

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD IN SITU DEL RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN LOS CANTONES PINDAL, CELICA Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA

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

AUTOR

Israel Manuel Curay Jumbo

DIRECTOR

Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.

LOJA - ECUADOR
2018

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

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

CERTIFICA

Que he revisado la presente tesis titulada "CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *IN SITU* DEL RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN LOS CANTONES PINDAL, CELICA Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA" realizada por el Sr. Egresado ISRAEL MANUEL CURAYJUMBO, la misma que CULMINO DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO, cumpliendo con todos los lineamientos impuestos por la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, AUTORIZO SE CONTINÚE CON EL TRÁMITE DE GRADUACIÓN.

Loja, 7 de Agosto de 2018

Atentamente



Rodrigo Abad Guamán Ph.D.
Director de Tesis

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

CERTIFICAN:

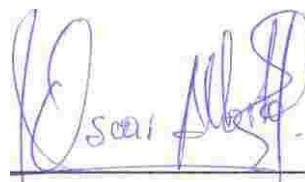
Que el Señor Egresado de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables., ISRAEL MANUEL CURAY JUMBO, autor de la tesis titulada: "**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD IN SITU DEL RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LOS CANTONES PINDAL, CELICA Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA**", previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista, ha incluido las correcciones que se le han observado, por lo tanto autorizamos continuar con los trámites para la Graduac



Mg.Sc. Luis Antonio Aguirre Mendoza
PRESIDENTE DEL
TRIBUNAL



Mg.Sc Galo Escudero Sánchez
VOCAL



Mg. Sc. Oscar Albito Balcázar

AUTORÍA

Yo, **Israel Manuel Curay Jumbo**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis que ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma; los conceptos, ideas, resultados, conclusiones, y recomendaciones vertidos en el desarrollo del presente trabajo de investigación, son de absoluta responsabilidad de su autor.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Israel Manuel Curay Jumbo

FIRMA:



CÉDULA: 1103718522

FECHA: SEPTIEMBRE 2018

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

Yo **Israel Manuel Curay Jumbo**, declaro ser el autor de la tesis titulada “CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD IN SITU DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LOS CANTONES PINDAL, CELICA Y ZAPOTILLO DE LA PROVINCIA DE LOJA”, como requisito para optar al grado de Médico Veterinario Zootecnista, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera, en el Repositorio Digital Institucional (RDI): Las Personas puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de Información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero, con fines académicos. Para constancia de esta autorización, firmo en la Ciudad de Loja, a los 16 días del mes de julio del 2018.

FIRMA:



Autor: Israel Manuel Curay Jumbo

Cédula de identidad: 1103718522

Dirección: Loja, Calles España entre Argentina y Chile, Barrio Tebaida Alta

Correo electrónico: israelcuray@gmail.com

Teléfono: 0993112893

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Rodrigo Medardo Abad Guamán Ph.D.

Tribunal de Grado:

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

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

Ing. Oscar Albito Balcazar Mg.Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme salud y vida para poder culminar esta gran meta.

A mi madre por el gran apoyo moral y económico que recibí toda mi vida estudiantil, por su gran esfuerzo por sacar adelante a mi hermano y a mí.

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, por abrirme sus puertas y por permitirme formar parte de ella.

De igual manera a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables; a la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ese gran apoyo y dedicación de los profesores formadores de profesionistas Médicos Veterinarios Zootecnistas.

De igual forma quiero agradecer al Dr. Rodrigo Abad, Director de mi trabajo de tesis, quien con sus valiosos conocimientos me orientó para la realización de este trabajo investigativo. A los miembros del tribunal calificador, por su apoyo en la culminación del presente trabajo.

Israel Manuel Curay Jumbo

DEDICATORIA

Con infinito amor y respeto a mi madre Úrsula, que con sacrificio, apoyo incondicional y palabras de aliento, me enseñaron que la humildad y la dedicación son los factores principales para alcanzar las metas propuestas.

De igual manera a mis ángeles guardianes mi abuela Flor y mi padre Jorge que aunque no estén físicamente, notaba que su alma si lo estaba.

A mi hermano Paúl por brindarme sus consejos y apoyo moral en todo momento, a mi querido abuelo Manuel, por enseñarme que el trabajo constante te pueden llevar a conseguir grandes metas; a mis tíos, primos y compañeros y amigos que de una u otra forma hicieron posible que se logre alcanzar esta meta, que Dios les bendiga a todos por su gran corazón y les ilumine siempre.

Israel Manuel Curay Jumbo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. CULTIVO DE MAIZ	4
2.1.1. Origen y Distribución	5
2.1.2. Clasificación Taxonómica.	5
2.1.3. Descripción Botánica	6
2.1.4. Estructura de la Planta.	6
2.1.5. Producción de Maíz Duro en la Provincia de Loja	8
2.1.6. Variedades de Maíz.	10
2.1.7. Valoración Nutricional de la Planta de Maíz	11
2.2. RESIDUOS DE COSECHA	13
2.2.1. Uso de los Residuos Agrícolas para la Alimentación de Ru- miantes	15
2.2.2. Rastrojo de Maíz	17

2.3.	CARACTERISTICAS DIGESTIVAS GENERALES DE LOS RUMIANTES	21
2.3.1.	Ambiente Ruminal	21
2.3.2.	Degradación de los Constituyentes de la Ración	23
2.3.3.	La Fibra y su Degradación Ruminal	24
2.3.4.	Producción de Ácidos Grasos Volátiles	25
2.4.	VALORACION DE ALIMENTOS	26
2.4.1.	Determinación del Valor Nutritivo de los Alimentos.	26
2.4.2.	Pruebas de Digestibilidad.	29
2.4.3.	Predicción de la Cinética de Degradación Ruminal	33
2.5.	TRABAJOS RELACIONADOS	36
3.	METODÓLOGIA	38
3.1.	MATERIAL Y MÉTODOS	38
3.1.1.	Ubicación	38
3.1.2.	Descripción del Experimento	40
3.1.3.	Tamaño de la Muestra	41
3.1.4.	Toma de Muestras	41
3.1.5.	Preparación de Muestra	42
3.1.6.	Adecuación del Lugar y Preparación de Animales	42
3.1.7.	Método y Técnica de Cirugía	43
3.1.8.	Alimentación	44
3.1.9.	Variables de Estudio	45
3.1.10.	Análisis de Laboratorio	46
3.1.11.	Análisis Estadístico	53
4.	RESULTADOS	55
4.1.	ANÁLISIS QUIMICO	55

4.2. DEGRADACIÒN RUMINAL.	58
4.3. ENERGIA METABOLIZABLE	64
5. DISCUSIÒN	67
5.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÒN QUÍMICA.	67
5.2. DEGRADACIÒN RUMINAL	68
5.3. ENERGÌA METABOLIZABLE	70
6. CONCLUSIONES	70
7. RECOMENDACIONES	71
8. BIBLIOGRAFÌA	72

ÍNDICE DE CUADROS

2.1. Producción de maíz híbrido en el Ecuador.	11
2.2. Composición química en % sobre materia seca, del tallo, hojas y tallo + hojas de maíz de tallo azucarado a dos estados de madurez de la planta.	13
2.3. Composición nutricional promedia de las materias primas energéticas	15
2.4. Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca) . . .	17
2.5. Proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DIVMS) en diferentes componentes del rastrojo de maíz	18
2.6. Composición química del rastrojo de maíz, olote de maíz (corazón de la mazorca de maíz después de desgranarla) y maíz brácteas (%)	19
2.7. Composición química del rastrojo de maíz no tratado (RMNT) y rastrojo de maíz tratado con <i>Pleurotus djamor</i> (RMT) (%).	20
3.1. Ingredientes y composición nutricional de balanceado para ovinos.	45
4.1. Análisis químico con sus medias, separadas en variedad, procedencia e interacción, con error estándar y p-valores de cada una de las variables.	56
4.2. Degradabilidad en cada tiempo por variedad, procedencia y variedad * procedencia	59
4.3. Cinética de degradación, indicada en cada una de las fracción de los rastrojos de maíz criollo e híbrido DK7088 de los cantones Celica, Pindal y Zapotillo.	60
4.4. Energía metabolizable de los rastrojos de maíz criollo y DK7088, en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo en Mcal/Kg de MS. . . .	65

1.	Valores ordenados de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MS, previo a introducirlos en el SAS.	94
----	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Producción de maíz duro invierno 2016 en toneladas (Paucar, 2011).	9
2.2. Producción de maíz en toneladas métricas (Ortega, 2015)	9
2.3. Agrupación de especies bacterianas en el rumen de acuerdo al principal sustrato fermentado (Church, 1993).	23
2.4. Degradación de una dieta típica a base de forraje expresada por la fórmula $P=a+b(1-e^{-kd*t})$. Debido a la lag phase (L), a es negativo. A es la fracción soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente fermentable $B=(a+b)-A$ y c es la tasa constante de degradación (Vivanco Luzuriaga, 2016).	35
3.1. Ubicación del cantón Pindal (google Eart).	39
3.2. Localización de la parroquia Sabanilla, productora de maíz amarillo duro del cantón Celica (google Eart)..	39
3.3. Localización de la parroquia Paletillas, productora de maíz amarillo duro del cantón Zapotillo (google Eart).	40
.	
4.1. Materia seca del rastrojo de maíz tomando en cuenta la variedad y procedencia.	57
4.2. Cinética de degradación por Variedad.	61
4.3. Cinética de degradación por Procedencia.	62
4.4. Cinética de degradación en el cantón Zapotillo.	62
4.5. Cinética de degradación en el cantón Celica.	63
4.6. Cinética de degradación en el cantón Pindal.	63
4.7. Porcentajes de energía metabolizable en Mcal/kg de materia seca de los rastrojos de maíz criollo y DK7088 en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo.	66

1.	Recolección del rastrojo de maíz	81
2.	Pesaje de los 1000 g del rastrojo de maíz.	81
3.	Cortado y preparación de la muestra	82
4.	Colocaciòn del rastrojo de maíz en bolsas de papel, para colocarlo en la estufa.	82
5.	Pesaje de crisoles en la balanza analítica	83
6.	Determinación de proteína en el Kenjdal	83
7.	Realización de pruebas de digestibilidad, en borrego fistulado. . . .	84
8.	Deshidrataciòn de las bolsas son rastrojo de maíz en la estufa. . . .	84
9.	Salida del SAS de materia seca, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.	85
10.	Salida del SAS de proteína, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.	86
11.	Salida del SAS de cenizas, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.	86
12.	Salida del SAS de la fibra cruda, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.	87
13.	Comparación de medias de la materia seca con respecto a los valores de p, utilizando la prueba de tukey.	88
14.	Salida del SAS en la fracción a, utilizando el procedimiento MIXED.	89
15.	Salida del SAS en la fracción b, utilizando el procedimiento MIXED.	90
16.	Salida del SAS en la fracción c, utilizando el procedimiento MIXED.	91
17.	Salida del SAS, en el análisis de energía, utilizando el procedimiento mixed para medias repetidas.	92
18.	Comparación de medias de energía con respecto a los valores de p, utilizando la prueba de tukey.	93

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD
IN SITU DEL RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN
LOS CANTONES PINDAL, CELICA Y ZAPOTILLO DE
LA PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la composición química y degradabilidad in situ del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo de la provincia de Loja. El trabajo se dividió en dos fases: campo y laboratorio, en la fase de campo se realizó la recolección de las muestras de los rastrojos de maíz criollo y DK7088 provenientes del área de estudio; en la fase de laboratorio, se realizó el análisis químico y digestibilidad in situ, en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología, y en la quinta experimental Punzara pertenecientes a la Universidad Nacional de Loja. El tamaño de la muestra se hizo mediante un muestreo no probabilístico al azar, donde se dividió a los productores en grupos o conglomerados de acuerdo a la zona de mayor producción de maíz, recogiendo una muestra de 1000 g de cada variedad de rastrojo de maíz, incluyendo tallo, hojas y panca. En la composición química se determinó las siguientes variables: materia seca (MS), cenizas(Cz), proteína cruda (PC) y fibra cruda(FC); en la digestibilidad in situ, se identificó la degradabilidad de la materia seca y la energía metabolizable se evaluó en base a la digestibilidad de la materia seca del tiempo 48 h. Para el estudio de las variables, se realizó un análisis de varianza, modelo donde las variables fijas fueron la procedencia, la variedad y su interacción ; así mismo, para obtener la diferencia entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad del 5 %, aplicando los procedimientos de los modelos lineales Generalized Linear Models(GLM) y modelo lineal Mixto (MIXED). En la composición química se presentó diferencia significativa en MS con un p-valor de ($p=0,02$) para procedencia y ($p=0,03$) en la interacción, debido al grado de humedad que presentó la muestra al momento de recolectarla; en cuanto a la variedad no se presentó diferencia significativa. En lo referente a la degradabilidad,

se pudo determinar que los rastrojos más degradables, se encuentran en Celica en la variedad DK7088 con 31,20 % y en Pindal en la variedad criolla con 31,35 % siendo su fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) más degradable, comparada a las otras fracciones del rastrojo de maíz. En cuanto a la energía metabolizable, los valores más elevados se presentaron en los rastrojos provenientes de Celica, en la variedad DK7088 con una media de 1,35 Mcal/Kg y en el criollo 1,22 Mcal/Kg. No se halló diferencia significativa en cada variedad, pero en cuanto a procedencia si se encontró diferencia significativa ($p=0,0003$), obteniendo un valor de 1,29 Mcal/kg de MS para Celica, 1,04 Mcal/kg de MS en Pindal y Zapotillo presentó un valor de 0,97 Mcal/kg de MS.

Palabras claves: rastrojo de maíz, degradación, in situ, materia seca.

ABSTRACT

In the present investigation the chemical composition and degradability *textit* in situ of maize stubble (*textit* Zea mays L.) were evaluated in the cantons of Celica, Pindal and Zapotillo of the province of Loja. The work was divided into two phases: field and laboratory, in the field phase, the collection of samples of the maize stubble and DK7088 from the study area was carried out; In the laboratory phase, the chemical analysis and digestibility *textit* in situ was carried out, in the Laboratory of Soils, Waters and Bromatology, and in the fifth Punzara experiment belonging to the National University of Loja. The sample size was made by a random non-probabilistic sampling, where the producers were divided into groups or conglomerates according to the area of highest corn production, collecting a sample of 1000 g of each variety of corn stubble, including stem, leaves and panca. In the chemical composition, the following variables were determined: dry matter (DM), ash (Cz), protein (PB) and crude fiber (FC); in the digestibility *textit* in situ, the degradability of the dry matter was identified and the metabolizable energy was evaluated based on the dry matter digestibility of the time 48 h. For the study of the variables, an analysis of variance was carried out, where the fixed variables were the origin, the variety and their interaction; Likewise, to obtain the difference between the means of the treatments, the Tukey test was applied with a probability of 5 %, applying the procedures of the linear models Generalized Linear Models (GLM) and Mixed linear model (MIXED). In the chemical composition, there was a significant difference in DM with a p-value of ($p = 0.02$) for provenance and ($p = 0.03$) in the interaction, due to the degree of humidity that the sample presented when it was collected. . Regarding the degradability, it was possible to determine that the most degradable stubbles are found in

Celica in the variety DK7088 with 31.20 % and in Pindal in the variety criolla with 31.35 % being its fraction insoluble but potentially degradable (b) more degradable, compared to the other fractions of corn stubble. Regarding the metabolizable energy, the highest values were presented in Celica, in the variety DK7088 with an average of 1.35 Mcal / Kg and in the Creole 1.22 Mcal / Kg. No significant difference was found in each variety, but in terms of provenance if significant difference was found ($p = 0.0003$), obtaining the values of 1.29 Mcal / kg DM in Celica, 1.04 Mcal / kg DM in Pindal and 0.97 Mcal / kg of MS in Zapotillo.

