta forma nos permitirá tener una mejor apreciación de valoración nutricional, al ser consumido por el animal, se incorporará en el organismo para cumplir diferentes funciones vitales, lo que va a garantizar la ganancia o pérdida de peso de los mismos, siendo de vital importancia este análisis, especialmente, en este tipo de investigaciones donde no existe dato alguno sobre los requerimientos de esta especie (Acosta, 2002).

Es importante considerar la composición química de las diferentes materias primas utilizadas en la alimentación de bovinos en forma tradicional, de esta forma nos permitirá tener una mejor apreciación de la calidad del alimento, dependiendo del contenido de nutrientes del mismo, que una vez consumido por el bovino permitirá incorporarse al organismo animal y cumplir las diferentes funciones vitales (FEDNA, 2003)

Las composiciones químicas en porcentaje del polvillo de arroz se exponen en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Composición química del polvillo de arroz

HUMEDAD	CENIZAS	PB	EE	FB	FND	FAD	LAD
9,9	11,6	14,8	3,2	9,7	27,5	15,1	3,9

Fuente: (FEDNA, 2003)

2.3.3. Arrocillo

Se denomina arrocillo o medianos de arroz a los fragmentos del grano de arroz obtenidos en el proceso de molturación del arroz. El arrocillo se separa después de la fase del pulido del arroz y tiene la misma composición química que el arroz blanco. Constituye un alimento básicamente energético, ya que sus componentes más importantes son los glúcidos o hidratos de carbono. El uso del arrocillo es habitual en dietas para animales. Se suele utilizar en la fabricación de piensos para animales de primeras edades (destete precoz) y para animales de compañía o mascotas. Se ha empleado para toda clase de ganado, tiene un valor especial a causa de su riqueza calórica y su escaso contenido de fibra.

Cuadro 5. Composición media del arrocillo

Energía	350 Kcal
Proteínas	7,4%
Hidratos de carbono	75,5%
Grasas	0,8%
Humedad máxima	15%

Fuente: (Ralda, 2012).

2.4. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL RUMIANTE

2.4.1. Ambiente Ruminal

El rumen es un gran saco anóxico contenido por una alta población microbiana, según Santini, (2015) los alimentos consumidos son fermentados por estos microorganismos y los productos finales de esta fermentación son absorbidos a través de las paredes del rumen. Como resultado de estos procesos se genera una

masa microbiana, que será un aporte importante de proteína en duodeno para el rumiante y aproximadamente el 60% de la energía digestible, es requerida para mantenimiento y producción por el animal.

2.4.2. Ecología Ruminal

Las condiciones ambientales en las que se desarrolla el proceso de degradación de alimento, tanto las características físicas y químicas del medio como las interacciones entre distintos microorganismos determinan el grado y ritmo de la digestión del forraje.

2.4.3. Degradación Ruminal de la Fibra

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por acción de las bacterias celulolíticas (fibrolíticas). El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por acción de las celulasas y hemicelulasas y varía en función de la composición, entremezclado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación. Las bacterias celulíticas producen glucosa o pentosas como productos intermedios, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de acetato como producto final (Calsamiglia, 1997).

Durante el proceso fermentativo de la fibra se pierde un carbono en forma de metano, por lo que el proceso es energéticamente menos eficaz que la fermentación de otros nutrientes. Sin embargo, el acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria, en consecuencia el aporte de fibra en el rumen y la supervivencia de las bacterias fibrolíticas es imprescindible. La degradabilidad efectiva de la fibra depende de la velocidad de tránsito ruminal y de su velocidad de degradación (Calsamiglia, 1997).

2.5. VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

La alimentación animal tiene mucho que decir en relación a la construcción de una ganadería eficiente. En este sentido, desde una óptica económica, es necesario diseñar sistemas de alimentación que maximicen la respuesta productiva con un coste de los insumos lo más bajo posible. Asimismo, desde las perspectivas del medio ambiente, la seguridad alimentaria y el bienestar animal, las metas son reducir tanto las sustancias contaminantes, como aquellas que puedan afectar a la salud humana y animal (Maroto F. et. al., 2011).

La calidad nutritiva de los animales está en función de la proporción y el nivel de consumo de la digestibilidad del contenido de nutrientes y la eficiencia en que estos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales (Giraldo, L. et. al., 2007).

2.5.1. Composición Química

La composición de los alimentos debe ser la base sobre la cual se deciden los ingredientes a usar y sus combinaciones. La información de la composición de alimentos puede obtenerse de dos fuentes, a partir de los valores tabulados o a partir de los análisis químicos de los alimentos (Corado, 2005).

Los principales nutrientes que requieren los animales son elementos como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales.

La proteína de los alimentos se absorbe en forma de péptido amino y se re-sintetiza a proteína en el cuerpo. Los microorganismos de los animales rumiantes pueden utilizar nitrógeno no proteico (NPN) en el rumen sintetizándose una proteína bacteriana. Las proteínas se degradan en compuestos llamados aminoácidos, estos pueden ser sintetizados en el cuerpo, llamados aminoácidos esenciales y aminorificados no esenciales; en cambio los aminoácidos esenciales deben suministrarse a través de los alimentos. El rumiante no necesita los aminoácidos esenciales porque los microorganismos del rumen producen la proteína bacteriana (INATEC, 2016).

Los bovinos alimentados con forrajes de baja calidad, altos en fibra y deficientes en proteína (ej. campo natural muy empastado, rastrojos de sorgo y maíz, pajas de

cereales, etc.) presentan una baja a negativa ganancia de peso vivo debido a que este tipo de forraje se degrada muy lentamente en rumen ocasionando un bajo consumo voluntario (Soto, 2007).

Los carbohidratos son los principales componentes de los forrajes, su presencia en la dieta influye tanto en la digestibilidad como en el consumo. La lignina es un compuesto complejo, heterogéneo y no digerible que se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales; su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes (Martínez A. , 2006)

Hay que tener cierto cuidado en aportar la cantidad de energía adecuada en la ración, ya que, si ésta es insuficiente, las bacterias presentes en el rumen de los animales no pueden llegar a convertir las proteínas requeridas en su alimentación.

2.5.2. Digestibilidad

El valor nutritivo de los alimentos es importante en rumiantes. No siendo suficientes los análisis químicos, se deben considerar los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Rodríguez N, et. al., 2007).

El estimador más comúnmente usado para evaluar el valor nutritivo de un forraje es su digestibilidad, término utilizado para indicar lo que el animal en apariencia aprovecha. En varios países tropicales se ha medido la digestibilidad de los pastos; sin embargo, este valor cambia de acuerdo al medio ambiente y al manejo, por lo tanto, no se puede extrapolar a las condiciones del trópico (Alvarez, 2005).

La digestibilidad de nutrimentos orgánicos puede ser determinada en el laboratorio por métodos biológicos donde los principales reactivos son enzimas adicionadas de manera directa o por microorganismos cultivados (líquido ruminal).

Las tasas de digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer el valor nutritivo de éstos, lo que conlleva a la formulación adecuada de las dietas para los rumiantes (Suchet, 1967).

La digestibilidad, estima la proporción de nutrientes en una ración que presumiblemente son absorbidos por el animal. Ésta depende en gran parte, de la

composición nutritiva de la ración en estudio, aunque su medición se complica porque las heces tienen cantidades de materiales que no provienen de la dieta (compuestos nitrogenados, lipídicos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno). Por esta razón, los coeficientes de digestibilidad son “aparentes”, sin embargo, son de gran utilidad.

La digestibilidad puede ser medida *in vivo* o *in vitro*. En el primer caso se estima bajo cierto número de animales, mientras que, en el segundo, se simula el proceso natural de digestión en laboratorio, habiendo complicaciones de tipo práctico en ambas. En el consumo de forrajes, la digestibilidad *in vivo*, se ve alterada por: la capacidad de selección del animal en función de la oferta de material, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento y la eficiencia metabólica animal. También son consideradas las condiciones ambientales, haciendo que la técnica *in vitro* difícilmente pueda recrear las transformaciones que ocurren *in vivo* (Lachmann, 2001).

En dietas basadas en pastos y forrajes, la digestibilidad se afecta por aquellos elementos que tienen efecto en el consumo. Giger-Reverdin *et al.* (1987) señalan que la lignificación de los tejidos aumenta la fracción no degradable de las paredes celulares y disminuye la tasa de degradación de esta fracción. El tiempo necesario para reducir el tamaño de partícula antes que abandone el rumen también aumenta. Por ello, el tiempo de retención en el rumen de los alimentos depende, principalmente, de la tasa de degradación de la fracción degradable y de la no degradable de los pastos. Es decir, que el tiempo de permanencia del alimento en el rumen y su degradación se relaciona estrechamente con la indigestibilidad del forraje (Lachmann, 2001).

2.5.2.1. Digestibilidad *in vivo*

La determinación de la digestibilidad *in vivo* es esencialmente el establecimiento de un balance apropiado entre los nutrientes que entran a partir de los alimentos y de los que salen a través de las heces. Hay dos métodos posibles: el método de recolección total consistente en la recolección cuantitativa de las heces emitidas que corresponden a uno o muchos alimentos, y el método con indicador que ha sido desarrollado para obviar los problemas de la recolección cuantitativa usando

un marcador inerte indigerible; el marcador más frecuente usado es el óxido crómico (Edin, 1918), que es incorporado al alimento y luego analizado en él y en

Para la determinación del coeficiente de digestibilidad in vivo, se han utilizado varios métodos, dentro de ellos, los más importantes son el de colección total de heces (CTH) y el de las proporciones utilizando indicadores. El método CTH, es el más confiable, ya que involucra factores directos del alimento con el animal. Lo ofrecido al animal, lo rechazado y muestras de heces son analizados en laboratorio y así, determinar la digestibilidad del nutriente en cuestión. El cálculo del coeficiente, corresponde al porcentaje de un determinado nutriente que luego de ser consumido no es eliminado en forma de heces:

$$D = 100 (P - Ph)/P$$

Este índice sólo estima la digestibilidad del nutriente ingerido, ya que el hecho de no aparecer en las heces no significa que haya sido asimilado, sino que parte del alimento ingerido puede haberse eliminado de otra manera (Lachmann, 2001).

El coeficiente de digestibilidad se expresa en forma porcentual, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$CD = \frac{NI - NH}{NH} \times 100$$

Dónde:

CD = Coeficiente de digestibilidad

NI = Nutrientes Ingeridos

NH = Nutriente en Heces (Bondi, 1989).