Key words: corn stover, degradation, In situ, Dry matter.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura constituye el 17,5 % del Producto Interno Bruto (PIB) del Ecuador; la cadena del maíz representa el 3 % del PIB agrícola, siendo el único cultivo con cobertura nacional que cubre una superficie de siembra aproximada de 500 mil hectáreas, de las cuales, la mitad es maíz amarillo, que en su mayoría se siembra en el litoral; mientras que la otra parte es maíz blanco suave que se cultiva en la sierra y constituye la base de la dieta de la población rural andina. El maíz duro es uno de los productos agrícolas más importantes, tanto para consumo humano como para uso en la agroindustria. La demanda actual de maíz duro ha hecho que el precio suba considerablemente; por lo que, es una muy buena opción como actividad económica (Osorio y Coronel, 2008).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador en el invierno del 2017 se estimó una producción nacional de 1 064 380 toneladas; presentando un incremento del 2 % con relación a años anteriores, si bien las provincias de Guayas y Los Ríos disminuyeron el rendimiento entre un 9 % y 13 % respectivamente; Manabí y Loja aumentaron entre un 25 % y 21 % individualmente. En la provincia de Loja, los cantones que más sobresalen en el cultivo de maíz amarillo duro son: Pindal, Zapotillo, Célica, Paltas, Gonzanama y Espíndola; siendo el cantón Pindal el de mayor producción.

En la provincia de Loja el cultivo de maíz amarillo duro genera grandes volúmenes de residuos que son aprovechados inadecuadamente, y en el mejor de los casos se utiliza como forraje para el ganado, sin darle ningún valor agregado. Entre los residuos se cuentan con la panca, tallos y hojas. Cada una de estas estructuras po-

see características fisicoquímicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente; los tallos presentan estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta. Según Fuentes *et al.* (2001) , establece los porcentajes de proteína y digestibilidad, separando las partes del residuo, teniendo en hojas 4,5 % de proteína y 55,6 % de digestibilidad, tallos 3,1 % de proteína y 59,7 % de digestibilidad, chalas (cubierta de hojas duras de la mazorca de maíz) 4,7 % de proteína y 69,1 % de digestibilidad, mazorcas 4,7 % de proteína y 58 % de digestibilidad, caña y hojas 4,2 % de proteína y 55,8 % de digestibilidad; mencionando además que la pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. El bajo porcentaje de lignina en los restos de la planta del maíz lo hace más digestible que las pajas de cereales, siendo a su vez más rico en azúcares solubles. Por estas razones, este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1,69 y 2,1 Mcal/kg de MS (materia seca) (Gómez Brenes *et al.*, 1985).

Al igual que en todos los países tropicales, en el Ecuador existe dos e 'pocas del año bien marcadas, la época lluviosa y época de verano; en época de lluvia, la cual se da en los meses de enero hasta abril, los pastos abastecen a la alimentación del ganado. En época de verano que ocurre en los meses de mayo a diciembre, los pastos y forrajes son insuficientes para el ganado; por tal razón los ganaderos utilizan residuos de cosecha como fuente de alimentación para rumiantes; este fenómeno se presenta de manera muy marcada en la provincia de Loja.

Así mismo el desconocimiento por parte de los ganaderos del valor nutritivo del rastrojo de maíz; limita su uso como alimento para los animales; por lo que se hace necesario desarrollar procesos de investigación que permitan generar información sobre este aspecto y a la vez propiciar un mejor y mayor uso de estos residuos agrícolas.

En la provincia de Loja, los rastrojos de maíz que quedan después de las cosechas, son utilizados como fuente de alimentación para rumiantes; por tal razón la importancia del presente trabajo, se basó en determinar la calidad nutricional, así como la degradabilidad del rastrojo de maíz, contribuyendo de esta manera con el desarrollo

productivo de los ganaderos de la región sur de la provincia de Loja. Es por ello que en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la composición química y degradabilidad *in situ* del rastrojo de maíz (*Zea mays L.*) en los cantones Pindal, Celica y Zapotillo de la provincia de Loja.
- Conocer la caracterización química del rastrojo de maíz, tomando en cuenta el cantón y la variedad (criollo y DK7088).
- Determinar la digestibilidad *in situ*, del rastrojo de maíz de acuerdo al cantón y la variedad (criollo y DK7088).
- Establecer el contenido energético del rastrojo de maíz considerando el coeficiente de digestibilidad de materia seca.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CULTIVO DE MAÍZ

El maíz (*Zea mays L*) constituye uno de los cereales más importantes a nivel mundial que se utiliza desde la alimentación humana y animal, hasta su procesamiento en plantas de alto nivel tecnológico. Como materia prima básica para la industria, permite producir almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y combustible. Como forraje, se ha utilizado el grano, las hojas secas y la parte superior (tallos y hojas), para alimentar a los rumiantes (Cordero Rojas, 2017).

El maíz (*Zea mays L.*), ocupa el tercer lugar en la producción mundial, después del trigo y el arroz, cultivándose una superficie total de 106 millones de hectáreas con un rendimiento de 215 millones de toneladas, lo que representa un promedio de dos toneladas por hectárea (Aldrich y Leng, 1974).

Globalmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas, con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas (Ortega, 2015). El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas. El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg/ha, comparado con una media mundial de más de 4 000 kg/ha. El rendimiento medio del maíz en los países de clima templado es de 7 000 kg/ha (Ortega, 2015).

2.1.1. Origen y Distribución

El maíz (*Zea mays*) es una de las pocas especies cultivadas originaria de América que nace hace unos 7000 años. Su origen ha sido ampliamente estudiado, desde los mitos de la creación Maya y Azteca con la selección natural, hasta las evidencias que deriva de la transformación de un maíz salvaje a una planta domestica con valor. En el siglo XV y XVI, debido a su adaptación y productividad, logro´ cultivarse alrededor del mundo antes que los europeos y españoles exportaran las plantas desde América (Aldrich y Leng, 1974).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

Segùn Luchsinger y Camilo (2008) presenta la siguiente clasificación taxonò-
ca.

- Reino: Plantae
- División: Tracheophyta
- Sub-división: Pteropsidae
- Clase: Angiosperma
- Sub-clase: Monocotiledòneae
- Grupo: Glumiflorae
- Orden: Graminales
- Familia: Graminae
- Tribu: Maydeae
- Género: Zea

- Especie: mays
- Nombre científico: *Zea mays L.*

2.1.3. Descripción Botánica

El maíz es una gramínea robusta, de crecimiento determinado, de 1 a 3 metros de altura, que pertenece a la familia gramíneas, esta familia se encuentra compuesta por unos 450 a 530 géneros y casi 5000 especies. El género *Zea* tiene además de la especie *Z. mays* (maíz común), cuatro especies conocidas como Teosintes (*Z. mexicana*, *Z. luxurians*, *Z. diploperennis* y *Z. perennis*) (Álvarez Mena, 2016). Según Alcántara (2017) demostró que la planta de maíz (*Zea mays L.*) se adapta a una diversidad de suelos, donde puede producir buenas cosechas, empleando variedades mejoradas y utilizando técnicas de cultivo apropiadas, sin embargo, los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media, profundos y bien aireados, con un pH de suelo desde 5.6 a 7.5. Los niveles promedios de precipitación anual óptimo para el cultivo del maíz oscilan entre 450 y 600 mm (Ahumada Cervantes *et al.*, 2014).

2.1.4. Estructura de la Planta

El maíz posee un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos (brotes de un pie vegetal). Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, estando cada espiguilla con dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas (apéndice membranoso de ciertas hojas en la juntura del limbo y el pecíolo y de ciertos pétalos en su base), naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior

de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen. La coloración de la panícula (racimo ramificado de flores) esta en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lemma del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas (Hernández, 2009).

- **Raíz.** El maíz tiene un sistema radicular bien definido; al germinar de la planta emergen tres tipos de raíces, las raíces embrionales que nacen en el primer nudo; las raíces permanentes que nacen del segundo nudo de la plántula y las raíces adventicias que emergen de los nudos basales de la planta en crecimiento. Las raíces embrionales o temporales son funcionales durante las etapas de germinación, emergencia y desarrollo de la plántula; las raíces permanentes se ramifican en forma horizontal cerca de la superficie del suelo, y alcanzan un diámetro de 1,80 metros por planta; a veces llegan hasta 2 metros de profundidad (Cantero, 2012).
- **Tallo.** El tallo de maíz es una caña formada por nudos y entrenudos de longitud variable, gruesos en la base y más angostos en la parte superior de la planta, el número de nudos es variable, según la variedad de maíz; en cada entre nudo hay una depresión que se extiende a lo largo del entrenudo en posición alterna con respecto al tallo apareciendo una yema floral femenina. La altura del tallo depende de la variedad y del ambiente en el cual se desarrolla el maíz. La falta de humedad reduce el tamaño de los entrenudos, y en períodos de sequía es común ver plantas pequeñas, con entrenudos muy cortos. La altura del tallo varía desde los 0,40 a 3,50 metros (Cantero, 2012).
- **Hojas** La hoja está formada por una vaina que envuelve al entrenudo, yema floral y lámina o limbo el cual varía en tamaño en largo y ancho, teniendo una nervadura central bien definida; las hojas nacen en los nudos, en la parte

inferior inmediata a las yemas florales femeninas y su distribución es alterna a lo largo del tallo. En climas calientes las hojas son anchas y largas, en cambio en climas fríos son angostas y cortas. Las hojas que crecen por debajo de la mazorca influyen mucho sobre el sistema radicular, mientras que las ubicadas sobre la mazorca son determinantes en el desarrollo de la mazorca y llenado de grano. Además, las hojas que se ubican por encima, por debajo y junto a la mazorca principal, influyen sobre el rendimiento del grano y la productividad de la planta (Cantero, 2012) .

- **Flores.** Las flores se las puede dividir en dos flores con gametos masculinos y gametos femeninos. Las flores con gameto masculino producen grano de polen, encontrándose en la parte terminal de la planta, denominada panícula o espiga; esta parte contiene un eje central y ramas primarias, secundarias y terciarias. Las flores femeninas o también denominadas pistilos emergen de la tusa y contienen un ovario y un óvulo, denominado estilo (pelo de choclo). El grano de polen puede depositarse en cualquier parte del estilo para ser fecundado. La inflorescencia femenina está cubierta por brácteas (hojas) que cubrirán la futura mazorca (Cantero, 2012).

2.1.5. Producción de Maíz Duro en la Provincia de Loja

De acuerdo con los resultados del III Censo Nacional Agropecuario (CNA), efectuado en el 2000, la superficie sembrada de maíz duro seco en la provincia de Loja fue de 25 539 hectáreas (ha), similar al 9 % del área nacional, (270 585 ha), siendo menor en 12 818 ha al promedio del período 1982-1997 (38 360 ha). La diferencia se debió a que en los resultados del III Censo Nacional Anual se consideró erróneamente a la producción de maíz duro del cantón Pindal como de maíz suave, registrándose al maíz duro como cero hectáreas (Ortega, 2015). Sinagap, (2016) estimó una producción nacional para el invierno de 2016 de 1,064,380 toneladas, que respecto al año 2015 representa una disminución del 20 %. Según los datos obtenidos, una causa

fue la reducción de 54,697 hectáreas en el área sembrada.

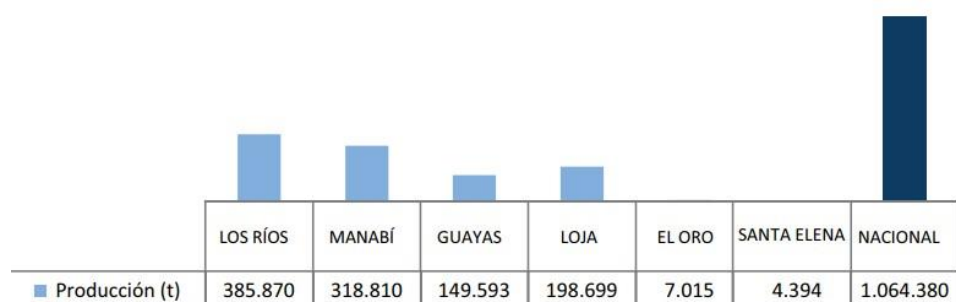


Figura 2.1: Producción de maíz duro invierno 2016 en toneladas (Paucar, 2011).

La producción de maíz de Loja, guarda relación con la tendencia de la producción nacional, se registra una marcada disminución de la producción en el año 2011 explicado por la época de sequía que enfrentó la provincia. El volumen producido para el año 2013 es de 101.251 toneladas métricas, es decir la provincia aporta en un 8,60 % a la producción nacional y se registran niveles de venta de 86.626 toneladas métricas en el mismo período según datos del INEC (Ortega, 2015).

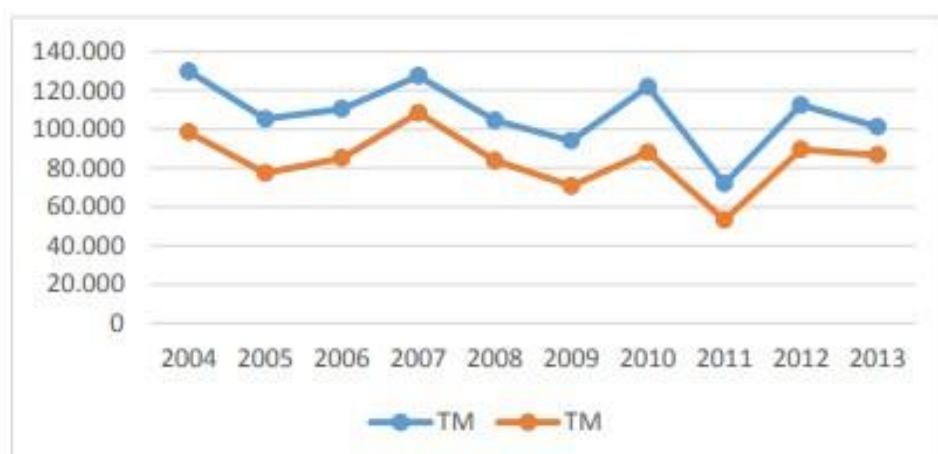


Figura 2.2: Producción de maíz en toneladas métricas (Ortega, 2015).

2.1.6. Variedades de Maíz

Existen diversas variedades de maíz amarillo duro en el Ecuador, pero en este trabajo hemos priorizado las variedades de: maíz criollo e híbrido DK7088.

2.1.6.1. Maíz criollo

Los maíces duros son los más comunes en las zonas tropicales de América, y en Ecuador se cultivan en los valles tropicales y subtropicales de Costa y Amazonia (Cantero, 2012).

El maíz criollo es una especie de polinización libre, lo cual significa que las plantas muy fácilmente intercambian genes con otras cercanas, obteniendo distintas variedades, que se adaptan a las necesidades y condiciones agroecológicas de cada lugar (Ortiz, 2006).

2.1.6.2. Maíz híbrido

Paucar (2011) menciona que el maíz híbrido es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento. Esto ha dado lugar a que el maíz haya sido el principal cultivo alimenticio a ser sometido a transformaciones tecnológicas en su cultivo y en su productividad; ha sido también un catalizador para la revolución agrícola en otros cultivos. Actualmente la revolución híbrida no está limitada a los cultivos de fecundación cruzada, donde se originó exitosamente, y el desarrollo de los híbridos se está difundiendo rápidamente a las especies auto fecundas: el algodón, arroz y el trigo. En el cuadro 2.1 podemos apreciar la producción de maíz híbrido a nivel de país.

Cuadro 2.1: Producción de maíz híbrido en el Ecuador.