Según (González & Rojas, 2015), para determinar la digestibilidad in vivo en borregos, los animales deben estar en jaulas individuales, sujetas a una alimentación restringida y las muestras se recogerán través del uso de bolsas individuales durante un periodo de siete días.

2.5.2.2. Digestibilidad *in situ*

Constituye un procedimiento alternativo a las pruebas *in vitro*, en cuanto proveen resultados comparables respecto a la estimación de la degradabilidad de los forrajes. En éstas el proceso fermentativo ocurre en muestras de forraje contenidas en bolsas de dacrón o polyester, las que son introducidas en el rumen de animales fistulados.

Las técnicas *in situ* son valiosas para estaciones experimentales o laboratorio en las que no se cuenta con equipo requerido para las técnicas *in vitro*, pero quizás su utilidad sea mayor aun cuando se desea estudiar el efecto de la suplementación sobre la degradabilidad de la fibra en forrajes, entre nutrientes o alimentos (UNAL, 2012).

Respecto al tamaño de la funda Ørskov, E.R. (1988), señaló que el más usado es de 14 x 9 cm y una porosidad de 40 a 60 micras, para la incubación de 2 a 5 g; por otro lado, recomendó que el peso de las muestras colocadas dentro de cada bolsa debe ser la siguiente: 2 g para paja molida, 3 g para heno de buena calidad, 5 g para concentrados y 10 -15 g para forraje fresco con un tamaño de partícula de 1 a 2 mm (Orskov & Mcdonald, 1979)

La técnica *in situ* a la cual también se le conoce como técnica de la bolsita de nylon (Orskov et al., 1980) permite estudiar la cinética de desaparición del alimento en el rumen de animales fistulados. Utiliza animales canulados en rumen para medir la digestibilidad de los alimentos directamente en el rumen. Mide la extensión y velocidad de la digestión, los efectos de la dieta y de la suplementación, entre otros. Tiene varias fuentes de error, como lo es la dieta del animal, tamaño, tipo y diámetro de la bolsa, peso de la muestra, número de muestras, tiempo de permanencia de la bolsa en el rumen y modo de extracción entre otros (Castellanos,1990).

2.5.2.3. Digestibilidad *in vitro*

Esta técnica es utilizada en rumiantes, simulándose al nivel de laboratorio los procesos digestivos que ocurren en el animal. Se somete una muestra seca de forraje, finamente molida (1 mm) a un proceso inicial de digestión con líquido ruminal y luego a digestión con ácido clorhídrico y pepsina; siendo muy útil y confiable para la valoración de forrajes tropicales (Gómez, R. et. al., 1985)

Muchos procedimientos y modificaciones de procedimientos han sido propuestos; sin embargo, la mayoría de los que hoy están en uso son modificaciones del procedimiento de dos etapas de (Tiller; Terry et. al., 1963) que está diseñado para obtener la digestibilidad verdadera por determinación de los constituyentes no digeridos de las paredes celulares.

El método in vitro consiste en una incubación de los alimentos con líquido ruminal durante 48 h, seguida del tratamiento del residuo con una solución neutro-detergente. Se la puede determinar utilizando concentrados o forrajes y como inóculo líquido ruminal procedente de rumiantes alimentadas con raciones de distinta relación.

El líquido ruminal se obtiene tras la administración de la comida de la mañana y se determina inmediatamente su pH, donde los resultados se discuten en relación con posibles cambios de la flora celulítica ruminal como consecuencia de la administración de altas proporciones de concentrado (López & Valdés, 1999).

Las pruebas de digestibilidad in vitro han sido desarrolladas desde los años sesenta (Tilley y Terry, 1963), y simulan la digestibilidad del tracto digestivo de los rumiantes.

2.5.2.4. Cinética de degradación ruminal

La estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen (DE) es quizá el cálculo más importante en el estudio de la cinética ruminal dado que permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que no logran degradarse en el rumen (National Research Council, 2001). La estimación correcta de este parámetro es necesaria para un adecuado manejo nutricional de los rumiantes y, en consecuencia, para una mejor utilización de los nutrientes.

La cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS), de nitrógeno (N) y de algunos constituyentes de la pared celular puede ser descrita a través de modelos no lineales. El modelo propuesto por Orskov y McDonald para la degradación del N ha sido el más utilizado.

$$P = a + b(1 - \exp^{-c*t})$$

Donde:

P= degradabilidad potencial

a = intercepto con el eje Y en el tiempo cero. Representa el sustrato soluble y completamente degradable que sale rápidamente del saco de nylon

b = la diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota. Representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos de acuerdo con un proceso cinético de primer orden.

c= tasa constante de la función b

t = tiempo de incubación

1- (a+b) = representa la fracción no degradable de la muestra.

Los parámetros de la cinética de degradación son necesarios para predecir la digestibilidad de los alimentos y por tanto la disponibilidad de energía y además la degradabilidad de la proteína en el rumen. La cantidad de sustrato degradado en el rumen es el resultado de la competición entre digestión y pasaje (Vivanco Luzuriaga, 2016).

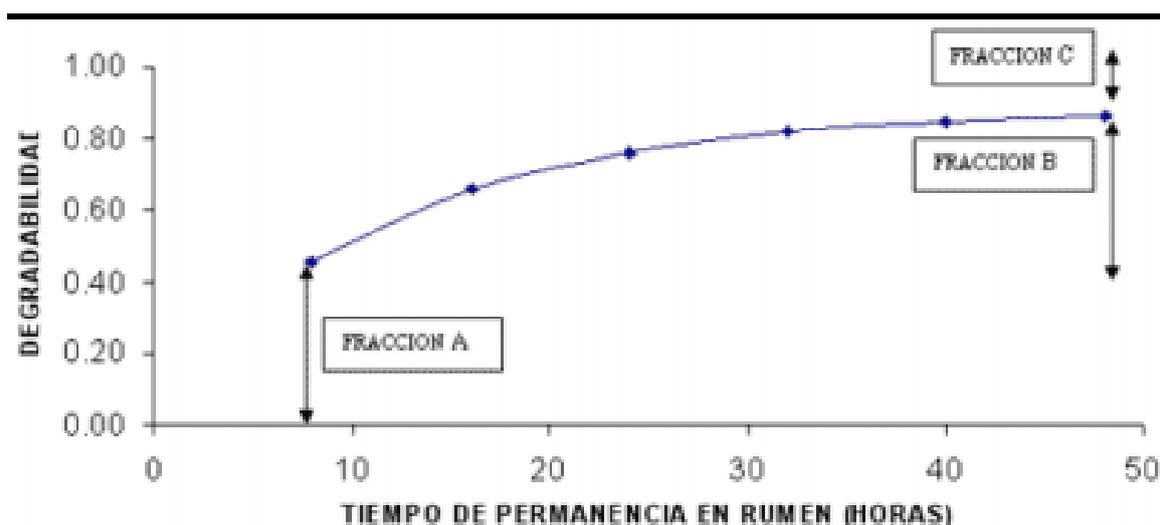


Figura 1. Cinética de degradación de la proteína de un concentrado (harina de soja) (Martínez A. , 2006).

2.6. TRABAJOS RELACIONADOS

En la literatura científica no se han reportado trabajos utilizando el rastrojo de arroz, sin embargo algunos investigadores han realizado trabajos similares con otros subproductos cuyos resúmenes se presentan a continuación:

Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas

Con el fin de evaluar el efecto de un producto enzimático fibrolítico en la digestibilidad y fermentación ruminal, se emplearon cuatro borregos fistulados en rumen (58 kg PV) en un cuadro latino 4x4 con arreglo factorial de tratamientos 2x2 donde los factores fueron: tipo de forraje (rastrojo de maíz y paja de avena) y nivel de enzima (0 y 1 g Fibrozyme® kg forraje⁻¹ MS). 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 4 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 ($p<0.05$). El ácido butírico se redujo ($p\leq 0.05$) con enzima 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 (Yescas, R. et. al, 2004)

Digestibilidad *in situ* de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda

El objetivo de este trabajo fue medir la digestibilidad *in situ* de materia seca (DISMS) de tres dietas de engorda para ovinos en Tamaulipas, México.

Se usó la técnica de la bolsa de nylon para determinar la digestibilidad *in situ* y degradabilidad ruminal de la materia seca con tres borregos fistulados en el rumen y distribuidos en un diseño de Cuadro Latino. Los periodos de incubación ruminal fueron 0, 4, 8, 12, 24 y 48 h. Todos los tratamientos (T) incluyeron sorgo (*Sorghum vulgare*) molido como grano. El T1 y T2 se formularon con pulido de arroz (*Oryza sativa*) con 7,53% en base seca (BS) y con 5% (BS) de soca de sorgo como forraje; respectivamente; y el T3 con 5% (BS) de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) más 3% (BS) de alfalfa (*Medicago sativa*). En T1 se observó el mayor valor ($P<0,05$) de

digestibilidad a las 0 y 4 h. Para las 24 h, la mayor ($P>0,05$) fracción digestible fue para T2. A las 48 h no se observó diferencia entre tratamientos ($P>0,05$). La fracción rápidamente soluble y la constante de degradación fueron mayores ($P<0,05$) en T1 que T2 y T3. La dieta T1 presentó la fracción más digestible en las primeras horas de incubación en rumen (0 y 4). La dieta T3 se digirió en menor proporción; sin embargo, pudiera ser la mejor para la engorda de ovinos, por menor riesgo de acidosis (Salinas, J., et. al., 2011).

Digestión ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (*in vivo*, *in vitro* e *in sacco*)

El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y biodisponibilidad de los nutrientes para ello se han utilizado numerosos análisis de laboratorio para estimar la digestión ruminal e intestinal del alimento como son *in vitro* (Producción de gas y Daisy) e *in sacco*, para ser comparadas con el método *in vivo*. El sorgo presenta el mayor ($P0.05$) entre cereales. Con lo que respecta a los métodos de digestibilidad, la MSd fue menor ($P0.01$) para los métodos *in sacco* e *in vitro* (Daisy). La producción de AGV'S fue similar para ambos cereales. Las técnicas *in situ* e *in vitro* (DaisyII®) permiten determinar la digestibilidad de forma rápida y sencilla comparado con los métodos convencionales. El molido del sorgo mejora su valor alimenticio aumentando su digestibilidad, lo que representa una alternativa ante el maíz para la alimentación de terneros en engorda (González-García et al., 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. De Campo

- Rastrojo de arroz
- Fundas plásticas
- Marcador
- Balanza de mano
- Botas
- Vestimenta adecuada
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Ovejas
- Hojas de bisturí
- Hilos de sutura
- Gasas
- Antibiótico, antiinflamatorio
- Anestésicos
- Fístulas

3.1.2. De Laboratorio

Fundas de papel, estufa, frascos de plástico para muestras, balanza analítica, crisoles de porcelana, pinzas para crisoles, mufla, desecador, matraz de bola fondo plano 600 ml, cuello esmerilado, unidad de condensación para el matraz, matraz, crisol de filtración, papel filtro, piceta de 500 ml, equipo kjeldahl, espátulas, trampa para destilación kjeldahl, matraz erlenmeyer de 500 ml, bureta de 25ml, probeta de 500 ml, pinzas para bureta, soporte universal, embudo de vidrio, mezcla de catalizadores (K_2SO_4 y $HgSO_4$), ácido sulfúrico, ácido bórico al 4 %, hidróxido de sodio al 50 %, indicador rojo de metilo al 0.1 %., ácido clorhídrico 0.1 n, tiosulfato de sodio.

3.1.3. De Oficina

- Computadora
- Impresora
- Papel bon
- Flash memory
- Calculadora
- Libreta
- Material bibliográfico
- Internet

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

El presente proyecto comprendió dos etapas: una de campo realizada en los cultivos de arroz de los cantones Macará y Zapotillo. El cantón Macará se encuentra ubicado a 440 m.s.n.m con una temperatura promedio de 25°C, su clima es subtropical seco. El cantón Zapotillo está ubicado a 225 m.s.n.m, su temperatura varía entre 25 – 30°C, con un clima cálido seco.

La segunda etapa comprendió la caracterización química y digestibilidad *in situ* de las muestras de rastrojo de arroz, llevada a cabo en el laboratorio de Bromatología y quinta experimental Punzara respectivamente de la Universidad Nacional de Loja.

3.2.2. Obtención de Muestras

En cada cantón se elaboró un listado de productores, considerando la variedad de arroz que cultivan, luego se procedió mediante sorteo a seleccionar tres fincas para la posterior recolección de las muestras de rastrojo de arroz; para el efecto se tomaron 3 muestras de cada variedad de rastrojo de arroz, en los cantones: Macará; variedades tinajones e iniap 16; Zapotillo: variedades tinajones, ferón, iniap 16 y 1 sola muestra de codasal, resultando un total de 16 muestras. En cada finca se recolectó todo el rastrojo de una poza seleccionada, homogenizándolo y tomando

una muestra representativa de 1 Kg para trasladar al Laboratorio Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

3.2.3. Análisis de Laboratorio

3.2.3.1. Preparación de las muestras

Para el análisis bromatológico, se procedió a picar la muestra y luego colocarla en bolsa de papel debidamente identificada, cada muestra fue dividida en dos partes una para análisis químico y otra para digestibilidad, en ambos casos se procedió a la deshidratación de las muestras en la estufa, a una temperatura de 60°C por 48 horas; posteriormente se molieron las muestras en un molino Thomas Whilley, con una criba de 2 mm para los análisis químicos y de 5 mm para los análisis de degradabilidad ruminal.

3.2.4. Preparación de Animales (ovinos)

Se utilizaron dos ovinos mestizos hembra y macho con un peso de 23 y 25 Kg respectivamente. Previo al inicio del experimento se adecuaron dos cuartos realizando la limpieza y desinfección, se ubicaron jaulas de madera para facilitar el manejo de los animales. En las primeras tres semanas su alimentación fue a base de kikuyo, alfalfa y morera, luego de un proceso de desparasitación y vitaminización se administró concentrado comercial (aproximadamente 200 g /animal). Una vez reconstituidos los animales se procedió a realizar la cirugía de fistulación.

3.3.5. Técnica de Fistulación

Antes de la cirugía se realizó el trasquile de las ovejas; luego de un ayuno de 24 horas, se administró vitamina k para evitar complicaciones durante la cirugía. Luego se procedió a afeitar el lado laterocostal izquierdo, lavando y desinfectando con clorhexidina y yodopovidona; 15 minutos antes de la cirugía, los animales fueron premedicados con xilacina vía intramuscular de acuerdo a su peso, se los colocó a los animales de decúbito lateral derecho, para aplicar lidocaína anestésico local mediante infiltración paravertebral de los nervios lumbares, antes de la apófisis transversal que está en la treceava vértebra torácica hasta la segunda vértebra lumbar, realizando luego una infiltración local con 10 ml de lidocaína directamente

en la zona de incisión quirúrgica. El acceso al rumen se realizó mediante laparotomía paracostal izquierda. Con la ayuda de un bisturí se realizó la incisión de la piel a 25 cm de la última costilla y con la amplitud suficiente para poder ubicar la cánula a través de ella. Una vez cortada la piel se continuó con incisión roma del grupo muscular abdominal (oblicuo abdominal externo, oblicuo abdominal interno, abdominus transverso y fascia transversal), finalmente se abrió el peritoneo, se hizo una ruminotomía en el saco dorsal del rumen, tratando de cortar en un área no muy vascularizada. Se levantó el saco dorsal con pinzas de hemostasia para evitar el reflujo de líquido ruminal. Seguidamente se introdujo la cánula en el rumen, colocando dos cauchos de forma circular rodeando a la cánula en el interior del rumen, y otros de igual tamaño en la parte externa de la misma, esto para darle mayor seguridad y evitar que la cánula se salga de su sitio.

Seguido se procedió a realizar las suturas del peritoneo con tejido alrededor de la cánula usando hilo reabsorbente de calibre 00. Se terminó de cerrar la piel con puntos de sutura simples con material monofilamento no absorbente de 0 a 1. Como analgésico y antiinflamatorio luego de la cirugía se inyectó 2 ml de Inflacor vía intramuscular cada 8 horas durante tres días, conjuntamente con 1 ml de Benzapen (Penicilina) cada 48 horas. Se dejó transcurrir un tiempo adecuado para la recuperación de los animales antes de empezar con los análisis, se realizó una desinfección periódica utilizando productos repelentes de artrópodos causantes de miasis (gusanera).

3.3.5. Alimentación

Se administró forraje verde, a base de kikuyo, alfalfa, morera, junto con concentrado como suplemento y ayuda de un multivitamínico con el fin de dar una buena recuperación a los dos animales. Quince días antes del análisis de digestibilidad, aparte de su alimentación normal, se administró aproximadamente 300 g de una ración elaborada en base a su requerimiento para mantenimiento; también se procedió a colocar forrajes fibrosos (bagazo de caña) con el fin de provocar un aumento de las bacterias fibrolíticas a nivel del rumen.

En el siguiente cuadro se mencionan los ingredientes con los que se elaboró la ración con sus porcentajes.

Cuadro 6. Ingredientes y composición nutricional de balanceado para ovinos

Ingredientes	Cantidad	Cantidades (Kg)	Cantidad (lb)	Formulación de nutrientes	
Bagazo de caña	0,0500	2,50	5,50	Energía Kcal/Kg	1750
Maíz	0,4000	20,0	44,00	Proteína %	19,14
Soya (47%)	0,1884	9,42	20,72	FND %	23,42
Melaza	0,0300	1,50	3,30	EE %	6,00
Palmiste	0,1839	9,20	20,23	Ca %	0,70
Afrecho de trigo	0,0700	3,50	7,70	P %	0,32
Aceite de palma	0,0364	1,82	4,01	Na %	0,25
Sal	0,0060	0,299	0,66	K %	0,86
Premix	0,0100	0,500	1,10	Cl %	0,46
Carbonato de calcio	0,0144	0,720	1,58	S %	0,40
Urea	0,0100	0,500	1,10		
Azufre	0,0008	0,041	0,09		
Cantidad total	1,0000	50	110,00		

3.3.6. Variables en Estudio

Composición química del rastrojo de arroz

- Materia seca
- Cenizas
- Proteína cruda
- Fibra cruda

Digestibilidad *In situ* de la materia seca

- a= Fracción soluble
- b= Fracción insoluble pero potencialmente degradable
- c= Tasa de degradación % horas

Energía metabolizable de la materia seca

3.3.7. Análisis de Laboratorio

En el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, se procedió a realizar los análisis respectivos de la composición química del rastrojo de arroz, considerando los siguientes componentes según la metodología de la AOAC (2005):

a. Humedad y materia seca

Se colocaron las muestras en fundas de papel para ser pesadas e ingresadas a la estufa sometiéndolas a 105°C hasta peso constante. La pérdida de peso indica la humedad de la muestra misma que por diferencias se porcentualizó dándonos la humedad total. Para el cálculo de la humedad se lo realiza con las siguientes formulas:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M-m)}{M} \times 100$$

M = Muestra húmeda

m = Muestra seca

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \%H$$

b. Cenizas

La determinación de las cenizas se lo realizó por incineración, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Las muestras previamente pesadas en crisoles y en balanza de precisión se sometieron a incineración a 600°C en mufla u horno hasta lograr que el residuo sea ligeramente grisáceo o blanquecino. Se retira de la mufla y se las enfría en desecador para finalmente pesar y por diferencias determinar el contenido de cenizas totales.
- Se realiza el cálculo del porcentaje de cenizas de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(P3-P1)}{(P2-P1)} \times 100$$

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de la ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Dónde:

P1 = Peso del crisol vacío

P2 = Peso del crisol más muestra

P3 = Peso del crisol más cenizas

c. Fibra Cruda

La fibra cruda se la determinó mediante una simulación de digestión ácido - base, con el siguiente procedimiento:

- Pesamos 2.0 g de muestra, en balanza analítica de precisión 0,1 mg.
- Transferimos la muestra a un vaso de 600 ml, se agregan 200 ml de ácido sulfúrico al 0,255 N y se sometió a ebullición por 30 minutos conservando el volumen mediante la adición de agua destilada. Transcurrido este tiempo se adicionó 20 ml de NaOH al 20% y se continuó con la ebullición por 30 minutos más.
- Se filtró en crisol con lana de vidrio y se enjuagó con agua destilada caliente, posteriormente se sometió a secado y se procedió a pesar para finalmente incinerar a 600°C por una hora y media, para enfriar en desecador y volver a pesar.
- Para el cálculo del porcentaje de fibra cruda se lo realiza con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de Fibra cruda} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Dónde:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

d. Proteína Bruta

La proteína bruta se la determino mediante el método del Kjeldahl, Siguiendo el siguiente protocolo:

- Se pesó una muestra de entre 0,5 y 1 g. en un papel filtro y balanza analítica con precisión de 4 decimales
- La muestra contenida en el papel filtro se coloca en los tubos de digestión del Kjendahl, donde se le agregó 12 ml de ácido sulfúrico concentrado y una pastilla de cantalizador para posteriormente someterle a la digestión a 420°C; luego de la cual se realizó la destilación con NaOH al 40% y colección del amoniaco en ácido bórico al 4% para finalmente realizar la valoración o titulación con ácido sulfúrico 0,1 N.