	Guayas	Los Rios	Manabí	El Oro	Loja	Santa Elena
Rendimiento (t/ha)	4,5	4,82	6,47	7,63	5,74	5,28
Superficie de siembra (ha)	2,38	4,62	4,3	4,07	4,13	3,63
Fecha de siembra	Enero	Enero	Enero	Enero	Febrero	Febrero
Semilla	DK	DK	NB	DK	DK	Pioneer
Principal Semilla	7088	7088	7443	7088	7088	
Certificada	82	17	92	86	86	63
(%Uso)						
Cantidad semilla (Kg/ha)	16	35	18	17	17	16

Fuente: (Ortega, 2015)

2.1.7. Valoración Nutricional de la Planta de Maíz

El maíz, cuando se cultiva para la producción de forraje, ha mostrado excelentes características de palatabilidad, teniendo condiciones agronómicas y tropicales favorables. Elizondo y Boschini (2003) manifiestan que el contenido de materia seca varía de 15-25 % en la planta verde y la composición química es de 4-11 % de proteína bruta, 1-3,5 % de extracto etéreo, 27-35 % de fibra bruta, 34-55 % de extracto libre de nitrógeno y de 7-10 % de ceniza en la materia seca. Según Boschini-Figueroa y Amador (2001) pudieron identificar la degradabilidad potencial de la materia seca de las hojas, tallos, flores y mazorcas de maíz, así como la fracción soluble, la fracción degradable y la tasa de degradación de esta última. Según su análisis durante los primeros 90 días o estados de prefloración, la fracción soluble del tallo disminuyó de 40 a 27 %, mientras que en la hoja se mantuvo constante en 15-16 %. La fracción degradable en el tallo disminuyó de 55 a 43 % al ir creciendo la planta, en tanto que en la hoja variò entre 67 y 74 %. En cuanto a la cinética de la degradación

ruminal de las hojas y tallos a través de los tiempos de incubación; la contribución de materia seca proveniente del tallo va aumentando, en relación a la masa seca presente en la planta entera, mientras va en disminución la porción correspondiente de hoja. En el período de crecimiento de la planta, después de los 90 días o estados de floración y posteriores, la degradabilidad potencial de la planta entera se mantiene entre 53 y 58 %, decayendo la degradabilidad de la hoja a menos de 50 % a los 149 días. La flor tiene un valor de 56 %, similar a la hoja a los 107 días con una contribución de 3,2 % en la materia seca total. A partir de 121 días, la mazorca muestra niveles de 70 % de degradabilidad que tienden a mantenerse en el período de crecimiento restante, con una contribución en la materia seca total de 11,5 % y de 32 y 21 % a los 135 y 149 días, respectivamente. La fracción soluble en la planta entera varía de 21 a 26 %, observándose valores entre 32 y 36 % en la mazorca. La fracción degradable en el tallo y hoja disminuyeron a los 107 y 121 días, con tasas de degradación de 3,0 a 3,8 % por hora de incubación.

Elizondo y Boschini (2003) determinaron la composición química de las diferentes estructuras de la planta de maíz de tallo azucarado en dos estados de madurez, cuyos resultados se pueden apreciar en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2: Composición química en % sobre materia seca, del tallo, hojas y tallo + hojas de maíz de tallo azucarado a dos estados de madurez de la planta.

	Tallo	Hojas	Tallos + hojas
Planta con el grano en estado pastoso			
Proteína bruta	8,3	10,6	9,6
Extracto etéreo	1,1	2,2	1,4
Fibra neutro detergente	49	62,5	56,8
Fibra ácido detergente	30,6	38,1	34,3
Celulosa	23,6	24,6	24,2
Lignina	5,8	5,6	5,7
Azúcares solubles	35,3	7,3	20,2
Cenizas	8,9	16,5	11,2
Planta con el grano en estado maduro			
Proteína bruta	7,6	9,3	8,4
Extracto etéreo	1	1,8	1,2
Fibra neutro detergente	51,4	66,8	58,8
Fibra ácido detergente	32	42,2	38
Celulosa	24,8	27,9	26,6
Lignina	6,3	6,2	6,5
Azúcares solubles	31	7,7	16,4
Cenizas	8,2	14,7	10,4

Fuente:(Elizondo y Boschini, 2003)

2.2 RESIDUOS DE COSECHA

El interés por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes se ha venido aumentando en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Es también importante la competencia nula entre monogástricos y rumiantes por alimentos fibrosos y la habilidad que tienen los

rumiantes para convertir esos materiales fibrosos en productos útiles para el hombre (carne, leche, pieles, lana, etc.) (Fuentes *et al.*, 2001).

Los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen en los países agrícolas una importante fuente de alimento y en la mayoría de los casos por falta de conocimiento y voluntad técnica, no son aprovechados de manera adecuada (Guaranda y Wladimir, 2016).

Según McDonald (1999) manifiesta que, en la fabricación de almidón y glucosa a partir del maíz, se obtienen una serie de subproductos, adecuados para la alimentación animal. Los granos sin germen, se muelen finamente, separándose el salvado por tamizado en húmedo. El líquido remanente contiene una suspensión de almidón y proteína (gluten), que se separan por centrifugación. En el proceso se obtienen tres subproductos: germen, salvado y gluten.

Los residuos de cultivo más comúnmente usados en la alimentación de rumiantes son las pajas y rastrojos resultantes de la producción de cereales, particularmente la paja de arroz y el rastrojo de maíz. Estos residuos tienen una baja digestibilidad, un bajo contenido de proteína cruda y una pobre composición mineral (Ruiz, 1990).

La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz amarillo duro corresponde a (cañas, hojas, y mazorcas), y oscilan entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz más conocido como (choclo) su biomasa residual, le corresponde a (cañas y hojas) y varían entre 16 a 25 toneladas por hectárea. La simetría entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y forma de cultivar (Guaranda y Wladimir, 2016).

Cuadro 2.3: Composición nutricional promedio de las materias primas energéticas

Materias Primas	HUM %	PC %	CEN %	FND %	FDA %	EB (kcal/kg)
Arroz Harina	8,3	13	8,3	-	-	-
Caña de azúcar	12	1,8	2,2	35,8	35,8	3704
Búfalo, forraje	9	22	6	40	40	-
Maíz	12,8	8,2	1,3	-	-	3795
Maíz Ensilaje	74	8,8	7,3	-	-	3550
Maíz Extruido	9,4	8,8	2	-	-	-
Maíz Harina	11,6	11	3,8	-	-	-
Maíz Salvado	12,2	10,7	3,8	-	-	-
Maíz Tusa	9	2,3	1,6	-	-	4237
Soya Cascarilla	8	-	-	-	-	-
Trigo, Salvado	10	15	5	46	14,7	-

HUM: humedad; PC: proteína cruda; CEN: cenizas; FND: fibra neutro detergente; FDA: fibra detergente àcida (Guaranda y Wladimir, 2016).

2.2.1. Uso de los Residuos Agrícolas para la Alimentación de Rumiantes

En general, los rumiantes poseen microorganismos que les permite aprovechar componentes de la pared celular vegetal, como la celulosa o el nitrógeno no proteico, pero a la vez tienen limitaciones que se pueden minimizar con el uso de procedimientos químicos, físicos o biológicos. Los residuos agrícolas se obtienen de la producción de leguminosas y cereales, resultando mayores porcentajes en tallos y hojas luego de un proceso de secado (Guaranda y Wladimir, 2016).

Gran parte de los subproductos de residuos de cosechas tienen las siguientes ca-

racterísticas:

1. El componente de carbohidratos está constituido por elementos altamente solubles (azúcares), que tienen una alta tasa de degradabilidad en el rumen, y elementos de muy baja solubilidad (componentes de la pared celular) con tasas lentas de degradación por los microorganismos ruminales (Ruiz *et al.*, 1980).

2. Los niveles de nitrógeno y proteína verdadera son extremadamente bajos alcanzando valores inferiores a un 10 % (Ruiz *et al.*, 1980).

3. Disponibilidad. En muchos países existe una gran cantidad de residuos agrícolas, lo que es importante, ya que se han hecho estimaciones de su producción para suplir el requerimiento mundial de energía. Si sólo el 5 % de los residuos celulósicos producidos anualmente en el mundo, se colectaran y procesaran de forma económica para ser usados en la alimentación de animales herbívoros, alcanzaría para suplir la necesidad de energía metabolizable de todos ellos (Escobar y Parra, 1981).

4. Rentabilidad en el uso de la tierra. La utilización de los residuos en la alimentación animal, posterior a la cosecha de frutos, permite maximizar el uso de recursos para la producción agrícola y contribuye a un uso integral de la tierra. Por otra parte, es necesario destacar que los residuos cuando no son aprovechados adecuadamente, constituyen un contaminante (Escobar y Parra, 1981).

5. Disminución de la contaminación ambiental. El aprovechamiento de residuos disminuye la posibilidad de contaminación ambiental al tener una forma de uso por otros organismos dentro de todo el esquema productivo. La quema de praderas naturales lignificadas, práctica utilizada especialmente para promover el rebrote, resulta en una mejora temporal del valor nutritivo del forraje, pero puede provocar problemas de tipo ecológico al destruir una gran cantidad de sustrato potencialmente utilizable. El uso del residuo tiende a reducir este problema (Escobar y Parra, 1981).

2.2.2. Rastrojo de Maíz

El rastrojo de maíz es comparativamente bajo en sílice, utilizado como alimento para rumiantes, posee una baja digestibilidad debido a su estado de lignificación, siendo la lignina el principal factor que disminuye su digestibilidad; así como ocurre en otras gramíneas, la lignificación es promovida por las altas temperaturas ambientales y por fotoperiodos cortos, los cuales son característicos de los trópicos. Es por esta razón, que los ensilajes y el rastrojo de maíz en la zona tropical presenta aproximadamente un 10 % menos digestibilidad que sus homólogos de las zonas templadas (Ruiz *et al.*, 1980).

Cuadro 2.4: Composición química del rastrojo de maíz (% de materia seca)

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

Fuente: (Fuentes *et al.*, 2001)

Según Arrieché y Mora (2005) determinó la cantidad de proteína bruta y la digestibilidad de la materia seca en las diferentes partes que conforma el rastrojo de maíz obteniendo valores diferentes debido a que cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco; los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta, estos valores se pueden observar en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5: Proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DIVMS) en diferentes componentes del rastrojo de maíz

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

Fuente:(Arrieche y Mora, 2005)

Según (Posada *et al.*, 2012) el rastrojo de maíz es un recurso fibroso, con bajo contenido de proteínas y aportes limitados de energía, sin embargo puede ser utilizado de diversas formas, una de ellas puede ser el pastoreo directo durante un corto periodo de tiempo antes de preparar el suelo para el siguiente cultivo; además se puede utilizar después de la cosecha en raciones de vacunos de carne, vaquillonas de reemplazo, levante de novillos, utilizando entre un 20 y 60 % de rastrojo de maíz dependiendo de la calidad de este y de los otros componentes que conforman la dieta del animal. En vaquillonas de reemplazo, pueden usarse en niveles de 60 %, obteniéndose ganancias de peso de 500 gramos por día. En el cuadro 2.6 podemos observar la composición química del rastrojo de maíz, con otros residuos de la planta de maíz.

Cuadro 2.6: Composición química del rastrojo de maíz, olote de maíz (corazón de la mazorca de maíz después de desgranarla) y maíz brácteas (%)

Residuo	Rastrojo	Olote de maíz	Maíz brácteas (tuza)
Composición			
Química			
M.S.	90,6	90,4	85
P.C.	5,9	2,3	3,4
E.E.	1,6	0,4	0,9
E.L.N.	46,5	54	49,6
F.C.	30,8	32,1	28,2
C.C.	5,9	1,6	2,9

M.S: materia seca, P.C: proteína cruda, E.E: extracto etéreo, E.L.N: extracto libre de nitrógeno, F.C: fibra cruda, C.C: cenizas

Fuente:(Ortiz, 2006)

El rastrojo de maíz contiene aproximadamente la cuarta parte del valor nutritivo de la planta entera, por lo cual no debe desaprovecharse; este residuo de cosecha es muy pobre en principios nutritivos para que pueda formar una parte importante de la ración; en vacas lecheras suministrado después de picarlo o cortarlo en pequeños trozos, puede ser, en ocasiones, un buen forraje para el rebaño de ordeña. Sin embargo, suele ser preferible aprovecharlo para la alimentación de las novillas; en razas de engorda. Según un experimento realizado en Ohio, becerros de engorda alimentados con rastrojo de maíz, heno mixto, grano de maíz y un complemento proteínico, solo produjeron 0,81 centavos de dólar por cabeza sobre el costo de los alimentos, mientras que otros animales semejantes, a los que se dio maíz ensilado, en lugar del rastrojo de maíz, dieron un beneficio neto de 6,14 dólares (Ahumada Cervantes *et al.*, 2014).

Según Ruiz-Sesma *et al.* (2006) demostraron el uso del rastrojo de maíz como recurso en la alimentación de ovinos, utilizando 29 ovejas gestantes y un padrote (animal macho), los cuales pastorearon rastrojo de maíz en un área de aproximadamente 0.56 ha durante 56 días y recibieron una suplementación de harina de ajonjolí a razón de 100g/animal/d desde el inicio del ensayo hasta el día 32 y se suministro 200 g/animal/d desde el día 33 hasta finalizar el ensayo. Las ganancias promedio fueron de 114.3 g/d. Los valores indican que el rastrojo de maíz suplementado con harina de ajonjolí puede satisfacer los requerimientos de mantenimiento y permitir pequeñas ganancias en ovejas gestantes.

Según Montañez-Valdez *et al.* (2015) nos muestra en el cuadro 2.7 los resultados de su trabajo, el cual se basó en evaluar el efecto de *Pleurotus djamor* que es una clase de hongo comestible, sobre la composición química y la desaparición ruminal del rastrojo de maíz, donde utilizaron tratamientos donde colocaban este tipo de hongo y otro donde no lo aplicaban.

Cuadro 2.7: Composición química del rastrojo de maíz no tratado (RMNT) y rastrojo de maíz tratado con *Pleurotus djamor* (RMT) (%).

Componente	RMNT	RMT
Materia seca	92,0	92,6
Materia orgánica	82,5	82,6
Proteína Cruda	4,8	4,4
Fibra detergente Neutra	55,9	47,6
Fibra detergente Ácida	25,7	27,2
Celulosa	33,7	32,4
Hemicelulosa	29,8	20,4
Lignina	12,2	11,9
Ceniza	9,4	9,6

Fuente: (Montañez-Valdez *et al.*, 2015)

2.3 CARACTERÍSTICAS DIGESTIVAS GENERALES DE LOS RUMIANTES

2.3.1. Ambiente Ruminal

El rumen es un entorno altamente dinámico, y ninguno de los cambios es permanente debido a las especies microbianas (bacterias, arqueas, hongos y protozoos), que se encuentran en él (Calsamiglia, 1997). Según Osorio y Coronel (2008) afirman que una deficiencia o un nivel subóptimo de un nutriente esencial para la flora ruminal, reduce la eficiencia del crecimiento microbial; por otra lado la importancia del crecimiento y de la actividad microbial, con relación al estado nutricional del hospedero, se deriva del hecho de que los productos principales de la fermentación ruminal (ácidos grasos volátiles y proteína microbial) suplen entre 70 – 80 % de las necesidades energéticas y entre 40 – 80 % del requerimiento proteico del rumiante.

2.3.1.1. Poblaciones microbianas responsables de la actividad celulolítica en el rumen

El contenido ruminal, las bacterias se encuentran en un número de 10⁹ a 10¹⁰ por ml. El número total de bacterias y la población relativa de especies individuales varía con la dieta de los animales, por ejemplo, dietas ricas en concentrados promueven un alto contenido de la proliferación de lactobacilos (Pond *et al.*, 2002).

- **Protozoos.** El efecto de los protozoos sobre la digestión de la fibra vegetal depende del papel y de la importancia relativa de los distintos géneros y especies en el ecosistema ruminal; así, la capacidad de los protozoos para adherirse a las partículas de pared celular es restringida, excepto en el género *Holotricha*, estimulados probablemente por quimiotactismo hacia azúcares solubles (Angulo *et al.*, 2005).

- **Hongos.** La población de hongos anaerobios del rumen está directamente relacionada con el contenido de fibra de la dieta, y su proporción disminuye en dietas ricas en almidón o azúcares solubles. Los hongos ruminales tienen capacidad enzimática para hidrolizar celulosa y xilano, aunque parecen no degradar pectina. La acción fúngica sobre la pared celular y su contribución a la degradación ruminal se relaciona con su activa colonización preferentemente en estomas y zonas de corte de los tejidos lignificados (Angulo *et al.*, 2005).

- **Bacterias.** A pesar del papel que tienen las poblaciones protozoarias y fúngicas del rumen en la digestión de la pared celular, parece claro que las bacterias son los microorganismos más activos en este proceso, tanto de forma cualitativa por su alta actividad enzimática como cuantitativa, debido a su elevada concentración en el rumen. Las tres especies bacterianas celulolíticas predominantes, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*, se caracterizan por su alta especialización nutritiva, en el sentido de que ellas solo utilizan celulosa y sus productos como nutrientes, por lo que se ven obligadas a especializarse en la hidrólisis de dicho polímero, en un ambiente líquido que favorece la competencia entre gran variedad de microorganismos (Lee *et al.*, 2000).