Para el cálculo del porcentaje de proteínas en la muestra se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ PC} = \% \text{ NT} \times \text{factor}$$

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

Dónde:

NT = Nitrógeno total

V = Volumen gastado del ácido sulfúrico

N = Normalidad del ácido

Meq.N = miliequivalente del nitrógeno que es 0.014

Factor = 6,25

3.3.9. Digestibilidad in situ

Para el estudio de digestibilidad *In situ* de la materia seca de las diferentes variedades de rastrojo de arroz se los realizó en la Quinta experimental Punzara, donde se instauró las fístulas en ovinos hembra y macho, aproximadamente de 2 años de edad y 25 kilos de peso; a la evaluación clínica previa, los animales no presentaron signos, síntomas, o actitudes sospechosas de patologías. Los cuidados preoperatorios, incluyeron ayuno de líquidos y sólidos por 12 horas. Durante el tiempo previo al acto quirúrgico se suministró una ración a base de

bagazo de caña, maíz, soya, melaza, palmiste, afrecho de trigo, aceite de palma, sal, premix (mantenimiento), carbonatos de calcio, urea, azufre y se mantuvo al animal en una pastura natural de trébol, gramilla y otras especies.

Para la digestibilidad *In situ* de la materia seca, se procedió de la siguiente manera:

- Se utilizó una cantidad de 120 g de cada muestra previamente molida
- Se elaboraron de forma manual las bolsas con tela chifón de marca macradon, con un tamaño de poro de 4,5 micras, de 10 x 6 cm de longitud.
- Antes de su utilización fueron previamente identificadas para que no exista ninguna confusión.
- Para la incubación se empezó de forma inversa en el tiempo de 96 horas (0, 6, 12, 24, 48 y 96 horas), introduciendo las bolsas con el contenido de manera consecutiva según los tiempos, para esto se utilizó cadenas de aproximadamente 0,5 m de longitud y unos 3 cm de espesor.
- Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a extraer y lavar las bolsas con agua caliente hasta observar que ésta salga cristalina para luego dejarlas que se escurran. Posterior se las llevó a la estufa a una temperatura de 60°C por 24 horas para su secado y posterior pesaje del residuo, determinando los coeficientes de digestibilidad y cinética de degradación.

3.3.9.1. Determinación de la cinética de digestión

La degradación de la materia seca (MS) estuvo sujeta a una ecuación exponencial expuesta por Orskov:

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Dónde:

Y= Porcentaje de degradación acumulada en el tiempo t, %

a= Intercepto de la curva de degradación cuando t= 0 (degradabilidad inicial, %)

b= Fracción degradada por acción de los microorganismos (degradabilidad máxima, %)

c= Tasa de degradación, %h⁻¹

t= Tiempo de incubación en el rumen, horas

e= Base de logaritmos naturales

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial(g)} - \text{Cantidad residual(g)}}{\text{Cantidad inicial(g)}} \times 100$$

3.3.9.2. Determinación de energía

Para determinar la energía se consideró el coeficiente de digestibilidad de la materia seca tomada del tiempo de 48 h, con la siguiente ecuación.

$$EM \text{ (MCal/Kgde materia seca)} = DMS \times 0,04409$$

Dónde:

EM= Energía metabolizable

DMS= Digestibilidad de materia seca

3.3.10. Análisis Estadístico

Se realizó análisis de varianza, considerando como fuentes de variación a la procedencia y la variedad. Para comparar las medias se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error. Los resultados de la cinética de degradación fueron modelizados utilizando un modelo exponencial propuesto por Orskov, para ello se utilizó el procedimiento NLIN del SAS. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa SAS (SAS University Edition versión 2017).

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA

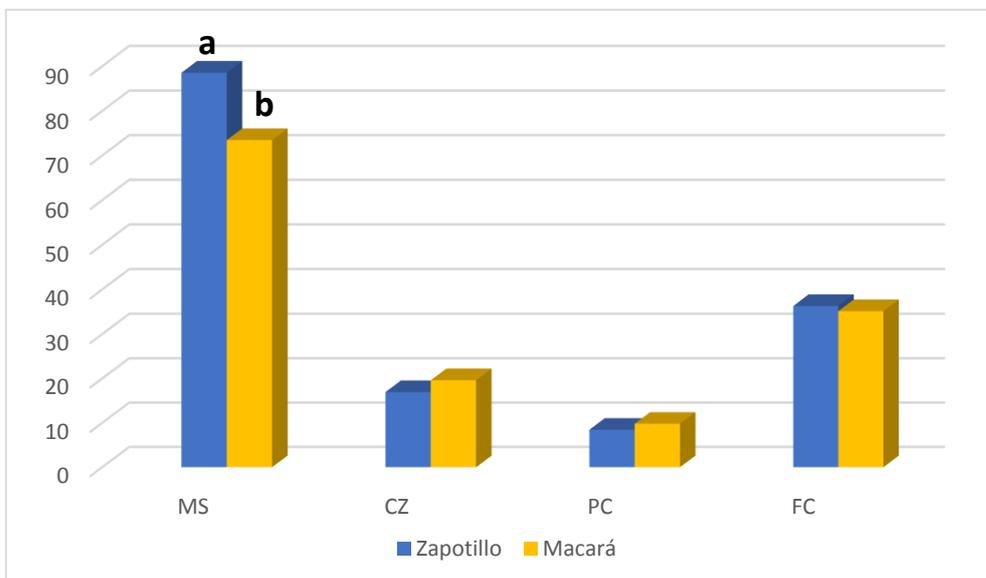
El contenido de materia seca, cenizas, proteína cruda y fibra cruda de acuerdo a la variedad y procedencia, se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Composición bromatológico del rastrojo de arroz de acuerdo a la variedad y procedencia (%)

	Materia Seca	Cenizas	Proteína Cruda	Fibra Cruda
Procedencia				
Zapotillo	88,56 ^a	16,93	8,45	36,29
Macará	73,46 ^b	19,61	9,80	35,13
Promedio	81,01	18,27	9,13	35,71
Variedades				
Codasal	81,25	17,55	12,41 ^a	35,37
Ferón	87,05	17,26	5,72 ^b	37,14
Iniap 16	73,07	18,91	6,95 ^b	36,34
Tinajones	82,69	19,35	11,42 ^a	33,99
Promedio	81,02	18,27	9,13	35,71
Error estándar				
Procedencia	4,705	1,310	0,507	0,742
Variedad	9,067	2,526	0,977	1,429
P – Valor				
Procedencia	0,012	0,083	0,029	0,174
Variedad	0,102	0,579	<0,001	0,075

El contenido de materia seca fue mayor en el cantón Zapotillo con 88,56 %; mientras que en los niveles de cenizas, proteína cruda y fibra cruda no se observó diferencia estadística según la procedencia.

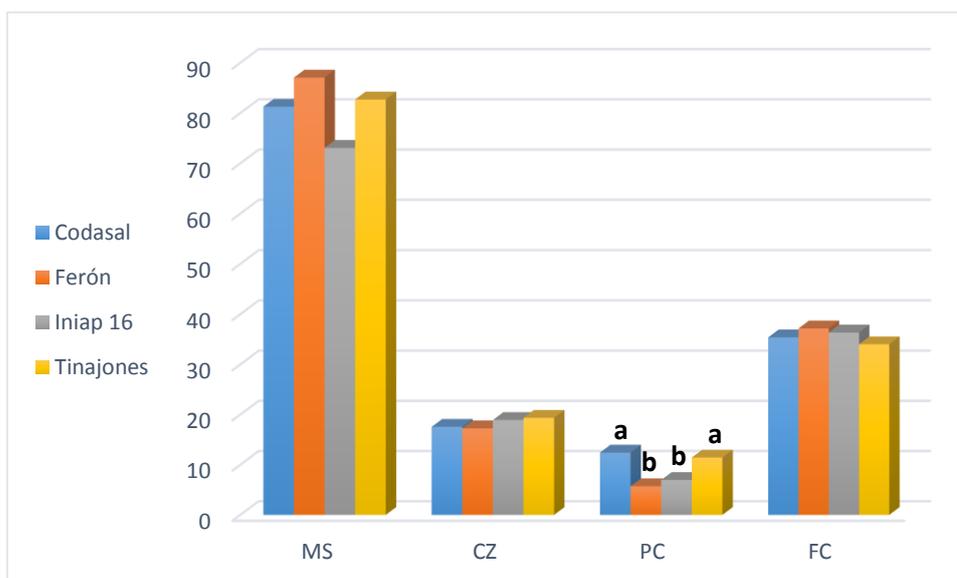
Figura 2. Composición bromatológica del rastrojo de arroz de acuerdo a la procedencia



De acuerdo a las variedades se observó diferencia en el contenido de proteína cruda, siendo mayor en la variedad Codasal con 12,41 % y Ttinajones con 11,42 %, no encontrándose diferencia estadística entre las dos variedades, pero ambas son superiores a la INIAP 16 (6,95 %) y la Ferón (5,72 %).

En lo que se refiere a materia seca, cenizas y fibra cruda, de las diferentes variedades analizadas, si bien se observa diferencias numéricas no se detectaron diferencias estadísticas significativas.

Figura 3. Composición bromatológica del rastrojo de arroz de acuerdo a las variedades.



4.2. DEGRADACIÓN RUMINAL

4.2.1. Degradación Total

Se determinó la digestibilidad *in situ* de materia seca (MS) de las diferentes variedades encontradas en los dos cantones (Macará y Zapotillo), los resultados de acuerdo a los tiempos de incubación se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Degradación ruminal del rastrojo de arroz, según la procedencia y variedad, de acuerdo al tiempo de incubación.

Variables	Tiempo de Incubación %					
	0	6	12	24	48	96
Procedencia						
Zapotillo	10,0	17,9	23,6	20,8	36,6	38,7
Macará	9,24	16,2	21,3	27,9	33,5	35,6
Variedad						
Codasal	6,77	11,0	14,7	21,1	30,2	39,8
Ferón	9,83	13,9	17,3	22,8	29,8	35,6
Iniap 16	10,0	15,6	19,8	25,2	29,8	31,6
Tinajones	11,9	22,5	27,9	32,0	33,4	33,5

Como se observa en el cuadro ocho, respecto a la procedencia las muestras del cantón Zapotillo tienen una mayor degradabilidad que las del cantón Macará, entre variedades el porcentaje más alto la mayor degradabilidad corresponde a la variedad codasal con 39,8 % y la menos a la iniap 16 con 31,6%, aunque no se detectó diferencia estadística entre procedencias ni entre variedades.

4.2.2. Degradación Ruminal por Periodo

A partir de los datos de la degradación total que se presentan en el cuadro anterior se calculó el porcentaje de degradación por periodo, cuyos resultados se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Degradación ruminal del rastrojo de arroz, de acuerdo a la procedencia y variedad, por periodos.

Variables	Tiempo de incubación				
	0 - 6	6 - 12	12 - 24	24 - 48	48 - 96
Procedencia					
Zapotillo	7,9	5,7	2,8	15,8	2,1
Macará	6,96	5,1	6,6	5,6	2,1
Promedio	7,4	5,4	4,7	10,7	2,1
Variedad					
Codasal	4,23	3,7	6,4	9,1	9,6
Ferón	4,07	3,4	5,5	7,0	5,8
Iniap 16	5,6	4,2	5,4	4,6	1,8
Tinajones	10,6	5,4	4,1	1,4	0,1
Promedio	6,1	4,2	5,4	5,5	4,3

De acuerdo a lo observado en los resultados de degradación ruminal de un tiempo a otro que se muestra en el cuadro diez, se pudo evidenciar que este rastrojo tiene un alto contenido de fibra para lo cual necesita de un tiempo de 24 a 48 horas para que se degrade, pasado de este tiempo el porcentaje de degradabilidad es mínimo.

4.2.1. Cinética de Degradación

Los resultados del estudio de la cinética de degradación de cada muestra se presentan en el cuadro 11, mismos que comprenden tres variables:

- Determinación de la fracción soluble de la muestra que es el porcentaje de degradación en el tiempo 0, que se simboliza con la letra “a”
- Determinación de la fracción insoluble pero potencialmente degradable, simbolizada con la letra “b”
- Velocidad con la que se degrada la muestra expresada en porcentaje/hora, que se simboliza con la letra “c”.

Cuadro 9. Cinética de degradación ruminal del rastrojo de arroz de acuerdo a la procedencia y variedad.

Factor	Fracciones		Velocidad de degradación
	a	b	c
Procedencia			
Zapotillo	10,0	28,9	0,0529
Macará	9,24	26,6	0,0504
Variedades			
Codasal	6,77	39,6	0,0187
Ferón	9,83	28,1	0,0258
Iniap 16	10,0	21,8	0,0497
Tinajones	11,9	21,6	0,1124
Error estándar			
Procedencia	1,43	6,91	0,0392
Variedad	2,76	13,3	0,0754
P - Valor			
Procedencia	0,615	0,756	0,951
Variedad	0,454	0,541	0,505

Según el resultado de la cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS) de los rastrojos de arroz codasal, ferón, iniap 16 y tinajones, por tratarse de un

subproducto fibroso la fracción soluble es baja, en relación a la insoluble pero potencialmente degradable, aunque el mayor porcentaje de las muestras correspondería a la fracción no degradable

Los resultados de la cinética de degradación aplicando el modelo de Orskov, se representan en los siguientes gráficos, de acuerdo a la procedencia y a la variedad;

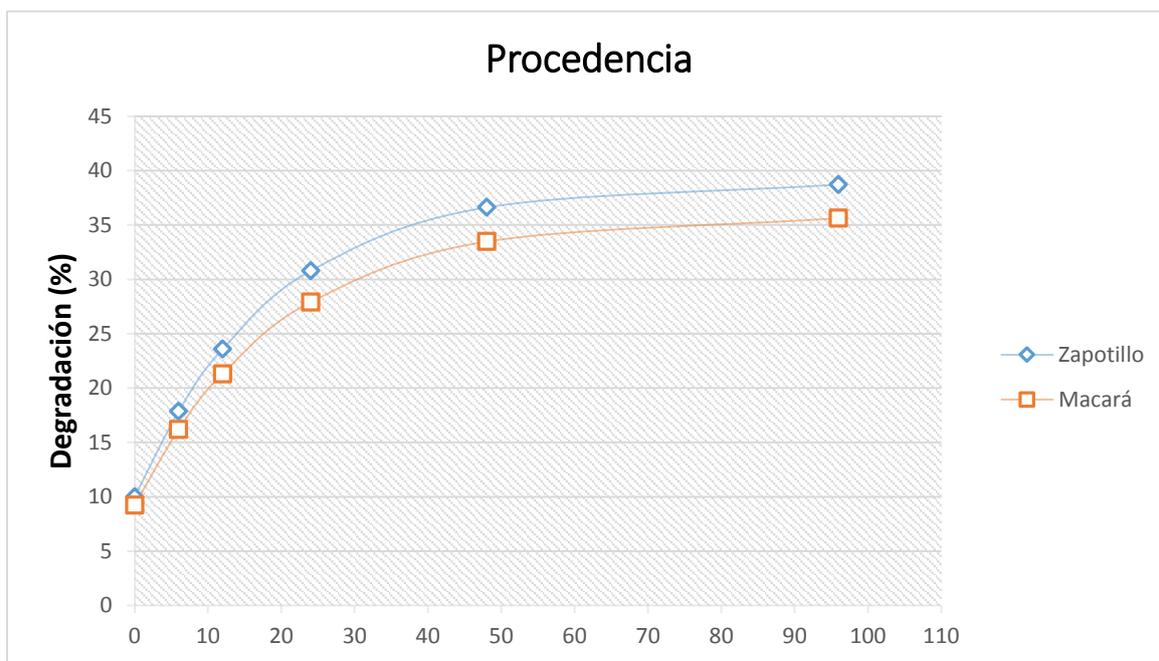


Figura 4. Cinética de degradación ruminal de acuerdo a la procedencia.

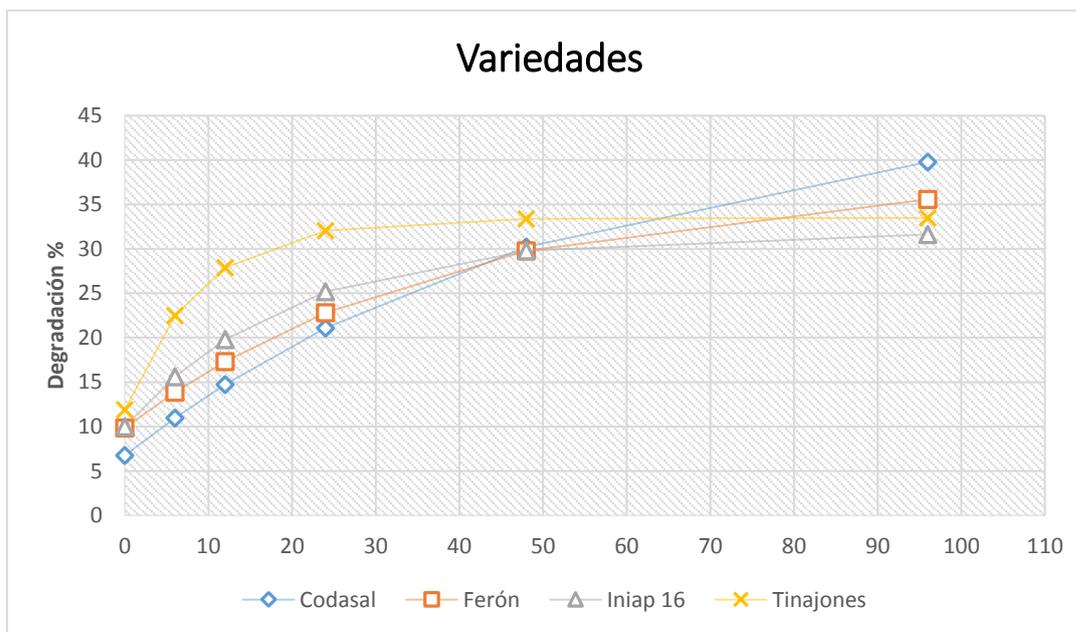


Figura 5. Cinética de degradación ruminal de acuerdo a la variedad.

4.3. ENERGÍA METABOLIZABLE

Los resultados de energía metabolizable se obtuvieron en megacalorías (Mcal) por Kg de materia seca (Kg/MS), dichos valores se pueden apreciar el cuadro 11.

En cuanto a la energía metabolizable de los rastrojos de arroz codasal, ferón, Iniap 16 y tinajones no presentó diferencia significativa en lo que se refiere a la procedencia ni a la variedad. En la procedencia el valor de la media más elevado se dio en el cantón Macará con 1,159 Mcal/kg de materia seca seguido del cantón Zapotillo con 1,107 Mcal/kg de materia seca; en cuanto a las variedades de los rastrojos de arroz el valor de la media más elevada se dio en la variedad codasal con 1,393 de Mcal/kg y el valor más bajo se dio en la muestra tinajones con una media de 0,819 Mcal/kg de materia seca.

Para una mejor comprensión se puede observar las medias de la energía metabolizable en la figura 6.

Cuadro 10. Energía metabolizable (EM) de los rastrojos de arroz (codasal, ferón, iniap 16, tinajones), de los cantones Zapotillo y Macará.