Especies celulolíticas <i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Especies utilizadoras de lípidos <i>Anaerovibrio lipolitica</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Fisocillus sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i>
Especies pectinolíticas <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Lachnospira multiparus</i> <i>Succinivibrio dextrimosolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Streptococcus bovis</i>	Especies hemicelulolíticas <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Ruminococcus sp.</i>
Especies urolíticas <i>Succinivibrio dextrimosolvens</i> <i>Selenomonas sp.</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Butyrivibrio sp.</i> <i>Treponema sp.</i>	Especies amilolíticas <i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Succinomonas amyolytica</i> <i>Bacteroides ruminicola</i>
Especies utilizadoras de azúcares <i>Treponema bryantii</i> <i>Lactobacillus vinivimus</i> <i>Lactobacillus ruminis</i>	Especies productoras de metano <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Methanobacterium formicum</i> <i>Methanomicrobium mobile</i>
Especies proteolíticas <i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Ruminococcus sp.</i>	Especies utilizadoras de ácidos <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>
	Especies productoras de urea <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>

Figura 2.3: Agrupación de especies bacterianas en el rumen de acuerdo al principal sustrato fermentado (Church, 1993).

2.3.2. Degradación de los Constituyentes de la Ración

2.3.2.1. Constituyentes Citoplasmáticos

■ Glúcidos

Los forrajes verdes contienen generalmente del 3 al 8 % (de la materia seca) de azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa), siendo los porcentajes más elevados en los tallos que en las hojas (Jarrige, 1981). Los glúcidos solubles se difunden muy de prisa en el líquido ruminal y son utilizados rápidamente y en su totalidad por la población microbiana, a la que aportan energía de la forma más fácilmente disponible, incluso en el curso de la ingestión del alimento (Jarrige, 1981).

■ Lípidos

Los lípidos se representan del 2 al 5 % en la mayoría de los alimentos de los rumiantes, la población microbiana hidroliza los triglicéridos e hidrogena los dobles enlaces

de los ácidos insaturados; como resultado los ácidos de C18 son transformados en su mayoría en ácido esteárico; el glicerol y la galactosa son fermentados hasta ácidos grasos volátiles. Los ácidos grasos de cadena larga no son absorbidos en el rumen; en su mayor parte se fijan sobre las partículas alimenticias y pasan junto a ellas al omaso (Jarrige, 1981).

2.3.3. La Fibra y su Degradación Ruminal

La fibra es un compuesto heterogéneo formado por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. A efectos prácticos, se ha definido en términos de fibra bruta (FB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal (Bach y Calsamiglia, 2006).

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por acción de las bacterias fibrolíticas, proceso que se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por la acción de las celulasas y hemicelulasas, y varía en función de la composición, el entramado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación (Calsamiglia, 1997).

2.3.4. Producción de Ácidos Grasos Volátiles

La concentración de la mezcla de ácidos Grasos Volátiles (AGV) en el líquido ruminal es la resultante de la producción y de la absorción; cuando los hidratos de carbono, tanto estructurales y no estructurales, experimentan la fermentación microbiana, producen ácidos grasos volátiles (AGV). Los principales AGV en orden descendiente de abundancia son acético, propiónico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, y rastros de varios otros ácidos. Los AGV pueden proporcionar hasta 80 por ciento de las necesidades energéticas del animal. Los AGV, acético, propiónico y butírico, son los productos finales de la fermentación de la materia orgánica (MO) del alimento que ocurre en el rumen y representan la mayor fuente de energía para los rumiantes, la cual se estima que representa entre 50 a 70 % de la energía digestible total. La producción de AGV determina en gran medida la eficiencia en la utilización de los alimentos por los rumiantes, ya que está estrechamente relacionada con su digestibilidad. Sin embargo, es necesario recordar que la producción y la proporción de AGV varían en función de la dieta, proporción de carbohidratos solubles y estructurales, relación forraje concentrado y el tipo de procesamiento físico al que ha sido sometido el alimento. Por lo tanto, altos contenidos de fibra en la ración afectan la relación de acético: propiónico, lo que en términos prácticos se traduce en una disminución en el desempeño productivo del animal (Angulo *et al.*, 2005).

La cantidad de AGV producidos en el rumen depende de la cantidad de sustrato fermentado, esta a su vez, depende de la cantidad de alimento ingerido y de la velocidad de paso de la digesta (Sauvant *et al.*, 2006). Si se compara a los forrajes verdes con los ensilados, estos últimos parecen producir mayor cantidad de ácidos grasos superiores y menores de ácidos acético y butírico. Los henos se diferencian poco de los forrajes verdes, si se tiene en cuenta su mayor contenido en membranas. El procesamiento de los forrajes deshidratados, mediante molido o compactado, reduce sensiblemente la proporción de ácido butírico. El pH del líquido ruminal está en relación positiva con la proporción de ácido acético y negativa con la de ácido propiónico y butírico (Jarrige, 1981).

2.4 VALORACIÓN DE ALIMENTOS

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Bondi, 1989).

La información sobre el potencial energético de los alimentos es fundamental para su valoración nutricional y económica. Si bien la energía bruta puede ser medida de forma simple a través del empleo de una bomba calorimétrica, su validez en nutrición animal es cuestionable por la variabilidad que registran los alimentos en digestibilidad y metabolismo (Posada *et al.*, 2012).

2.4.1. Determinación del Valor Nutritivo de los Alimentos.

Villanueva Rengifo (2017) manifiesta que no existe un modelo único para abordar el análisis químico y nutricional de los alimentos. La naturaleza y el propósito del producto servirán de guía para ver qué tipo de análisis se realizará. El objetivo del análisis puede ser la aptitud o capacidad de determinado alimento para producir determinado rendimiento (por ejemplo, leche, carne, . . .) o bien cumplir con determinadas exigencias legales, higiénicas o nutricionales.

La mayoría de los métodos analíticos de uso común se basan en diversos procedimientos químicos que son específicos para un determinado elemento, compuesto o grupo de compuestos. Una característica relativamente común de los métodos químicos es que con frecuencia incluyen la degradación extrema de los forrajes con reactivos como disolventes concentrados u otros tratamientos que son vigorosos desde el punto de vista biológico (Pond *et al.*, 2002).

2.4.1.1. Toma de muestras

Una vez que las muestras son colectadas en campo y llevadas al laboratorio de análisis de forrajes, se identifican con un código determinado que permitirá darle el seguimiento oportuno. Una vez concluido este paso la muestra lleva un proceso de secado y homogenización para convertirla en la materia prima de todos los ensayos en el laboratorio (Cañar y Bolívar, 2016).

Cada muestra llevada debe ser molida convirtiéndose en harina, donde, posterior a su pesaje en fresco, se coloca en un horno a una temperatura de 60°C durante 48 horas. El material es pesado una vez que esté seco lo cual permite determinar el porcentaje de materia seca con que se trabaja. El mismo procedimiento es repetido, pero para una temperatura mayor, la cual provee el dato porcentual de materia seca a 105°C (Cañar y Bolívar, 2016).

2.4.1.2. Materia seca

El procedimiento más sencillo para determinar la materia seca es colocar el material en estudio dentro de una estufa y dejarlo ahí hasta que se evapore toda el agua libre que contiene. Por lo general, se utilizan temperaturas entre 100 y 105°C. La mayoría de los tejidos vegetales frescos contienen compuestos volátiles, pero la cantidad es tan pequeña que por lo general estos compuestos se ignoran sin incurrir en mucho error. Sin embargo, algunas plantas contienen grandes cantidades de aceites esenciales, terpenos y otras sustancias volátiles que podrían perderse durante la desecación, y de esta manera dar resultados erróneos con los procedimientos usuales (Pond *et al.*, 2002).

2.4.1.3. Cenizas

Se denomina ceniza total a toda la materia inorgánica que forma parte de los alimentos que corresponden a las sales minerales, permanecen como residuo luego de la calcinación de los compuestos orgánicos del alimento (Guaranda y Wladimir, 2016). Producto de la combustión de un organismo ya sea algún vegetal, objeto, alimento, etc., quedando como resultado las sales minerales que no arden ni se quemaran (Jiménez Briceño, 2016).

2.4.1.4. Proteína

En las proteínas el elemento más importante es el nitrógeno por lo que para su determinación es necesario conocer su porcentaje, el método más utilizado es el *Kjeldahl*, éste es un método indirecto ya que determina la cantidad de proteína en base a la cantidad de nitrógeno orgánico presente en la muestra, la cantidad de proteína estimada a partir del mismo se conoce como proteína bruta, ya que el nitrógeno presente en una muestra no solo pertenece a las proteínas sino también proviene de bases púricas, creatina, creatinina, urea, amoníaco entre otros (Vega y José, 2012).

2.4.1.5. Extracto etéreo

El extracto etéreo determina una gama muy amplia de compuestos como las grasas, los carotenos, la clorofila y todas aquellas sustancias solubles en líquidos de baja polaridad (Posada, 2005). Este procedimiento requiere que las muestras molidas se sometan a extracción con éter dietílico por un periodo de 4 horas o más. Las sustancias solubles en éter incluyen una gran variedad de compuestos orgánicos, de los cuales solamente algunos tienen valor nutritivo; la principal razón para obtener el extracto etéreo es tratar de aislar una fracción de los forrajes que tenga un elevado valor calórico (Pond *et al.*, 2002).

2.4.1.6. Extracto libre de nitrógeno

Es una fracción que acumula el error de todas las determinaciones anteriores ya que se calcula por diferencia así: M.S.- (Cenizas + proteína cruda + fibra cruda + extracto etéreo) = ELN. Por tanto, contiene carbohidratos solubles, algunos polisacáridos, pectinas, ácidos orgánicos, lignina, celulosa y otras sustancias en cantidades variables (Posada, 2005).

2.4.1.7. Fibra bruta

Residuo orgánico obtenido tras dos hidrólisis sucesivas (ácido sulfúrico 0,26N e hidróxido de potásico 0,23N) según un método derivado de la estación de Weende. Este análisis es una estimación por exceso de la celulosa ya que contiene una fracción variable de lignina y hemicelulosa (Jiménez Briceño, 2016).

Según Lozano (2017) nos menciona que el error en el análisis de la fibra cruda se origina de la extracción secuencial con una solución ácida caliente, seguido de una extracción con solución alcalina caliente. En esta extracción se disuelven de 50 a 90 % de la lignina, 0 a 50 % de celulosa y hasta 85 % de la hemicelulosa; pero el error en esta extracción es variable dependiendo de las proporciones de lignina, celulosa y hemicelulosa en la fibra.

2.4.2. Pruebas de Digestibilidad.

Las pruebas de digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo quedando disponibles para el animal (Bondi, 1989). Los métodos más usados para estimar la digestibilidad son: in vivo, in situ e in vitro.

2.4.2.1. Prueba *in vivo*

Este procedimiento ha sido usado tradicionalmente para determinar la digestibilidad. La cantidad media diaria de nitrógeno aparentemente absorbido por el animal, se calcula por diferencia entre la cantidad de nitrógeno del alimento consumido y la cantidad excretada en las heces. Esa cantidad, expresada como porcentaje de lo ingerido es el coeficiente de digestibilidad. Puesto que las heces no se componen únicamente de alimentos indigestibles, sino que incluyen células descamadas y productos excretados al tracto digestivo, la diferencia entre lo ingerido y lo excretado determinada de esta forma se denomina digestibilidad aparente (Malca *et al.*, 2006).

2.4.2.2. Prueba *in situ*

Según (Ramírez-Lozano, 2009) la degradabilidad *in situ* o llamada también técnica de la bolsa es un procedimiento usado en nutrición de herbívoros rumiantes, con el fin de conocer cuántos nutrientes son descompuestos por la actividad de los microbios del ecosistema ruminal. En la cual se procede a colocar una cantidad conocida de un alimento o ración dentro de una bolsa porosa inerte (nylon) en la cavidad del rumen, por un lapso de tiempo conocido (24-72 h, generalmente 48h), para luego ser retirada y analizada en el laboratorio; para poder acceder al rumen se hace una operación quirúrgica donde se coloca una cánula de plástico o de goma para poder colocar las bolsas a ser empleadas.

Según Ruiz (1990) menciona que Uden y Van Soest y Nocek evaluaron las fuentes de variación en la estimación de la digestibilidad de la materia seca (MS) y de la proteína cruda, determinando que los valores más importantes que afectan a la digestibilidad son:

- **Tamaño del poro de la bolsa.**

La porosidad apropiada es un aspecto importante, ya que debe permitir la entrada

de líquido y microbios ruminales para que realicen la degradación y evitar la salida de partículas del alimento sin degradar, esto último se considera como una fracción de pérdidas solubles y mecánicas (Nocek *et al.*, 1983). Aunque Udèn y Van Soest (1984) indican que el incremento de la digestión de la FDN conforme se aumentó el tamaño del poro (hasta 53µm) no podría explicarse sólo como pérdidas mecánicas.

■ **Cantidad de muestra.**

La preparación de muestras para incubación debe ser tal que el material a incubar realmente represente la forma física del material en el rumen, luego de ser consumido por el animal. La preparación ideal sería utilizar muestras colectadas de animales fistulados al esófago, las cuales ya han sido debidamente masticadas (Orskov *et al.*, 1980).

■ **Secuencia de introducción de las bolsas al rumen.**

Es común que las bolsas se enreden entre sí dentro del rumen y que, para sacar aquellas con períodos cortos de incubación, se tenga que sacar todas las bolsas, interrumpiéndose temporalmente la fermentación en aquellas con períodos de incubación más largos (Orskov *et al.*, 1980).

■ **Tiempo de incubación**

La medición de la tasa de degradación ruminal requiere de tiempos de incubación mayores a los normalmente empleados, cuando sólo se quiere relacionar la desaparición de materia seca de las bolsas con la digestibilidad aparente del alimento. El tiempo necesario para medir la tasa de degradación varía en función del material que se está evaluando, por lo que no se puede generalizar un tiempo máximo de incubación, ni tiempos intermedios (Orskov *et al.*, 1980).

■ **Posición de bolsa en el rumen.**

Algunos autores indicaron la ventaja de controlar la posición de las bolsas dentro del rumen, y que el mejor sitio de colocación es el saco ventral donde la fermentación es más rápida. Sin embargo, otros investigadores no encontraron ningún efecto de la posición de las bolsas dentro del rumen sobre la digestibilidad de varios alimentos. La mayoría de los investigadores que trabajan con esta técnica recomiendan que las bolsas se amarren a la cánula con un hilo de nylon de 25 cm en ovejas y de 50 cm en bovinos. Esto permite a las bolsas moverse libremente en las fases líquidas y sólidas del rumen (Bondi, 1989).

■ **Periodos de incubación.**

El tiempo necesario para la degradación completa variará según el tipo de alimento por incubar, y por tanto, los tiempos intermediarios también deben variarse. Para medir la tasa de degradación se requieren varias mediciones de la degradación en un amplio intervalo de tiempo. Como guía general, los periodos de incubación que se requieren son: concentrados, de 12 a 36 horas; forrajes de alta calidad, de 24 a 60 horas, y forrajes de baja calidad, de 48 a 72 horas (Ramirez-Lozano, 2009).

■ **Dieta del animal.**

La dieta de los animales fistulados puede tener un efecto importante sobre la tasa de degradación del material que se está evaluando. Sin embargo, existen resultados contradictorios sobre el efecto de la dieta en la desaparición de la materia seca y la proteína cruda de bolsas incubadas in situ (Orskov *et al.*, 1980). Por eso los animales deben alimentarse con una fuente de alimentos bien conocida, las dietas deben contener pequeñas cantidades de una amplia gama de ingredientes para establecer una población diversa de microorganismos ruminales. La dieta seleccionada para el animal dependerá del propósito del experimento (Vivanco Luzuriaga, 2016).