Efecto	EM Kcal/Kg
Procedencia	
Zapotillo	1,107
Macará	1,159
Variedades	
Codasal	1,393
Ferón	1,242
Iniap 16	1,080
Tinajones	0,819
Error estándar	
Procedencia	0,181
Variedad	0,349
P – Valor	
Procedencia	0,795
Variedad	0,331

Los valores fueron analizados estadísticamente mediante la prueba de Tukey (P<0,05); error estándar de la media

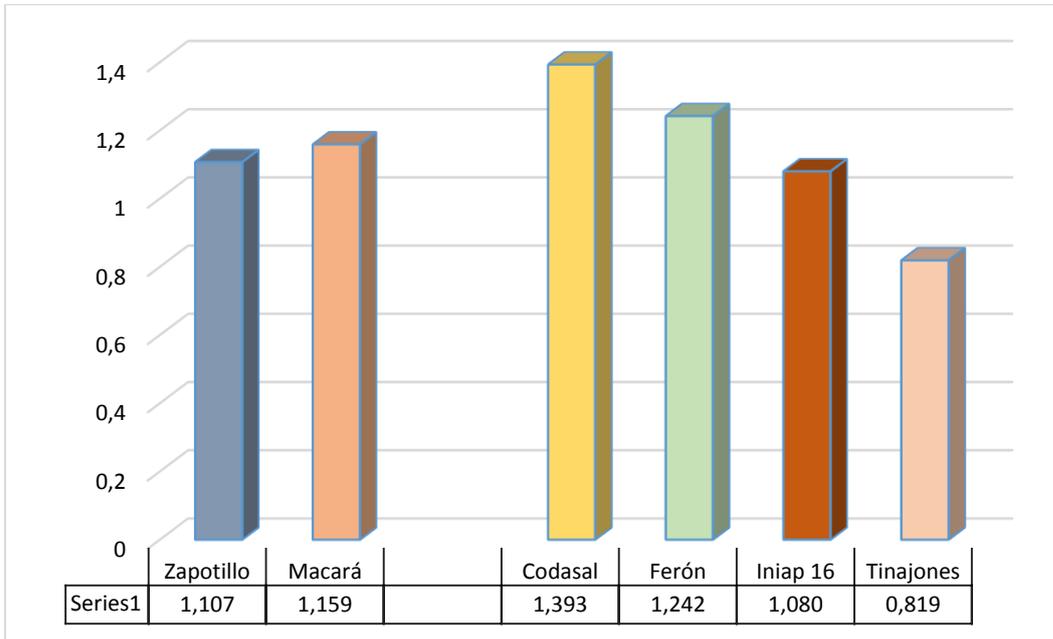


Figura 6. Energía metabolizable del rastrojo de arroz de acuerdo a la procedencia y variedad (Mcal/kg MS).

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de un residuo agrícola varía generalmente de acuerdo a la forma de recolección de la muestra, el tipo de suelo donde se realiza el cultivo, altitud del terreno y manejo del cultivo.

Respecto al porcentaje de materia seca según la procedencia el mayor valor correspondió al cantón Zapotillo con 88,56 %, que es estadísticamente superior al 73,46 % de las muestras del cantón Macará, estas diferencias probablemente se deban que en el momento de la recolección, estas no se encontraban lo suficientemente secas, debido a las circunstancias del clima en ese momento. En cuanto a las variedades los porcentajes obtenidos fueron: ferón 87,05 codasal 81,25 %, % y tinajones 81,02 % valores que son muy similares pero mayores a la variedad iniap 16 que tuvo un 73,07 %, anotándose que estas diferencias son numéricas porque no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades. En general todos estos resultados son inferiores a los obtenidos por Gowda *et al.* (1978), quien reporta que el rastrojo de arroz posee 92,8 % de materia seca, probablemente porque se trataban de muestras más secas.

En relación a los porcentajes de ceniza de acuerdo a la procedencia, el mayor valor corresponde al cantón Macará con 19,61 % superior al 16,93 % obtenido de las muestras del cantón Zapotillo, diferencia que es numérica ya que no se detectó diferencia estadísticamente significativa; esta diferencia pudo deberse a la presencia de fragmentos de tierra en las muestras; en relación a las variedades, los porcentajes obtenidos son: tinajones 19,35 %, iniap 16 con 18,91 % codasal 17,55 %, ferón 17,26 %, aunque tampoco se detectó diferencia valores. En general los porcentajes de ceniza obtenidos en esta investigación concuerdan con los valores reportados por Bartaburu *et al.* y Shen *et al.* (1998) que obtuvieron un rango de 16 – 18 %.

El porcentaje de proteína cruda de acuerdo a la procedencia es de 9,80 % para el cantón Macará y de 8,45 % en el cantón Zapotillo, encontrándose diferencia numérica pero no estadística; en cuanto a las variedades, donde el mayor porcentaje lo obtienen las variedades codasal con 12,41 % y tinajones con 11,42 %

no detectándose diferencia estadística entre estas variedades, pero ambas son superiores estadísticamente a las variedades iniap 16 que presenta 6,96 % y ferón con 5,72 % ; esta variación pudo estar influenciada por el tipo de fertilización utilizada y la forma de cosecha en la cual se pudo haber colocado cantidad de granos de arroz en el momento de la recolección de las muestras, ya que según Juliano (1994), manifiesta que el arroz con cáscara tiene un porcentaje de proteína cruda de 5,8 a 9,7 %, se podría decir que los valores encontrados en este trabajo son superiores de acuerdo a los reportados por Gowda *et al.* (1978) donde menciona que el rastrojo de arroz posee 4,2 % de proteína, así como el trabajo de Barbaturu y Montes (2000), donde el porcentaje de proteína cruda es de 3,2 – 4,6 %.

El contenido de fibra cruda del rastrojo de arroz alcanzado en este estudio en cuanto a la procedencia fue de 36,29 % para el cantón Zapotillo y de 35,13 % para el cantón Macará, lo que se puede decir que estos porcentajes son similares en los dos cantones, de acuerdo a la variedad tampoco se registraron valores estadísticos significativos obteniéndose los siguientes porcentajes: ferón 37,14 %, iniap 16 con 36,34 % codasal 35,37 % y tinajones 33,99 % promedio que es similar al 35, 1 % q reporta Boukary-Mori (2000) en su trabajo de investigación.

5.2. DEGRADACIÓN RUMINAL

Según los datos obtenidos en la degradabilidad *in situ* de las variedades, codasal, ferón, iniap 16 y tinajones, de acuerdo a la procedencia no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores más altos se los obtuvo en el tiempo de 48 y 96 h. con porcentajes de 36,6 % y 38,7 % en el cantón Zapotillo y 33,5 % y 35,6 % en el cantón Macará. Lo que se refiere a la degradabilidad de acuerdo a las variedades los porcentajes no superaron el 33,5 %, con los siguientes datos de 30,2 % codasal, 29,8 % ferón, 29,8 % iniap 16 y 33,4 % para tinajones.

Existe escasa información en cuanto a digestibilidad de este residuo agrícola por lo que no se pudo realizar una comparación.

De acuerdo a datos registrados de digestibilidad en otros cereales como la cebada, trigo y avena donde según García (1983), en su trabajo de investigación menciona que los porcentajes obtenidos en degradabilidad de materia seca fueron de 47,0 %,

36,0 % y 47,0 % respectivamente. Con estos datos se puede decir que los porcentajes obtenidos son muy parecidos a la degradabilidad del rastrojo de trigo. De acuerdo a lo reportado por FEDNA nos dice que la mayor parte de los componentes de las pajas de cereales (incluyendo proteína y minerales), están asociados a la pared celular. Como media, contienen un 72% de FND distribuída en un 38% de celulosa, un 25% de hemicelulosa, un 8% de lignina y un 0,2% de cutina. Las dos primeras son potencialmente fermentables por la flora digestiva, pero su degradación se ve limitada por la estructura cristalina de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes con la lignina. Como consecuencia, la velocidad de degradación en el rumen es muy lenta (del orden de un 10 y un 25% a las 12 y 24 h, respectivamente) y los niveles finales de digestión son bajos.

Con esta información analizada en cuanto a la degradabilidad del rastrojo de arroz de las variedades codasal, ferón, iniap 16 y tinajones provenientes de los cantones Zapotillo y Macará, podemos decir, que los porcentajes de degradación no son altos, debido a que los dos cantones en donde se realizó la recolección la cosecha la realizan con maquinaria y por ende las muestras no son completamente homogéneas; por esta razón la degradabilidad de estas variedades son bajas considerando el porcentaje de los otros cereales comparados con el trabajo realizado.

5.3. ENERGÍA METABOLIZABLE

Los valores de energía metabolizable obtenidos en el presente de acuerdo a la procedencia son de 1,107 Mcal/kg para el cantón Zapotillo y 1,159 Mcal/kg para el cantón Macará, lo que nos demuestra que estas cantidades son similares. Los porcentajes obtenidos en cuanto a la variedad son codasal 1,393 Mcal/kg, ferón 1,242 Mcal/kg, iniap 16 con 1,080 Mcal/kg y tinajones de 0,819, mostrándose que existe una diferencia numérica y no estadística. Realizando una comparación con lo que menciona Gayo (2007), donde indica que el porcentaje de energía metabolizable es de 1,300 Mcal/kg, se puede decir que el presente trabajo tiene una relación en el porcentaje obtenido.

6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

- El porcentaje de materia seca obtenido en las muestras del cantón Zapotillo fue superior que las del cantón Macará, esto se debe a la humedad en el momento de la recolección, mientras que no existió diferencia estadística entre variedades.
- No hay diferencia estadística en el porcentaje de proteína cruda en cuanto a la procedencia, pero sí entre variedades, siendo el porcentaje de las variedades codasal y tinajones superiores a las variedades iniap 16 y ferón, probablemente se debe a la presencia de fracciones de granos; lo que lo convierte en un residuo aceptable para la elaboración de raciones para los rumiantes.
- No se detectó diferencia estadística en el porcentaje de cenizas y fibra cruda, para la procedencia y para las variedades.
- En la degradabilidad *in situ* del rastrojo de arroz, considerando la fracción soluble (a) no presentaron diferencias para procedencia y variedad, se obtuvieron niveles numéricos altos en la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b), de la cual las variedades codasal y ferón son los rastrojos más degradables con 39,6 % y 28,1 % respectivamente, a diferencia de las variedades iniap 16 y tinajones que presentaron porcentajes más bajos. La velocidad de degradación respecto a la procedencia es similar.
- No hubieron diferencias estadísticas en el porcentaje de energía metabolizable, para la procedencia y para variedades.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis de los resultados de esta investigación se puede realizar las siguientes recomendaciones:

- Elaborar raciones con rastrojo de arroz, considerando los resultados de los análisis bromatológicos obtenidos en esta investigación.
- Difundir los resultados de los análisis entre los ganaderos, profesionales y estudiantes.
- Continuar realizando trabajos de investigación con este residuo agrícola, utilizando amonificaciones para mejorar su calidad nutricional y así lograr aprovechar este residuo que se encuentra en una alta cantidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, C. (2002). Manual Agropecuario. 454 - 460.