2.4.2.3. Prueba *in vitro*

Permite predecir la digestibilidad de las materias primas o de las dietas en el tubo digestivo de los animales al someter a los alimentos evaluados a una serie de pasajes por compuestos enzimáticos, que simulan la degradación que ocurre dentro del organismo vivo teniendo en cuenta los segmentos del tracto gastrointestinal (Hervera *et al.*, 2007). El método de Tilley y Terry es considerado como referente para estimar la digestibilidad *in vitro* de alimentos en rumiantes, el cual ha sido modificado y adaptado según el tipo de alimento, al igual que se han desarrollado y probado diferentes tampones de dilución para ajustar el pH del inóculo. Pese a su exactitud, este método requiere mucho tiempo y trabajo, cada alimento debe incubarse por separado, limitando el número de muestras por corrida (Vivanco Luzuriaga, 2016).

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 Brenes *et al.*, 1985).

El principio de esta técnica es la fermentación de la muestra para producir ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico principalmente y gases (CO₂, CH₄ y H₂). Las muestras se incuban con licor ruminal y una solución buffer a una temperatura de 39°C, permitiendo la medición del gas proveniente de la fermentación y del CO₂ que es liberado cuando los AGV reaccionan con el medio buffer de bicarbonato (Getachew, G.*et al.* 1998). Por lo tanto, la producción de gas ocurre simultáneamente a la fermentación y en proporción a la digestión de la muestra (Menke *et al.*, 1979).

2.4.3. Predicción de la Cinética de Degradación Ruminal

Los métodos anteriormente señalados en los procedimientos de evaluación de alimentos (in situ, in vitro) no proveen información sobre la dinámica de la degradación en el rumen y tienen como principal limitación que los valores son para un tiempo de incubación único. In vitro o in situ, el sustrato que desaparece o la producción de gas in vitro pueden ser medidos a diferentes tiempos de incubación resultando en línea curvas características mostradas en el curso de tiempo de la fermentación o degradación de los alimentos. Modelos no lineales pueden ser utilizados para estos datos, para estimar los parámetros de la cinética que resumen la información de las curvas y son indicadores de la tasa y del grado de degradación de los alimentos en el rumen (Vivanco Luzuriaga, 2016).

El modelo más popular es la ecuación exponencial propuesta por Ørskov y McDonald (1979):

$$P = a + b(1 - e^{-kd*t})$$

Esta ecuación supone la existencia de tres fracciones en los alimentos. Una fracción no degradable que representa la fracción del alimento que permanece en el saco después de un prolongado tiempo de incubación, otra fracción insoluble pero potencialmente degradable por los microorganismos ruminales y una tercera fracción rápidamente degradable que además del material soluble incluye partículas que pueden salir de los sacos de nylon (Rosero Noguera y Posada Ochoa, 2007). Los parámetros de la cinética de la degradación son necesarios para predecir la digestibilidad de los alimentos y por lo 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).

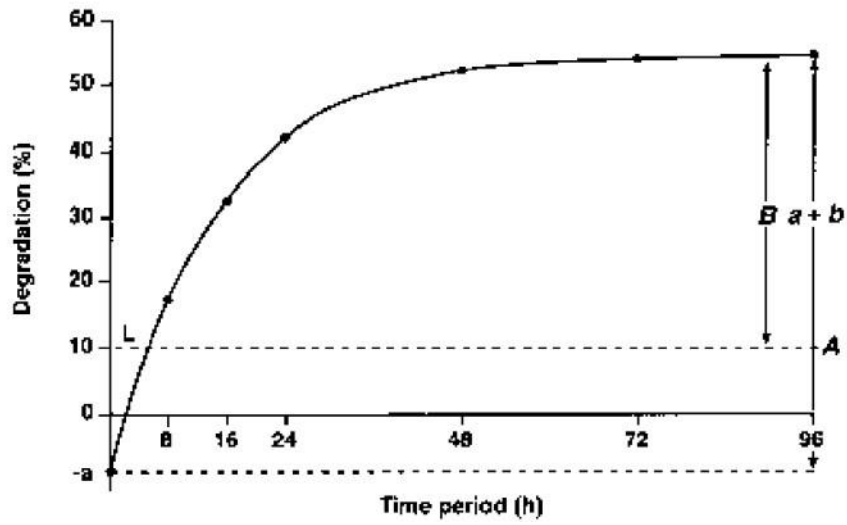


Figura 2.4: Degradación de una dieta típica a base de forraje expresada por la fórmula $P=a+b(1-e^{-kd*t})$. Debido a la lag phase (L), a es negativo. A es la fracción soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente fermentable $B=(a+b)-A$ y c es la tasa constante de degradación (Vivanco Luzuriaga, 2016).

2.5 TRABAJOS RELACIONADOS

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 arreglo factorial de tratamientos 2x2 donde los factores fueron: tipo de forraje (rastrojo de maíz y paja de avena) y nivel de enzima. No hubo diferencias ($p>0.05$) en la digestibilidad in situ de MS, FDN y FDA para los cuatro tratamientos a 12, 24, 48 o 72 h de incubación. El pH a 4 h fue superior ($p>0.05$) para las dietas con rastrojo que, para las dietas con paja, aunque no hubo efecto ($p>0.05$) de las enzimas. La concentración molar de ácido acético fue superior ($p<0.05$) a las 12 h para los tratamientos sin enzima respecto a los tratamientos con enzima. Las enzimas fibrolíticas no modificaron la concentración del ácido propiónico ($p>0.05$). El ácido butírico se redujo con enzima a las 12 h. Las enzimas fibrolíticas modificaron la fermentación ruminal pero no mejoraron la digestibilidad de las dietas (Yescas *et al.*, 2004).

Caracterización del Uso Directo del Rastrojo de Maíz (*Zea mays L.*) por Bovinos

La producción de maíz en Chiapas (México) está estrechamente relacionada con la ganadería a través de la práctica conocida localmente como rastrojo, por lo que el objetivo de este trabajo realizado en el año 2015, fue caracterizar el uso directo del rastrojo de maíz por bovinos. Se evaluó la disponibilidad de los componentes del rastrojo de maíz, grado de utilización, carga animal, composición botánica y calidad de la dieta seleccionada y conducta animal. El diseño experimental fue completamente al azar y la comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey. Se encontraron 14 componentes diferentes del rastrojo. Los componentes de maíz en la dieta seleccionada fueron mayores ($p<0.05$) al final del rastrojo, mientras que la

participación de arvenses y pasto estrella africana fueron mayores ($p < 0.05$) al inicio. Se observó un aumento en los valores de proteína en la dieta al final del rastrojo, lo cual podría estar relacionada con un mayor aporte proporcional de los componentes del maíz a la dieta (62.35 %) en relación al aporte de arvenses y gramíneas (37 %). Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los tiempos evaluados en las actividades de rastrojo (pastoreo), búsqueda de alimento y caminado, lo cual está relacionado con la adaptación que realizan los animales en su estrategia de pastoreo. La alta diversidad de componentes vegetales presentes en el rastrojo, le confiere importancia en términos de mejoras en la calidad de la dieta del animal (Arellano Vicente *et al.*, 2016).

Análisis Químico y Digestibilidad “in vitro” de Rastrojo de Maíz (*Zea mays* L.).

Este experimento se basó en evaluar el efecto del tratamiento físico y químico en la composición química y digestibilidad “in vitro” de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) de rastrojo de maíz sometido a dichos tratamientos. Setenta y cinco pacas de rastrojo de maíz (25 molidas, 25 picadas y 25 enteras) fueron tratadas con 4% de amoníaco anhidro (NH_3) con base en el peso seco durante 4 semanas. El mismo número de pacas con igual tamaño de partícula permaneció sin tratar con NH_3 . Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2×3 (cero y cuatro% NH_3 y tres tamaños de partícula). El incremento en el porcentaje de proteína cruda en el rastrojo tratado molido, picado y entero fue de 110, 116 y 91 unidades mayor respecto al rastrojo sin tratar. El extracto etéreo se vio incrementado por la amonificación en promedio 7,3% con respecto al rastrojo sin tratar. El contenido de cenizas se incrementó en promedio 6,0% con la amonificación. El NH_3 disminuyó los valores de fibra detergente neutro en 20,0; 7,0 y 7,7% para forraje molido, picado y entero, respectivamente. En lo que respecta a la fibra ácido detergente se observó un decremento de 7,17; 12,83 y 11,42% para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente, en relación al rastrojo sin tratar. La DIVMS y DIVMO se incrementaron con el tratamiento con NH_3 (Fuentes *et al.*, 2001).

3. METODÓLOGIA

3.1 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Aguas Suelos, sección Bromatología de la Facultad Agropecuaria y en la quinta experimental Punzara pertenecientes a la Universidad Nacional de Loja ubicados a 2.100 msnm, con un temperatura anual promedio de 15,5°C. La recolección de las muestras de los rastrojos se hizo en los cantones de Pindal, Celica y Zapotillo.

El cantón Pindal posee los siguientes límites: al norte con el cantón Puyango, al sur y al este con el cantón Céllica y al oeste con el cantón Zapotillo. El cantón Pindal posee una altitud de 780 m.s.n.m., temperatura promedio de 20 a 26 °C, precipitación anual de 1048 mm.

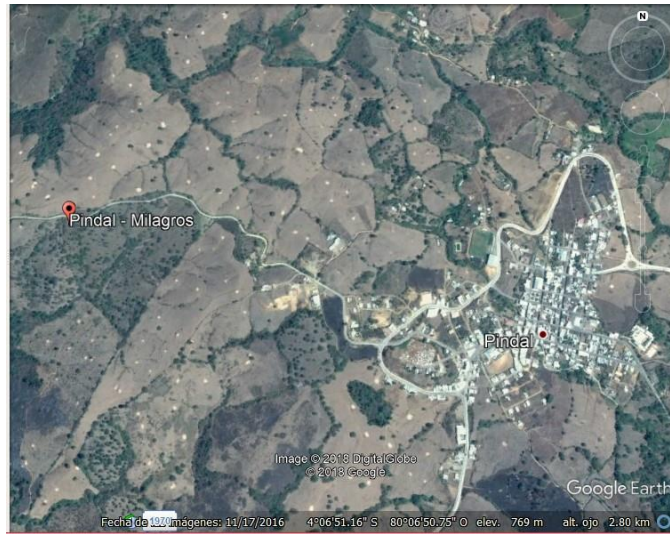


Figura 3.1: ubicación del cantón Pindal (google Eart).

El cantón Célca presenta los siguientes límites: al norte con los cantones Pindal, Puyango y Paltas, al sur con el cantón Macará, al este con el cantón Sozoranga y al oeste con el cantón Zapotillo. El cantón Célca tiene una altitud de 1970 m.s.n.m., temperatura promedio entre 15 y 24 °C, precipitación anual de 1100 mm.

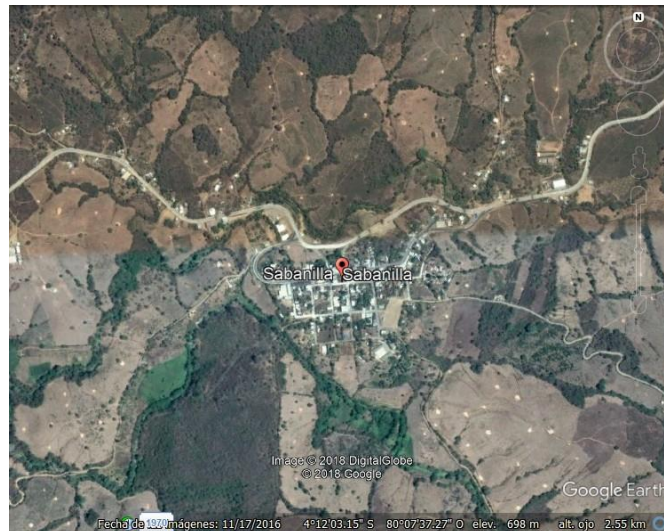


Figura 3.2: Localización de la parroquia Sabanilla, productora de maíz amarillo duro del cantón Celca (google Eart).

El cantón Zapotillo Limita al Norte, Sur y Oeste: República del Perú y al este: con los cantones Célica, Macará, Puyango y Pindal. El cantón Zapotillo posee una altitud que va desde los 835 m.s.n.m. en la zona alta y 182 m.s.n.m. en la zona baja., temperatura promedio de 25 a 30°C, precipitación anual de 591,2 mm.



Figura 3.3: Localización de la parroquia Paletillas, productora de maíz amarillo duro del cantón Zapotillo (google Eart).

3.1.2. Descripción del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo en dos fases: campo y laboratorio.

3.1.2.1. Fase de campo

En la fase de campo se procedió a la obtención de las muestras del rastrojo de maíz en los cantones de Pindal, Célica y Zapotillo de la provincia de Loja en los meses de junio, julio y agosto del 2017.

3.1.2.2. Fase de Laboratorio

Los análisis de la composición química se hizo en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja; mientras que las pruebas de digestibilidad in situ se las realizó en la quinta experimental Punzara perteneciente a la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

3.1.3. Tamaño de la Muestra

En los cantones Pindal, Célica y Zapotillo, se recolectaron las muestras de rastrojo de maíz de las siguientes variedades: (DK7088 y criollo).

En cada cantón se tomaron 3 muestras de cada variedad, resultando un total de 18 muestras.

3.1.4. Toma de Muestras

Para determinar el número de productores de las variedades de maíz: criollo y DK7088, se obtuvo información de los GADS Municipales y parroquiales de cada cantón, así como de las asociaciones de productores de maíz.

Se realizó un muestreo no probabilístico al azar, donde se dividió a los productores en grupos de acuerdo a la zona de producción de maíz, dentro de estos conglomerados se identificaron las fincas existentes por variedad de maíz (DK7088 y criollo), luego se realizó un sorteo de tres fincas por cada variedad en cada cantón, para recoger las muestras del rastrojo de maíz.

En cada finca seleccionada, se realizó el método de muestreo al azar con estratificación, para lo cual se dividió a la finca en tres sitios, alto, medio y bajo, recolectando un estrato de cada sitio, luego se homogenizaron los tres estratos y de éste se recogió la muestra de 1000 g, incluyendo tallo, hojas y panca, las muestras recolectadas

fueron colocadas en una bolsa de polietileno y trasladada al laboratorio para sus respectivos análisis.

3.1.5. Preparación de Muestra

Para realizar los análisis de la determinación de la composición química se procedió a picar en trozos pequeños el rastrojo de maíz, colocándolos en bolsas de papel de forma homogénea, se identificó las bolsas que contenían el rastrojo con un código único, para darle un seguimiento oportuno a cada variedad; una vez concluido este paso se realizó el proceso de deshidratación en la estufa, a una temperatura de 65 °C por 48 horas; posteriormente fueron molidas en un molino Thomas Willey, con una criba de 0,5 mm para los análisis de composición química y de 2 mm para los estudios de degradabilidad ruminal.

3.1.6. Adecuación del Lugar y Preparación de Animales

Para poder realizar las pruebas de digestibilidad, Se adquirió dos ovinos, una hembra de 23 kg y un macho de 25 kg aproximadamente, de raza mestiza, los cuales fueron introducidos en la quinta experimental Punzara de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja, para lo cual se adecuó dos cuartos dentro de la quinta, en donde se hizo una limpieza, y desinfección del lugar, construyendo dentro de los mismos, unas jaulas de madera, para poder facilitar el manejo de los animales al momento de realizar las pruebas. En los primeros 20 días, su alimentación fue a base de kikuyo, alfalfa, morera y concentrado comercial, en donde se sacaba a los ovinos todos los días por las mañanas a pastar kikuyo, y por las tardes se procedía a introducirlos nuevamente en los cuartos, colocándoles aproximadamente de 0,7 a 1 kg de alfalfa conjuntamente con morera y unos 200 g de concentrado a cada animal. A su llegada se los desparasito externa e internamente a base de ivermectina cuyo nombre del producto fue Ivermic, y con febendazol, cuyo

nombre comercial del producto es Fenbecur; además se los vitaminizó aplicando hematofos y aminovit de acuerdo a su peso. Una vez reconstituidos los dos animales se procedió a realizar la cirugía de fistulación, la cual se la realizó en las instalaciones del Hospital Docente Veterinario Cesar Augusto Guerrero.

3.1.7. Método y Técnica de Cirugía

Días antes de la cirugía, se procedió a afeitar el sitio laterocostal izquierdo, en donde se encuentra el rumen, lavando y desinfectando el área, con jabón, agua y alcohol para eliminar la grasa de la lana. Los animales estuvieron en un periodo de ayuno de 24 horas, con la finalidad de disminuir el volumen ruminal, además se administró vitamina k a cada animal, para evitar una posible complicación durante el acto quirúrgico; 15 minutos antes de la cirugía, los animales fueron premedicados con xilacina vía intramuscular de acuerdo a su peso, colocando a los animales de decúbito lateral derecho, aplicando un anestésico regional con lidocaína mediante infiltración paravertebral de los nervios lumbares, antes de la apófisis transversal que esta en la treceava vertebra toracica hasta la segunda vertebra lumbar, realizando posteriormente una infiltración local con 10 ml de lidocaina directamente en la zona de incisión quirúrgica. El acceso al rumen se realizó mediante laparotomía paracostal izquierda, previa a una desinfección de la zona con espuma antiséptica y yodo. Con la ayuda de un bisturí se realizó la incisión en la piel a 25 cm de la última costilla y con la amplitud suficiente para ingresar la cánula a través de ella. Una vez cortada la piel continuamos con una disección roma del grupo muscular abdominal (oblicuo abdominal externo, oblicuo abdominal interno, abdominus transverso y fascia transversal) y finalmente abrimos el peritoneo haciendo una apertura similar a la de la piel; una vez expuestos los tejidos y peritoneo, se hizo una rumenotomía en el saco dorsal del rumen, tratando de cortar en un área no muy vascularizada. Esta incisión tuvo una amplitud lo suficientemente estricta como para permitir insertar la cánula con sus cauchos internos como externos y la mano del cirujano. Se levantó el saco dorsal del rumen con pinzas de hemostasia para evitar el reflujo del líquido ruminal.

A continuación, introducimos la cánula en el rumen, colocando dos cauchos de forma circular rodeando a la cánula en el interior del rumen, y otros de igual número, en el exterior de la cánula, esto con el fin de darle mayor seguridad, y no correr el riesgo de que la cánula se salga de su sitio debido a los gases que se emanan dentro del interior del rumen, después se procedió a suturar peritoneo con tejido alrededor de la cánula, usando hilo reabsorbente de calibre 00. Terminamos de cerrar la piel con puntos de sutura simples con material monofilamento no absorbente de 0 a 1, que se elimina después de 7 a 10 días después de la cirugía. Como analgesia y anti-inflamatorio, inyectamos 2 ml de Inflacor vía intramuscular cada ocho horas, durante tres días después de la cirugía en conjunto con 1 ml de benzapen a base de penicilina cada 48 horas. Durante todo el período de observación animal, el área circundante de la cánula se mantuvo desinfectada, limpia, utilizando productos repelentes de artrópodos para evitar una miasis (gusanera).

3.1.8. Alimentación

Una vez hecha la cirugía, se administró forraje verde, conformado por kikuyo, morera y alfalfa en conjunto con concentrado como suplemento, además se les colocó un suero con un multivitamínico; esto se lo realizó con el fin de recuperar a los dos animales. Unos 15 días antes de realizar los análisis de digestibilidad, a parte de su alimentación a base de kikuyo, se agregó 300 g a cada ovino, de una ración que se elaboró, en base a sus requerimientos para mantenimiento; durante estos 15 días también se procedió a colocar forrajes fibrosos, como bagazo de caña, taralla de maíz, esto con la finalidad de provocar un aumento de las bacterias fibrolíticas a nivel del rumen.

A continuación en el cuadro 3.1, se mencionan los ingredientes con que se elaboró la ración con sus porcentajes.

Cuadro 3.1: Ingredientes y composición nutricional de balanceado para ovinos

Ingredientes (lb)	Cantidad	Cantidad (kg)	Cantidad	Formulación	
				de nutrientes	
Bagazo de caña	0,0500	2,50	5,50	Energia Kcal/kg	1750
Maiz	0,4000	20,0	44,00	Proteina %	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		

3.1.9. Variables de Estudio

Composición química del rastrojo de maíz

- Materia Seca
- Cenizas
- Fibra Cruda
- Proteina

Digestibilidad in situ.

- Materia Seca

Energía metabolizable

- Materia Seca

3.1.10. Análisis de Laboratorio

3.1.10.1. Composición química

En el Laboratorio de Aguas Suelos, sección Bromatología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja se procedió a realizar el análisis para determinar la composición química, considerando los siguientes componentes:

- Materia Seca
- Cenizas
- Fibra Cruda
- Proteína

El contenido de materia seca, cenizas, proteína cruda y fibra cruda, se determinó según la metodología de la AOAC (2005).

a. Materia seca

Para obtener la materia seca de cualquier residuo o forraje, primero se debe conocer la humedad, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{p.r.m.h - p.r.m.s}{p.r.m.h - p.r.v} \times 100$$

Dónde:

%H = Humedad

p.r.m.h = Peso del recipiente con muestra húmeda

p.r.m.s = Peso del recipiente con muestra seca

p.r.v = Peso del recipiente vacío

Para conocer la materia seca, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MS = 100 - \%H$$

b. Cenizas

- Se efectuó el análisis por duplicado
- En un crisol de porcelana previamente calcinado y tarado en la balanza de precisión (la cual se vuelve a colocar a 0 con él encima), se colocan 2 g de muestra fresca.
- Se lleva a la mufla entre 2 y 6 h a 550 °C o a su vez también se puede poner a 600 °C por una h.
- Se retiran los crisoles con las pinzas adecuadas y se llevan a la estufa de 100 °C con objeto de regular la temperatura. Posteriormente se pasan al desecador y se pesan. Las cenizas han de presentar un color blanquecino. De lo contrario, la muestra es sospechosa de contener todavía materia orgánica. La ceniza se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$CZ \% = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

Donde: A = masa del crisol vacío en gramos

B = masa del crisol y la muestra seca en gramos

C = masa del crisol y la muestra calcinada en gramos.

c. Proteína

Preparación de la muestra

- Se Pesa 300 mg de la muestra y se coloca en los tubos digestores
- Se Agrega 5 ml de ácido sulfúrico
- Se coloca una pastilla catalizadora Kjeldahl

Digestión

- Colocar los tubos en el digestor y programar los siguientes tiempos
 - 150
 - 280
 - 400
- Dejar enfriar por el lapso de 1 hora

Destilación

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

Titulación

- Llenar una bureta con una solución de ácido sulfúrico al 0.02 N (1000 ml de agua destilada con 2.8 ml de ácido sulfúrico).
- Colocar 3 gotas de catalizador que contiene una solución de 100 ml de alcohol al 96 % más 100 mg de Methyl Red y 75 mg de Bromocresol Green.
- Dejar caer la solución de ácido sulfúrico en la solución destilada hasta que cambie al color rojo violeta.

c. Fibra Cruda

- Se pesa en la balanza analítica de 1 a 2 g de muestra .
- Se colocó la muestra pesada en el matraz adicionando 200ml de la solución de ácido sulfúrico y se somete a ebullición a 30 minutos con esa normalidad, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.
- Se instala el embudo Buchner con el papel filtro y precalentado con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, se retira el matraz, dejándolo reposar por un minuto y filtrando cuidadosamente usando succión; la filtración se debe realizar en menos de 10 min.
- Se transfiere el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y dejando hervir por 30 min como en el paso 2.
- Se precalienta el crisol de filtración con agua hirviendo y se filtra cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min.
- Se hace un lavado con agua caliente, y se va blanqueando la muestra, se somete al secado con la finalidad de eliminar todo el agua, para que quede la fibra con los minerales. Colocando el crisol en el horno a 105°C por 12 horas.

- Se pesa rápidamente los crisoles con el residuo (teniendo cuidado) y se los coloca en la mufla a 600°C por 1 hora.

Cálculos

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

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\%FC = 100 - ((A - B)/B)$$

3.1.10.2. Incubación in situ

En la quinta experimental Punzará de la Universidad Nacional de Loja se realizó la determinación de las pruebas de digestibilidad in situ de la materia seca, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se utilizó una cantidad de 120 g por cada muestra.
- Se fabricó bolsas con tela chifon de marca madacron, con un tamaño de poro de 45 micras, de 10 x 6 cm de longitud.
- Se elaboró de forma manual cada una de las bolsas a utilizarse, posterior a ello fueron previamente identificadas con un código para no confundirlas.
- Se realizó el pesaje de la bolsa vacía y 5 g de muestra, utilizando dos bolsas con sus respectivos 5 g de muestra, en cada tiempo, dando un total de 24 bolsas para los dos animales por cada muestra.
- Se utilizó cadenas de aproximadamente 0,5 m de longitud y unos 2,5 a 3 cm de espesor, para poder introducir en el rumen las bolsas, y no se nos dificulte mucho al momento de retirar las bolsas para lavar.

- Para la incubación se comenzó de forma inversa con el tiempo de 96 horas (0, 6, 12, 24, 48 y 96 horas), introduciendo las bolsas con la muestra de forma consecutiva según los tiempos. Para determinar el porcentaje de desaparición de la muestra, se evaluó en la 0h, ya que las bolsas, para este tiempo, solo se sumergían en el líquido ruminal.
- Transcurridos los tiempos de incubación, se procedió a extraer y lavar las bolsas con agua corriente fría y caliente, hasta que el agua se vea cristalina, después se las dejó que se escurran, para posteriormente llevarlas a la estufa, quedando listas para realizar los análisis respectivos y la determinación de los coeficientes de digestibilidad y cinética de degradación.

3.1.10.3. Determinación de la cinética de digestión.

La degradación de la materia seca (MS) estuvo sujeta a una ecuación exponencial expuesta por Orskov et al. (1980):

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

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 (degradación máxima, %).

c= Tasa de degradación, %h⁻¹.

t= Tiempo de incubación en el rumen, horas

e = Base de los logaritmos naturales.

$$\% \text{Degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial (g)} - \text{Cantidad residual (g)}}{\text{cantidad inicial (g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.1.10.4. Determinación de energía

El contenido de energía se determinó considerando el coeficiente de digestibilidad de la materia seca del tiempo 48 h, con la siguiente ecuación.

$$\text{EM (M cal/K g de Materia seca)} = \text{DM S} \times 0,04409$$

Donde

EM: Energía metabolizable

DMS: Digestibilidad de materia seca

3.1.11. Análisis Estadístico

Para el análisis de las variables, se realizó un análisis de varianza utilizando en el que las variables fijas fueron la procedencia, la variedad y su interacción; así mismo para obtener la diferencia entre las medias de las variables, se aplicó la prueba de Tukey con una probabilidad del 5 %, aplicando los procedimientos de los modelos lineales Generalized Linear Models (GLM) y Modelo lineal mixto (MIXED).

Los resultados de degradabilidad fueron modelizados utilizando el modelo exponencial propuesto por Orskov et al. (1980), para modelizar se usó el procedimiento NLIM del SAS.

A los parámetros obtenidos del modelo se les realizó un análisis de varianza considerando un modelo mixto, donde las variables fijas fueron la procedencia, la variedad y su interacción y la variable aleatoria fue el animal fistulado.

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS University Edition versión 2018).

4. RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación fueron obtenidos de la investigación, para una mejor comprensión, se los agrupó por cada objetivo.

4.1 ANÁLISIS QUÍMICO

Dentro de este objetivo, se realizó el análisis de materia seca, proteína bruta, cenizas y fibra cruda de las muestras de los rastrojos de maíz; cabe recalcar que los resultados de materia seca fueron obtenidos mediante tal como lo ofrecido, mientras que en cenizas, proteína bruta y fibra cruda se obtuvieron en base seca.

Los resultados de composición química se detallan en el cuadro 4.1; mientras que en la figura 4.1 se muestra la interacción de variedad por procedencia de materia seca.

Cuadro 4.1: Análisis químico con sus medias, separadas en variedad, procedencia e interacción, con error estándar y p-valores de cada una de las variables.

	Materia seca	Proteína bruta	Cenizas	Fibra cruda
Variedad				
DK 7088	81,5 ^a	3,34	5,14	44,3
Criolla	84,2 ^a	3,31	5,14	44,8
Procedencia				
Zapotillo	79,0 ^b	3,06	4,92	45,7
Celica	82,3 ^{ab}	3,50	5,44	43,9
Pindal	87,4 ^a	3,41	5,07	44,1
Variedad x procedencia				
Zapotillo DK 7088	73 ^b	3,24	5,07	44,2
Zapotillo Criolla	85 ^{ab}	2,88	4,76	47,2
Celica DK 7088	83,2 ^{ab}	3,62	5,35	43,8
Celica Criollo	81,4 ^{ab}	3,37	5,53	44
Pindal DK7088	88,3 ^a	3,15	5,00	45
Pindal Criollo	86,4 ^a	3,68	5,14	43,3
Error Estándar				
Variedad	1,51	0,003	0,004	0,007
Procedencia	1,85	0,003	0,005	0,009
Variedad x procedencia	2,62	0,005	0,007	0,013
P-valores				
Variedad	0,23	0,94	1,00	0,63
Procedencia	0,02	0,63	0,77	0,33
Variedad x procedencia	0,03	0,59	0,94	0,22

Las letras que no son iguales indican diferencia significativa ($P < 0,05$)

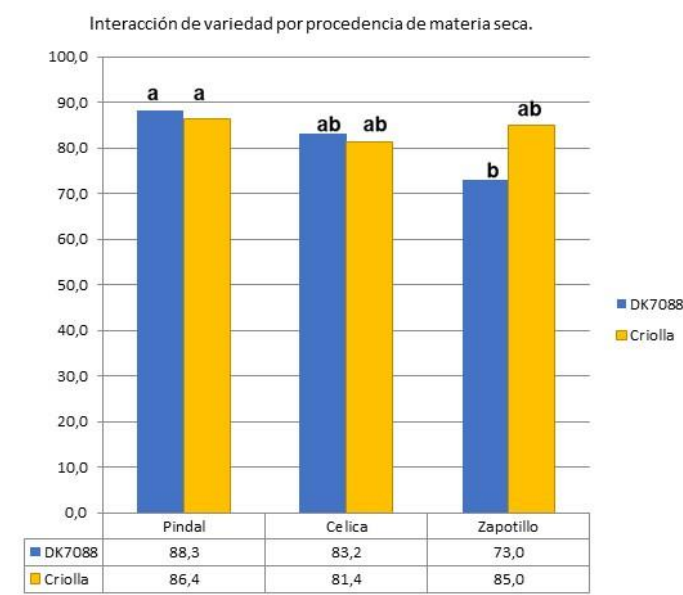


Figura 4.1: Materia seca del rastrojo de maíz tomando en cuenta la variedad y pro- cedencia.

En la composición química de los rastrojos de maíz criollo e híbrido DK7088 de los cantones de Pindal, Celica y Zapotillo, no se presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) en lo que se refiere a PC, CZ y FC; pero en cuanto a MS hubo diferencia significativa en la procedencia ($p = 0,02$), y en la interacción ($p = 0,03$). En el cantón de Pindal se obtuvo una media de 87,4 % y en Celica de 82,3 %; mientras que en Zapotillo se presentó una media de 79 %; tomando en cuenta la variedad por procedencia, existió una variación entre el rastrojo de maíz proveniente de Zapotillo, en la variedad DK7088 con un valor de 73 %, con los rastrojos de maíz proveniente de Pindal de la variedad criolla y DK7088. Esta diferencia de la MS, se dio, por que al momento de realizar la toma de muestra, el rastrojo de maíz no estaba lo suficientemente seco, debido a que en algunas fincas, los productores estaban recién comenzando a cosechar el maíz. En cuanto a proteína bruta se presentó una media general de 3,32 %, encontrándose los porcentajes más elevados en el cantón Céllica en la variedad DK7088 con 3,62 % y en el cantón Pindal en la variedad criolla con

3,68 %; mientras que la muestra con menor porcentaje se encontró en el cantón Zapotillo en la variedad criolla con 2,88 %. En lo referente a cenizas y a fibra cruda, se puede decir, que en cenizas, se presentó una media general de 5,14 %, teniendo el mayor porcentaje en el cantón Celica en la variedad criolla con 5,53 % y el menor valor se presentó en el cantón Zapotillo en la variedad criolla con 4,76 %; mientras que en fibra cruda se obtuvo una media general de 44,5 %, teniendo el mayor porcentaje en el cantón Zapotillo en la variedad criolla con 47,2 % y el menor porcentaje en el cantón Pindal en la variedad criolla con 43,3 %.