Agrobit. (2003). Metabolismo de Proteínas en las Vacas Lecheras.

Alvarez, F. (2005). Digestibilidad y consumo voluntario de raciones basadas en caña de azúcar y piladura de arroz. Revista Cubana de Ciencia Agrícola,.

Bartaburu, D., & Montes, E. (2008). Utilización de la paja de arroz en la alimentación animal. Argentina.

Bondi, A. (1989). Nutrición animal. Zaragoza - España: Acribia.

Borroto, O. G. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 11.

BuscAgro. (2014). Manejo del rastrojo de arroz para evitar su quema. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de Mendoza, 13.

Calsamiglia, S. (1997). Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas para rumiantes. FEDNA.

Castillo, C. (2012). Ficha técnica del polvillo de arroz.

Chang, J. G. (2007). Cultivo de arroz sistema intensificado SICA- SRI en Ecuador. FUNDEC.

Chedly, K. (2000). Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. New Zeland

CIT, C. d. (2005). Cultivos de consumo nacional: Arroz (en línea). Obtenido de http://www.inia.gob.pe/boletin0003/index.htm#cultivo_nacional_arequipa

Corado, L. (2005). Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala. Guatemala.

Cueva, P. (2015). Estudio de la prevalencia de la Hematuria Vesical Enzoótica Bovina. Loja.

Edin, H. (1918). rienterante försök över användbarheten av en på "ledkroppsprincipen" grundad metod att bestämma en foderblandnings smältbarhed. Estocolmo.

Elias. (2012). Metabolismo de los carbohidratos en poligástricos . Obtenido de <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2012/04/met-chos-rumiantes-2012-ii modo-de-compatibilidad.pdf>

FAO. (2010). Manejo sanitaria eficiente del ganado bovino: principales enfermedades. 48.

FEDNA, F. E. (2003). Composición y valor nutritivo de los alimentos para la formulación de piensos. España.

Ferrari, H., & Ferrari, M. (2016). Recomendaciones prácticas de regulación de la cosechadora arrocera en el lote. Uruguay.

Garcés, A. (2009). Diagnóstico de gestión tecnológica del cultivo de arroz en la región de Venadillo, Tolima. Colombia.

García, I. (Octubre de 2002). Sistema digestivo en rumiantes. Obtenido de <http://www.angelfire.com/ar/iagg101/docum/digrum.PDF>

Genetics, A. (18 de Octubre de 2012). Manejo del ganado lechero. España: Dairy basics.

Giraldo, L. et. al. (2007). Comparison between in vitro and in situ protocols for estimating true digestibility of several tropical forages. SCielo, 269 - 279.

Gómez, R., Bendaña, G., Gonzalez, J., Braham, E., Bressani, R., et. al. (1985). Relación entre los niveles de inclusión de la pulpa de café y contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. Arch. Latinoam.Nutr., 35(5):, 422-437.

Gonzáles, H., & Rojas, S. (2015). Digestibilidad in vivo en borregos: efecto de la relacion forraje concentrado en la dieta y del grupo racial. México.

González-García et al. (2017). digestión ruminal e intestinal del maíz (zea mays) y sorgo (sorghum bicolor l. moench) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (in vivo, in vitro e in sacco). Redalyc, 183 - 194.

Holmes, C. W. (2002). Milk production from pasture. New Zealand.

INA, I. N. (2006). El manejo del riego en el cultivo de arroz. Costa Rica.

Kolver, E. (2003). Limitaciones nutricionales al aumento de la producción en sistemas basados en pastizales. Nueva Zelanda.

Lachmann, M., Febres, A (2001). La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción e Industria Animal. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. Apartado 15205. Maracaibo, ZU 4005 Venezuela

Linne, R. (1960). Nuevos procedimientos para el descascarillado del arroz. Madrid - España: 1a ed. Edit. Blume.

López, S., & Valdés, C. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal.

Malca, S., & Lucas, O. (2006). Comparación de dos técnicas para determinar la digestibilidad proteica de insumos y alimentos comerciales para canino. Perú.

Maroto F. et. al. (2011). La valoración nutricional de los alimentos para animales. Madrid: FEDNA, 51 - 68.

Martínez, A. (2002). Necesidades proteicas y aporte de proteína en ganado lechero. Mundo ganadero, 20.

Martínez, A. (2006). Necesidades proteicas y aportes de proteína en el ganado vacuno lechero. Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/necesidades-proteicas-ganado-vacuno-t26717.htm>

Mattioli, A. R., Relling, A (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Fac. Cs. Veterinarias - UNLP, Editorial EDULP (Ediciones 2002 y 2003)

Mojica, M. (2010). Establecimiento y Uso de la Técnica de Digestibilidad . México.

Moreno, B. (2015). Rendimientos de arroz en cáscara en el Ecuador, primer cuatrimestre del 2015. Quito.

Orskov, E., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* 92(2):.

Pincioli, M. (2010). Proteínas de arroz, propiedades estructurales y funcionales. Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos (CIDCA), La Plata, Buenos Aires, pág 5.

Ralda, I. (2012). Materias primas para alimentación animal, arroz partido. Obtenido de <https://www.iralda.com/productos/arroz-partido/>

Ramírez, V. (2015). "Proyecto de inversión para una planta de procesamiento de arroz en el cantón daule". Guayaquil.

Rodríguez N, et. al. (2007). Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias*, 207.

SAG, S. d. (Agosto de 2003). Manual técnico para el cultivo de arroz. Obtenido de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

SAGARPA. (2007). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado. México, pág, 8.

Salinas, J., et. al. (2011). Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Redalyc*, 379-385.

Santini, F. J. (2015). Ambiente ruminal, su funcionalidad y cuidados según objetivos de producción. Balcarce.

Sierra, J. (2009). Alternativas de aprovechamiento de la cáscarilla de arroz en Colombia. Colombia.

Suchet, L. (Julio de 1967). Estimación del consumo y digestibilidad de forrajes tropicales en pastoreo directo. Obtenido de <http://www.sidalc.net/repdoc/A9891e/A9891e.pdf>

Tiller; Terry et. al. (1963). Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes,. Universidad de Antioquia de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia.pp. 1.

Tyrrell, P. M. (1977). Efficiency of conversion of digested energy to milk. Journal of dary science, 610.

UNAD. (2013). Practicas basicas para la producción bovina. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/320013/RECONOCIMIENTO_UNIDAD_1.pdf

UNAL, U. N. (2012). Técnicas in situ. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/6491/8/70009782._1993_8.pdf

UNAM, F. d. (2009). Enciclopedia Bovina. Obtenido de http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/1AlimentaciondeBovinos.pdf

Vásquez, R. (2013). Las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto. Piura.

Yescas, R. et. al. (2004). DIGESTIBILIDAD in situ DE DIETAS CON RASTROJO DE MAÍZ. AGROCIENCIA, 23-31.

9. ANEXOS

ANEXO I: Estimación de los parámetros de degradación ruminal (SAS University Edition - 2018).

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
Procedencia	2	Macara Zapotillo
Variedades	4	Codasal Feron INIAP_16 Tinajones

N.º observaciones leídas	16
Número de observaciones usadas	16

Procedimiento GLM

Variable dependiente: MS MS

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	4	1562.456852	390.614213	5.15	0.0139
Error	11	834.834542	75.894049		
Total corregido	15	2397.291394			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de MS
0.651759	10.55766	8.711719	82.51563

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Procedencia	1	684.7852083	684.7852083	9.02	0.0120
Variedades	3	600.4157683	200.1385894	2.64	0.1019

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PC PC

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	4	75.73267708	18.93316927	21.48	<.0001
Error	11	9.69656667	0.88150806		
Total corregido	15	85.42924375			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de PC
0.886498	12.52160	0.938898	7.498125

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Procedencia	1	5.52163333	5.52163333	6.26	0.0294
Variedades	3	73.47645667	24.49215222	27.78	<.0001

Procedimiento GLM

Variable dependiente: FC FC

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	4	17.30216867	4.32554167	2.29	0.1245
Error	11	20.74100833	1.88554621		
Total corregido	15	38.04317500			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de FC
0.454803	3.784743	1.373152	36.28125

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Procedencia	1	3.97900833	3.97900833	2.11	0.1742
Variedades	3	17.16488500	5.72162833	3.03	0.0749

ID=1

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	0.888889
R	4.524E-7
PPC(c)	1.045E-7
RPC(c)	0.0001
Objeto	3.072E-7
Objetivo	3.169598
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	1282.2	641.1	606.78	0.0001
Error	3	3.1696	1.0565		
Total corregido	5	1285.3			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	8.4938	0.8057	5.9297	11.0579
b	54.1288	3.7519	42.1887	66.0688
c	0.0160	0.00232	0.00659	0.0233

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.2884752	-0.5953167
b	0.2884752	1.0000000	-0.9102111
c	-0.5953167	-0.9102111	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=3

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	8
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	1
R	7.933E-7
PPC(c)	8.715E-7
RPC(b)	0.000095
Objeto	1.325E-7
Objetivo	89.37777
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	1284.0	632.0	21.21	0.0170
Error	3	89.3778	29.7926		
Total corregido	5	1353.3			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	6.5648	4.3544	-7.2928	20.4224
b	49.6308	13.9842	5.1270	94.1346
c	0.0195	0.0129	-0.0215	0.0605

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.1516015	-0.5879044
b	0.1516015	1.0000000	-0.8385118
c	-0.5879044	-0.8385118	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=5

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	13
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	0.615385
R	7.064E-6
PPC(c)	5.015E-6
RPC(c)	0.000017
Objeto	4.24E-10
Objetivo	18.64896
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	446.2	223.1	35.89	0.0060
Error	3	18.6490	6.2163		
Total corregido	5	464.8			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	12.4754	2.0568	5.9297	19.0211
b	26.8805	4.1520	13.6689	40.0941
c	0.0268	0.0109	-0.00809	0.0613

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.1274047	-0.5746736
b	-0.1274047	1.0000000	-0.6450240
c	-0.5746736	-0.6450240	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=6

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Metodo	Gauss-Newton
Iteraciones	11
Subiteraciones	6
Subiteraciones de promedio	0.545455
R	8.293E-6
PPC(c)	0.000012
RPC(c)	0.000024
Objeto	1.52E-10
Objetivo	20.86144
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	78.4719	39.2359	5.64	0.0962
Error	3	20.8614	6.9538		
Total corregido	5	99.3333			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	9.8402	2.6329	1.4610	18.2193
b	10.0515	3.0000	0.5042	19.5968
c	0.2261	0.1845	-0.3610	0.8133

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.8664632	-0.2231849
b	-0.8664632	1.0000000	-0.0721634
c	-0.2231849	-0.0721634	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=7

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	9
Subiteraciones de promedio	0.9
R	7.316E-6
PPC(c)	0.000042
RPC(c)	0.000233
Objeto	2.64E-10
Objetivo	121.5847
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	101.2	50.6243	1.25	0.4030
Error	3	121.6	40.5282		
Total corregido	5	222.8			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	5.9874	6.3682	-14.2726	26.2474
b	11.1018	7.1429	-11.6300	33.8336
c	0.5466	2.8645	-0.5695	9.6626

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.8909592	-0.0335814
b	-0.8909592	1.0000000	-0.1817326
c	-0.0335814	-0.1817326	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=8

WARNING: PROC NLIN failed to converge.