4.2 DEGRADACIÓN RUMINAL

Dentro de la determinación de la degradabilidad ruminal, se determinó la digestibilidad in situ de la materia seca (MS), del rastrojo de maíz (criollo y Híbrido DK7088), cuyos resultados de los tiempos de incubación se pueden apreciar en el cuadro 4.2.

En cuanto a la digestibilidad in situ de la materia seca (MS) no se presentó diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) ni por variedad ni por procedencia; presentando solamente una tendencia en la fracción (a) de ($p = 0,06$), en la interacción. Los porcentajes más elevados como era de esperarse, se dieron en los tiempos 48 y 96 h. Comparando los valores de las dos variedades, se identificó que los valores de mayor porcentaje, los obtuvo la variedad criollo; en lo que respecta a la procedencia, en el tiempo 0 y 6 h, fue superior en Pindal con 9,04 % y 12,58 %, mientras que en los tiempos 12, 24, 48 y 96, fue mayor en Celica con 16,04 %, 21,71 %, 28,73 % y 34,26 %.

Cuadro 4.2: Degradabilidad en cada tiempo por variedad, procedencia y variedad * procedencia

Variables	Tiempo de Incubación h					
	0	6	12	24	48	96
Variedad						
DK7088	7,87	11,9	15,3	20,4	26,4	30,7
Criollo	8,20	12,0	15,3	20,5	26,9	32,0
Procedencia						
Zapotillo	6,90	10,8	13,9	18,5	23,6	26,9
Celica	8,17	12,4	16,0	21,7	28,7	34,3
Pindal	9,04	12,6	15,6	20,6	26,9	32,4
Variedad*Procedencia						
Zapotillo DK 7088	5,60	9,61	12,8	17,6	22,6	25,7
Zapotillo Criolla	8,21	11,9	15,0	19,5	24,6	28,0
Celica DK 7088	7,35	11,8	15,6	21,7	29,5	35,9
Celica Criollo	9,00	13,0	16,4	21,5	27,8	32,5
Pindal DK7088	10,7	14,0	16,8	21,1	26,2	29,9
Pindal Criollo	7,40	10,8	13,9	19,0	26,3	33,8

Los resultados de las medias de la cinética de degradación los podemos apreciar en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Cinética de degradación, indicada en cada una de las fracción de los rastrojos de maíz criollo e híbrido DK7088 de los cantones Celica, Pindal y Zapotillo.

Efecto	Fracciones		
	a	b	c
Variedad			
DK 7088	7,87	24,11	0,03
Criolla	8,20	25,70	0,03
Procedencia			
Zapotillo	6,9	20,74	0,03
Celica	8,2	28,13	0,03
Pindal	9,0	25,85	0,02
Variedad x procedencia			
Zapotillo DK 7088	5,6	20,78	0,04
Zapotillo Criolla	8,2	20,70	0,03
Celica DK 7088	7,3	31,20	0,03
Celica Criollo	9,0	25,05	0,03
Pindal DK7088	10,7	20,34	0,03
Pindal Criollo	7,4	31,35	0,02
Error Estándar			
Variedad	0,68	2,109	0,003
Procedencia	0,83	2,583	0,004
Variedad x procedencia	1,17	3,653	0,006
P-valores			
Variedad	0,74	0,60	0,46
Procedencia	0,23	0,16	0,23
Variedad x procedencia	0,06	0,10	0,47

a= intersección de la curva de degradación en el tiempo cero, b= fracción degradada por acción de los microorganismos, c= Tasa de degradación %horas. Error estándar de la media (n = 36)

En cuanto al resultado de la cinética de la degradación ruminal de la materia seca (MS) de los rastrojos de maíz criollo y DK7088, se pudo evidenciar un mayor aumento en la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b), comparada con la fracción soluble (a) y la fracción insoluble o indegradable (c); en la fracción (a), obtuvo los valores más elevados en los cantones de Celica y Pindal con 8,21 % y 9 %; en la fracción (b), se pudo determinar que los rastrojos más degradables se encuentran en Celica en la variedad DK7088 con 31,20 % y en Pindal en la variedad criolla con 31,35 %; en cuanto a la fracción (c), se encontró un ligero aumento de las medias, en las muestras del cantón Zapotillo, siendo mayor en la variedad DK7088.

Para una mejor comprensión de la degradación del rastrojo de maíz en cada uno de los tiempos de incubación (0, 6, 12, 24, 48 y 96 horas), los hemos representado de forma independiente en figuras, describiéndolos por variedad, procedencia y por cada cantón.

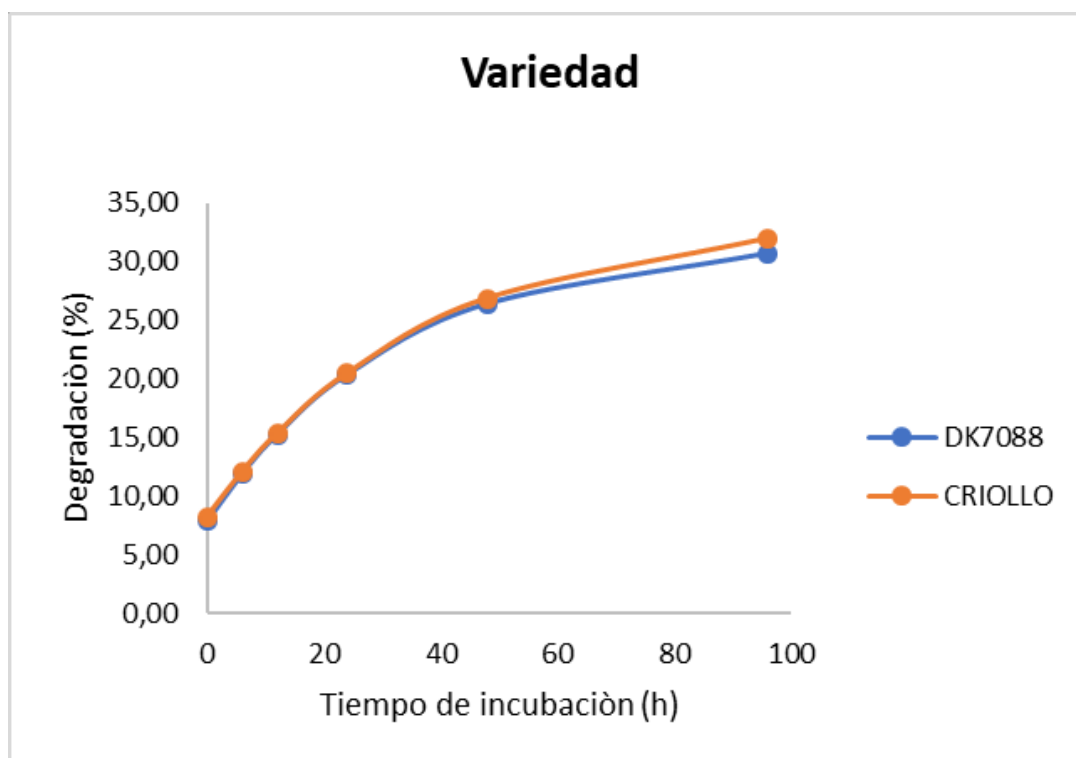


Figura 4.2: Cinética de degradación por Variedad.

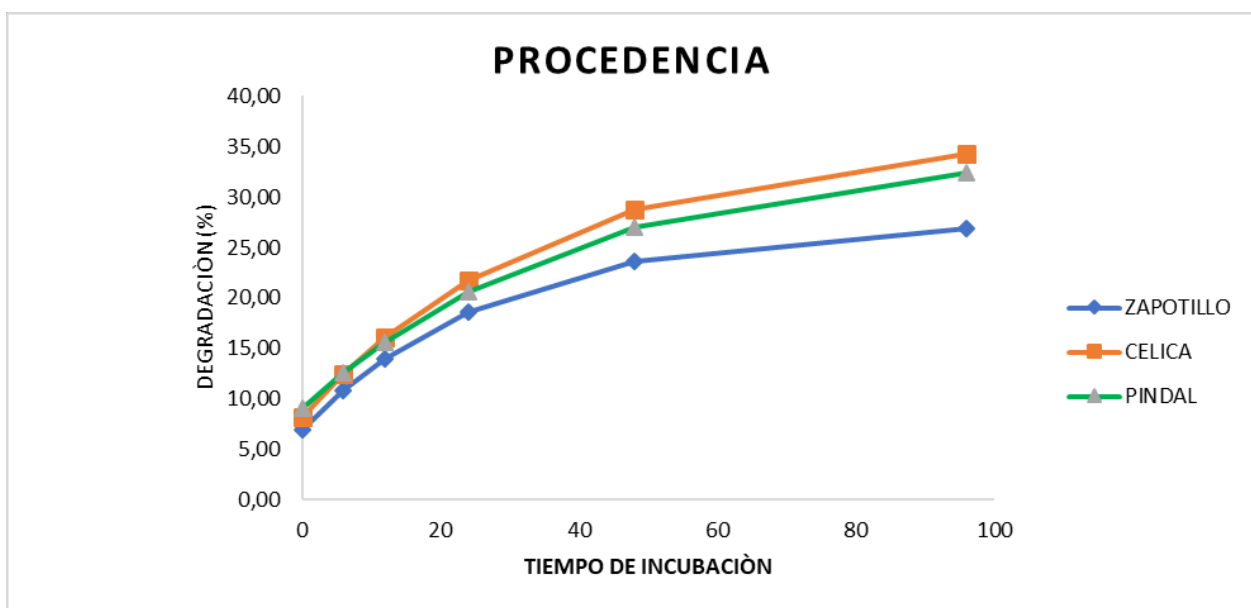


Figura 4.3: Cinética de degradación por Procedencia.

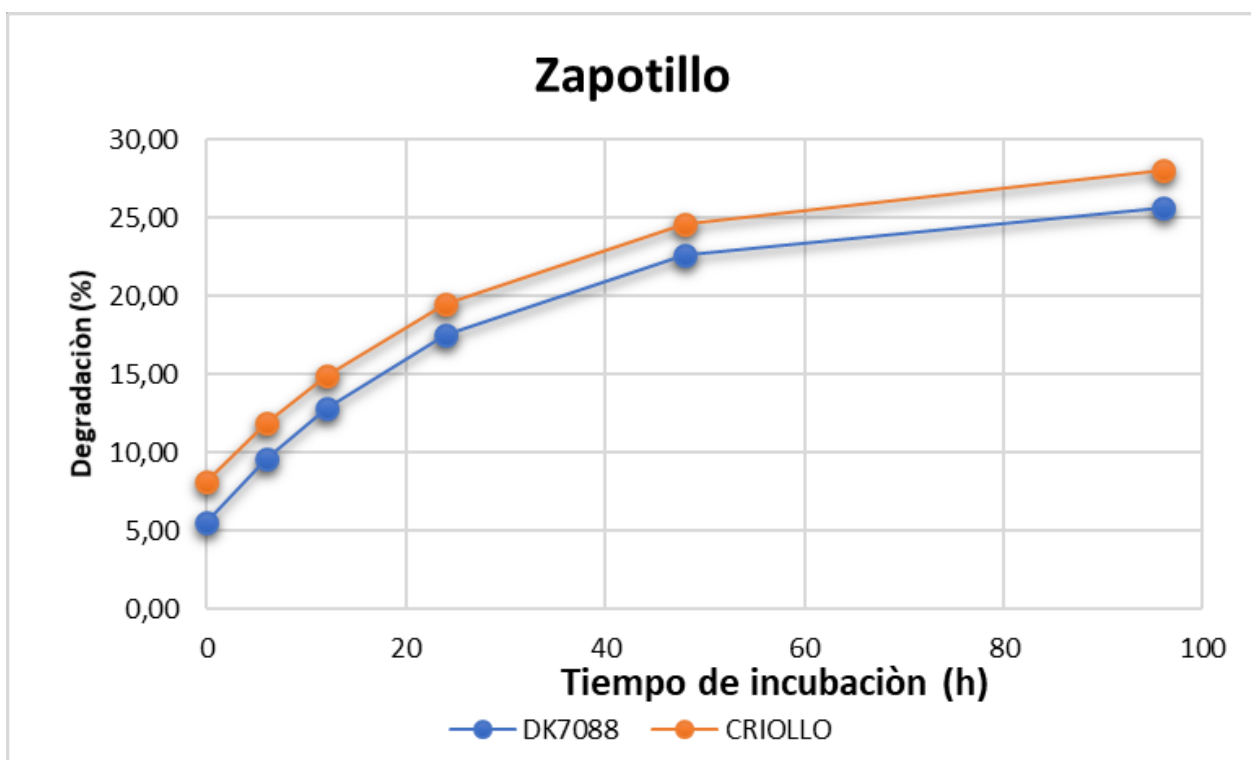


Figura 4.4: Cinética de degradación en el cantón Zapotillo.

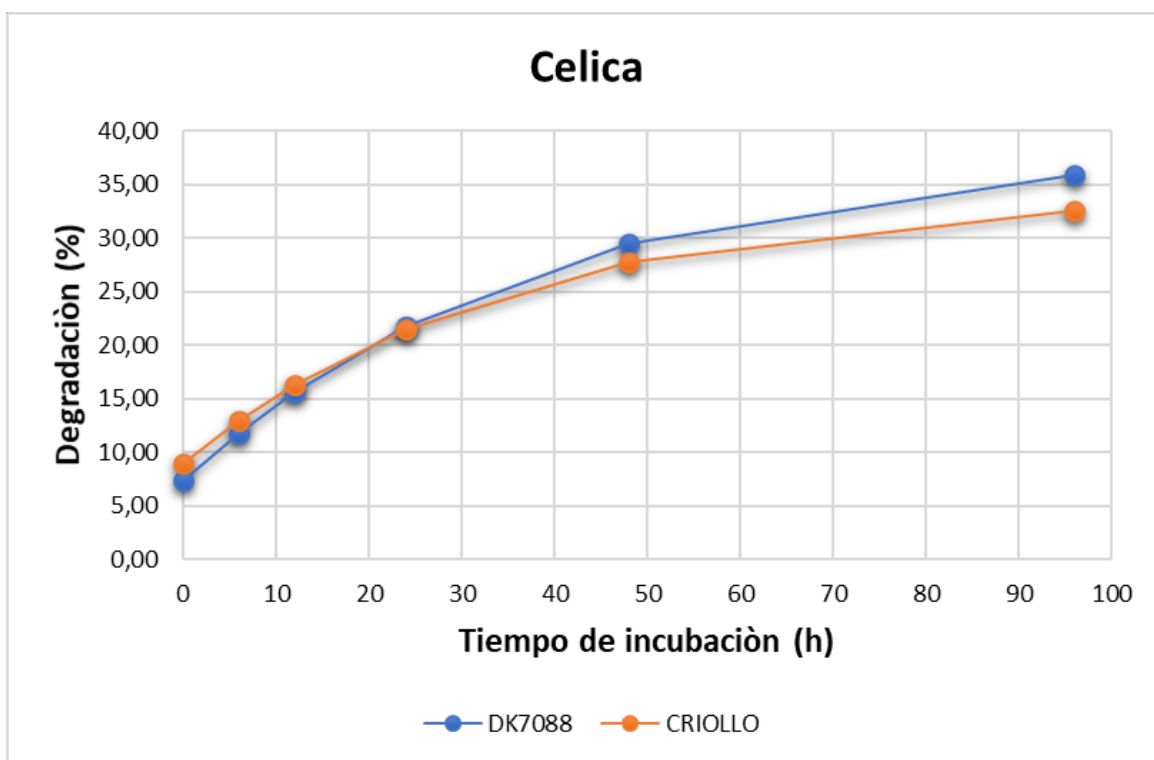


Figura 4.5: Cinética de degradación en el cantón Celica.