Resumen de estimación (No Convergido)	
Metodo	Gauss-Newton
Iteraciones	100
Subiteraciones	234
Subiteraciones de promedio	2.34
R	0.766354
PPC(c)	38.96981
RPC(c)	38.59104
Objeto	0.000088
Objetivo	4.59227
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	10.2411	5.1205	3.35	0.1723
Error	3	4.5923	1.5308		
Total corregido	5	14.8333			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	13.4947	0.8958	10.6437	16.3457
b	67.0907	5920.5	-18774.5	18908.7
c	0.000448	0.0402	-0.1275	0.1284

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.6266059	-0.6297893
b	0.6266059	1.0000000	-0.9999824
c	-0.6297893	-0.9999824	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=9

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Metodo	Gauss-Newton
Iteraciones	13
Subiteraciones	10
Subiteraciones de promedio	0.769231
R	6.021E-6
PPC(c)	4.642E-6
RPC(c)	0.000022
Objeto	6.52E-10
Objetivo	6.356203
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	175.0	87.4886	41.29	0.0066
Error	3	6.3562	2.1187		
Total corregido	5	181.3			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	13.9340	1.1706	10.2085	17.6594
b	17.9576	3.2752	7.5344	28.3808
c	0.0212	0.00943	-0.00882	0.0512

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	0.0843871	-0.5846132
b	0.0843871	1.0000000	-0.7974911
c	-0.5846132	-0.7974911	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=10

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Metodo	Gauss-Newton
Iteraciones	10
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	0.8
R	5.975E-6
RPC(c)	3.041E-6
RPC(c)	0.000015
Objeto	7.13E-10
Objetivo	11.82328
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	521.5	260.8	66.16	0.0033
Error	3	11.8233	3.9411		
Total corregido	5	533.3			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	11.2439	1.6469	6.0028	16.4850
b	28.7528	3.1518	18.7223	38.7833
c	0.0278	0.00817	0.00181	0.0538

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.1712419	-0.5725627
b	-0.1712419	1.0000000	-0.6091671
c	-0.5725627	-0.6091671	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=12

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	12
Subiteraciones	8
Subiteraciones de promedio	0.666667
R	2.01E-6
PPC(c)	1.099E-6
RPC(c)	6.171E-6
Objeto	1.05E-10
Objetivo	13.31323
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	572.2	286.1	64.47	0.0034
Error	3	13.3132	4.4377		
Total corregido	5	585.5			

x
F
9

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	9.8034	1.7272	4.3067	15.3000
b	30.6398	3.7230	18.9904	42.6867
c	0.0252	0.00797	-0.00013	0.0506

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.0775814	-0.5770214
b	-0.0775814	1.0000000	-0.6839947
c	-0.5770214	-0.6839947	1.0000000

Procedimiento NLIN

ID=15

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	12
Subiteraciones	10
Subiteraciones de promedio	0.833333
R	8.786E-6
PPC(c)	5.936E-6
RPC(c)	0.000047
Objeto	4.303E-9
Objetivo	3.265142
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	203.6	101.8	93.52	0.0020
Error	3	3.2651	1.0884		
Total corregido	5	206.8			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	7.4045	0.8138	4.8147	9.9943
b	22.1819	4.2847	8.5481	35.8178
c	0.0150	0.00585	-0.00362	0.0336

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.000000	0.3229680	-0.5974254
b	0.3229680	1.000000	-0.9255841
c	-0.5974254	-0.9255841	1.000000

Procedimiento NLIN

ID=16

NOTE: Convergence criterion met.

Resumen de la estimación	
Método	Gauss-Newton
Iteraciones	9
Subiteraciones	7
Subiteraciones de promedio	0.777778
R	8.458E-6
PPC(c)	3.773E-6
RPC(c)	0.000034
Objeto	6.547E-9
Objetivo	2.646935
Observaciones leídas	6
Observaciones usadas	6
Observaciones ausentes	0

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Aprox Pr > F
Modelo	2	87.3531	43.6765	49.50	0.0050
Error	3	2.6469	0.8823		
Total corregido	5	90.0000			

Parámetro	Estimación	Error Std aprox	Límites de confianza 95% aproximados	
a	5.7808	0.8822	3.0387	8.5248
b	10.7593	1.0882	7.2961	14.2225
c	0.0573	0.0148	0.0103	0.1043

Matriz de correlación aproximada			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.6812512	-0.5280443
b	-0.6812512	1.0000000	-0.1122855
c	-0.5280443	-0.1122855	1.0000000

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	Energia
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

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
Variedad	4	Codasal Feron Iniap_16 Tinajones
Procedencia	2	Macara Zapotillo
Codigo	16	5585 5586 5587 5588 5589 5570 5571 5572 5573 5574 5575 5592 5593 5594 5595 5596

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	7
Columnas en Z	16
Sujetos	1
Obs máx por sujeto	32

Número de observaciones	
N.º observaciones leídas	32
N.º observaciones usadas	32
N.º observaciones no usadas	0

Historial de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	25.38651189	
1	1	10.72390422	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimación
Codig(Varied*Proced)	0.09933
Residual	0.02551

Estadísticas de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	10.7
AIC (Mejor más pequeño)	14.7
AICC (Mejor más pequeño)	15.2
BIC (Mejor más pequeño)	16.3

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
Procedencia	1	11	0.07	0.7951
Variedad	3	11	1.25	0.3397

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	Variedad	Procedencia	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
Procedencia		Macara	1.1592	0.1808	11	6.41	<.0001
Procedencia		Zapotillo	1.1078	0.1184	11	9.38	<.0001
Variedad	Codasal		1.3925	0.3485	11	4.00	0.0021
Variedad	Feron		1.2419	0.1387	11	9.09	<.0001
Variedad	Iniap_16		1.0802	0.1387	11	7.90	<.0001
Variedad	Tinajones		0.8193	0.2161	11	3.79	0.0030

Diferencias de medias de mínimos cuadrados									
Efecto	Variedad	Procedencia	Variedad	Procedencia	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
Procedencia		Macara		Zapotillo	0.05144	0.1933	11	0.27	0.7951
Variedad	Codasal		Feron		0.1508	0.3743	11	0.40	0.6951
Variedad	Codasal		Iniap_16		0.3123	0.3743	11	0.83	0.4218
Variedad	Codasal		Tinajones		0.5732	0.3886	11	1.48	0.1662
Variedad	Feron		Iniap_16		0.1617	0.1933	11	0.84	0.4207
Variedad	Feron		Tinajones		0.4225	0.2557	11	1.65	0.1267
Variedad	Iniap_16		Tinajones		0.2609	0.2557	11	1.02	0.3295

ANEXO II: Fotografías del trabajo de campo



Figura 1: Recolección del rastrojo de arroz



Figura 2: Pesaje de 1 Kg de las muestras

ANEXO III: Fotografías del trabajo de Laboratorio

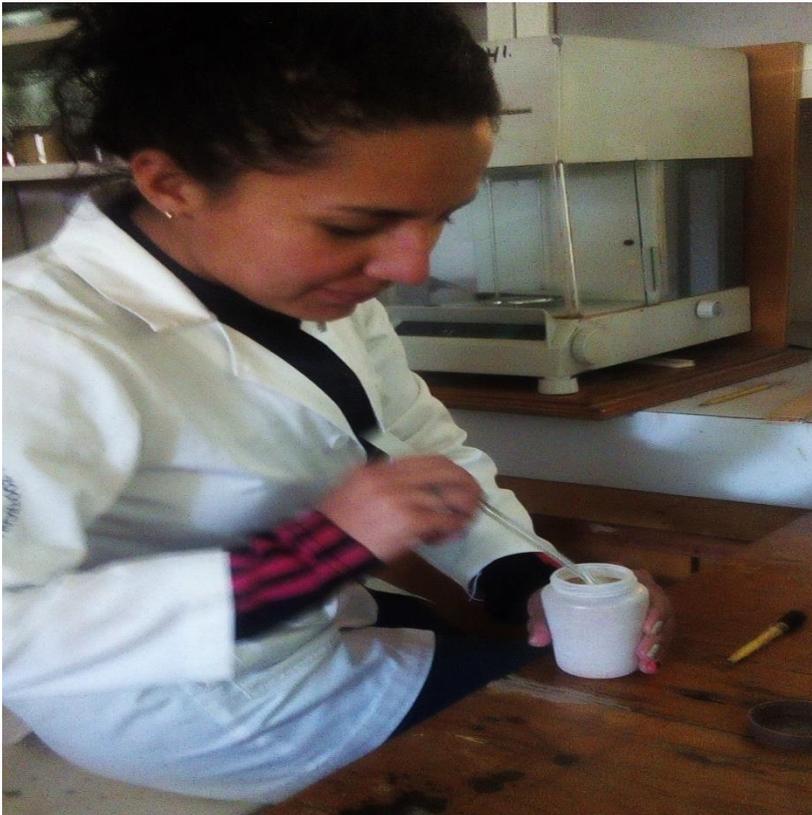


Figura 3: Pesaje de las muestras



Figura 4: Pesaje de los crisoles en la balanza analítica



Figura 5: Determinación de proteína en Kendjal



Figura 6: Determinación de proteína cruda

ANEXO IV: Fotografías de la digestibilidad *in situ*

Figura 7: Cirugía de ruminotomía en ovino



Figura 8: Prueba de digestibilidad, en ovino fistulado



Figura 9: Deshidratación de las bolsas con rastrojo de arroz