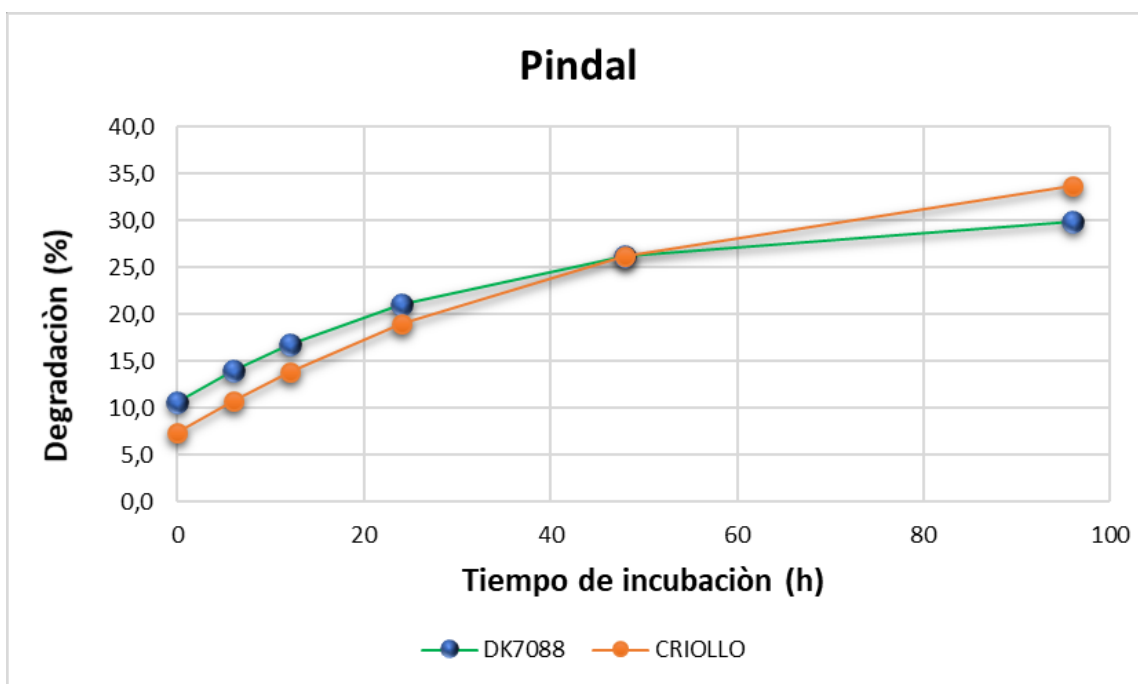


Figura 4.6: Cinética de degradación en el cantón Pindal.

4.3 ENERGÍA METABOLIZABLE

Los resultados de energía metabolizable se obtuvieron en megacalorías (Mcal) por kg de materia seca (kg/MS), cuyos valores se pueden observar en el cuadro 4.4.

En la energía metabolizable de los rastrojos de maíz criollo e híbrido DK7088, se encontró diferencia estadística significativa, en lo que respecta a procedencia ($p=0.0003$), en cuanto a la variedad no se encontró ninguna diferencia significativa ($p=0,34$). En cuanto a la procedencia los valores mas elevados los presentó el rastrojo de maíz proveniente de Celica con una media de 1,29 Mcal/kg de MS; seguido por el cantón Pindal con 1,04 Mcal/kg de MS y finalmente esta Zapotillo con un valor general de 0,97Mcal/Kg de MS; en lo que respecta a la procedencia por variedad, los rastrojo de maíz DK7088 y criollo del cantòn Celica, fueron diferentes a los rastrojos de maíz DK7088 y criollo provenientes de Pindal y Zapotillo, mientras que los rastrojos de maíz de Pindal y Zapotillo fueron similares, encontrándose el valor más bajo de los dos cantones antes mencionados, en el rastrojo de maíz DK7088 del cantón Zapotillo con 0,94Mcal/Kg de MS; se puede decir que la diferencia presentada, entre los rastrojos de maíz DK7088 y criollo de los cantones de Celica con respecto a Pindal y Zapotillo, se dio debido a que los valores de la digestibilidad de la materia seca (DISMS) del tiempo 48 h no fueron homogéneos , los cuales fueron utilizados para determinar la energía metabolizable, teniendo los valores más elevados en el cantón Celica, existiendo poca variación entre sus dos variedades(DK7088 y criollo); mientras que en el cantón Pindal y Zapotillo, se obtuvieron valores inferiores en la DISMS del tiempo 48h comparados con los del cantón Celica, pero comparando los valores de la digestibilidad del tiempo 48h del cantón Pindal con el cantón Zapotillo, hubo una cierta homogeneidad en los porcentajes entre éstos dos cantones; por tal razón, esto también, se vio reflejada al momento de determinar la energía metabolizable.

Cuadro 4.4: Energía metabolizable de los rastrojos de maíz criollo y DK7088, en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo en Mcal/Kg de MS.

	Efecto	Medias
Procedencia	Celica	1,29 ^a
	Pindal	1,04 ^b
	Zapotillo	0,97 ^b
Variedad	Hibrido DK7088	1,12 ^a
	Criollo	1,08 ^a
Procedencia * Variedad	Celica Hibrido DK7088	1,35 ^a
	Celica criollo	1,22 ^a
	Pindal Hibrido DK7088	1,07 ^b
	Pindal Criollo	1,00 ^b
	Zapotillo Hibrido DK7088	0,94 ^b
	Zapotillo Criollo	1,00 ^b
Error Estándar	Procedencia	0,04
	Variedad	0,03
	Procedencia * Variedad	0,06
P-valores	Procedencia	0,0003
	Variedad	0,34
	Procedencia * Variedad	0,30

Los promedios fueron analizados estadísticamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$); Error estándar de la media ($n = 36$)

En la figura 4.7 se puede observar las medias de la energía metabolizable de acuerdo a la interacción .

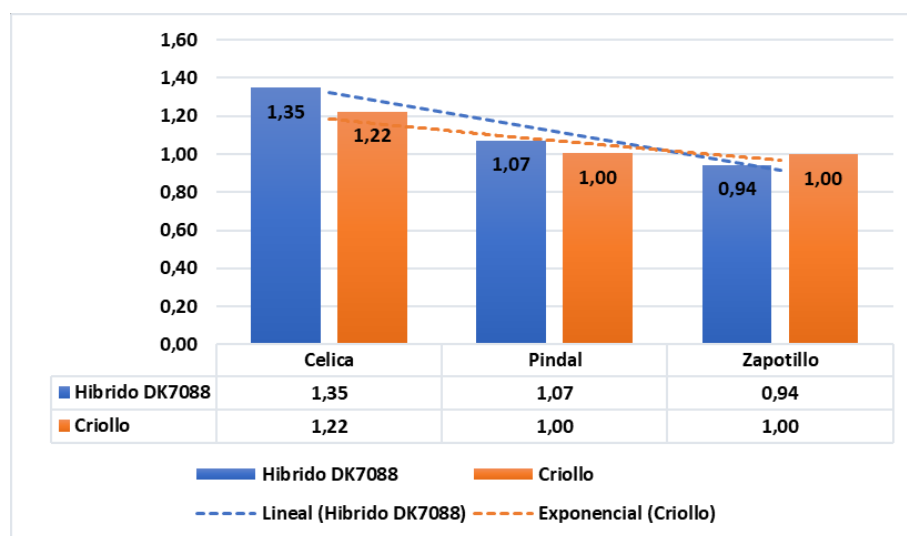


Figura 4.7: Porcentajes de energía metabolizable en Mcal/kg de materia seca de los rastrojos de maíz criollo y DK7088 en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo.

5. DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

Según Montañez-Valdez *et al.* (2015) en su trabajo de investigación, señala que el rastrojo de maíz, posee un 92 % de MS, 4,8 % de PC y 9,4 % de CZ; mientras que Ahumada Cervantes *et al.* (2014) indica que la FC del rastrojo de maíz oscila entre un 30,8 %; sin embargo Calva (2018) manifiesta que encontró valores en el rastrojo de maíz de 71,8 % de MS, 6,93 % de CZ, 5,38 % de PC y 42,1 % de FC; comparando estos datos con los valores del cuadro 4.1, podríamos decir que los datos son similares, teniendo una ligera disminución en MS, PC y Cz comparado con los resultados de Montañez-Valdez *et al.* (2015). Según Fuentes *et al.* (2001) nos manifiesta que el rastrojo de maíz, tiene una media de 95,8 % para MS, 4,9 % de PC y 6,83 % en CZ, siendo estos valores similares a los descritos por Montañez-Valdez *et al.* (2015) y Calva (2018) ; contrastando esta información con este trabajo se puede decir, que en la MS se pudo haberse visto afectada, al momento que se realizó la recolección de la muestra, ya que el rastrojo de las variedades DK7088 y criollo no estaban lo suficientemente secas; debido a las circunstancias del clima de ese momento. En cuanto a la proteína, está influenciada por el tipo de suelo, tipo de fertilización entre otros estudios. Referente a FC, nuestros porcentajes que se encuentran en el cuadro 4.1 son ligeramente elevados a los valores encontrados por Ahumada Cervantes *et al.* (2014) y Calva (2018), este aumento se pudo haber dado, debido a que al momento de la preparación de la muestra para los respectivos análisis, se pudo haber colocado mayor cantidad de tallo que panca y hojas, ya que según Amador y Boschini-Figueroa

(2000) manifiestan que el tallo de maíz posee mayor cantidad de fibra en cuanto a las hojas, cuando la edad de la planta supera los 93 días de edad, teniendo un valor superior de 1 a 5 % dependiendo del estado de madurez de la planta de maíz. En lo concerniente a CZ, se debe a la presencia de minerales que tiene el residuo agrícola, presentando en este trabajo una ligera disminución comparados con los porcentajes de Montañez-Valdez *et al.* (2015), Fuentes *et al.* (2001) y Calva (2018) cuyos valores fueron de 9,4 %, 6,83 % y 6,93 %. Resumiendo, se puede decir que la composición química de los rastrojos de maíz de las variedades DK7088 y criollo tienen cierta similitud, siendo la MS, PC y CZ inferior y la FC superior de forma leve, comparando con los autores antes mencionados. La composición química de un residuo agrícola varía generalmente de acuerdo a la recolección de la muestra, el tipo de suelo donde se realiza el cultivo, altitud del terreno, manejo del cultivo entre otras cosas.

5.2 DEGRADACIÓN RUMINAL

La degradabilidad *in situ* de los rastrojos de maíz criollo e híbrido DK7088 no presentaron diferencia significativa ($p > 0,05$), presentando solamente una tendencia entre las medias. En la variedad híbrida DK7088 y criollo, los porcentajes no superaron al 32 %, siendo un porcentaje bajo comparado con los resultados de otros autores. Según Fuentes *et al.* (2001) determinó en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del rastrojo de maíz un porcentaje de 64,67 %; mientras que Castellanos *et al.* (2017), determinó la DIVMS de la panca de maíz, la cual presentó valores de 59,87 %, 61,43 % y 58,4 % de diferentes procedencias de la provincia de Huaura, Lima (Perú), con un promedio de 59,90 %; estos valores son similares a los descritos por Ruiz (1993) quien determinó 62,9 % de digestibilidad de MS en hojas verdes y 61,8 % de digestibilidad en hojas secas de plantas de maíz al momento de la cosecha para ensilaje; esto quiere decir que la hoja del rastrojo de maíz, tiene un porcentaje más alto comparado a las otras estructuras que conforman el rastrojo. Prado-Martínez *et al.* (2012) establecieron un 78,86 % de hemicelulosa, 43,14 % de celulosa y 23 % de lignina en la hoja de mazorca de maíz, en base seca. Según Basurto Gutiérrez *et al.*

(2012) identificó un valor de 61,32 % de DIVMS del rastrojo de maíz, cuyo trabajo fue realizado en Querétaro, México, en donde además se evaluaron otros residuos agrícolas. Boschini-Figueroa y Amador (2001) manifiestan en su trabajo de degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento, que la degradabilidad potencial de la planta entera fue disminuyendo de 93 a 74 % conforme aumentó la edad durante los primeros 90 días o estados de prefloración.

En este período, la fracción soluble del tallo disminuyó de 40 a 27 %, mientras que en la hoja se mantuvo constante en 15-16 %. La fracción degradable en el tallo disminuyó de 55 a 43 % al ir creciendo la planta, en tanto que en la hoja varió entre 67 y 74 %; la velocidad de degradación del tallo fue superior a 5 %/h hasta los 65 días y en la hoja fue inferior a ese valor. A partir de los 79 días, las hojas mostraron una tasa de degradación por encima de 5 %/h y los tallos presentaron tasas más bajas, mientras que la fracción soluble en la planta entera varía de 21 a 26 %, observándose valores entre 32 y 36 % en la mazorca. La fracción degradable en el tallo y en la hoja disminuyen a los 107 y 121 días, con tasas de degradación de 3,0 a 3,8 %/h. Según Hunt *et al.* (1989) pudo establecer valores de 51,18 %, 47,10 % y 45,91 % de DISMS en el rastrojo de maíz conformado por tallo, panca, en una variedad de maíz híbrido, durante un tiempo de incubación de 24h. Según Ramirez-Lozano (2009) nos dice que conforme se incrementa la madurez de algún forraje, la digestibilidad puede verse afectada por la progresiva lignificación que pueda darse; la presencia de lignina, también puede variar por el tipo de clima, ya que se han encontrado datos de investigaciones en donde en climas fríos, la lignina disminuye, aumentando la digestibilidad, mientras que en climas calientes y tropicales la lignina aumenta, y por ende se ve reducida la digestibilidad. Generalmente la digestibilidad *in vitro* con la *in situ*, puede tener cierta variación, pero las dos tienen la misma finalidad, la cual es conocer la degradación de algún residuo o forraje. Con toda esta información analizada en cuanto a la degradabilidad del rastrojo de maíz criollo y DK7088 proveniente de Celica, Pindal y Zapotillo, podemos decir, que los porcentajes de degradación no son altos, debido a que, en los cantones de Celica, Pindal y Zapotillo en donde se recolectó las muestras de los rastrojos, son climas calientes; por otro lado, cabe recalcar

que al momento de la recolección, se debió haber recogido mayor cantidad de tallo que de panca y hojas, tomando una muestra homogénea entre las dos variedades de los tres cantones, y finalmente se manifiesta, que el tallo, es una fracción más tosca, comparada con las hojas y cáscara que conforman al rastrojo; teniendo por ende, mayor cantidad de lignina; por esta razón los rastrojos de maíz de las variedades criollo y DK7088 presentaron porcentajes de degradabilidad más bajos, comparados a los otros trabajos analizados.

5.3 ENERGÍA METABOLIZABLE

Los valores de energía obtenidos en las dos variedades de rastrojo de maíz, alcanzaron un máximo de 1,35 Mcal/kg de MS y un mínimo de 0,94 Mcal/kg de MS, de forma general tomando en cuenta la variedad y la procedencia. Según Orcasberro et al. (1982) manifiesta es su manuscrito que el rastrojo de maíz posee un promedio de 1,8 Mcal/kg MS; mientras que Laiño et al. (2016) estableció un contenido energético de 1,37 Mcal/kg de MS; estos resultados son similares a los que menciona Hunt et al. (1989), quien determinó la energía metabolizable del residuo postcosecha (tallo, cascara y hojas) de maíz, en comparación con la planta entera de maíz, en diferentes estadios de madurez, tomando en cuenta la línea de leche del grano, la cuál la identificaron según la estructura interna del grano, teniendo tres estadios diferentes, los valores de energía metabolizable obtenidos en este trabajo fueron de 1,12; 1,02 y 0,94 Mcal/kg respectivamente en cada estadio; se aclara que estas muestras de rastrojo de maíz, antes de realizar los análisis, fueron sometidas a 130 grados centígrados por 72 a 96 horas según manifiesta el autor. Comparando y analizando la información, se puede decir que nuestros valores de contenido energético del rastrojo de maíz criollo e híbrido DK7088 provenientes de los cantones Pindal, Celica y Zapotillo tienen cierta similitud con los valores de los trabajos antes mencionados; sin embargo, hay que tener en cuenta, que cada trabajo que presentan cada autor, fue analizado en diferentes medios, con otras variedades de semilla, viéndose afectado por factores externos que se dio en cada rastrojo.

6. CONCLUSIONES

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

- En la composición química del rastrojo de maíz se obtuvo un 82,88 % en materia seca, 3,32 % de proteína bruta, 5,14 % de cenizas y 44,58 % en lo que respecta a fibra cruda.
- La degradabilidad in situ del rastrojo de maíz a las 48h fue de 26,16 %, teniendo una cinética de degradación, en la fracción soluble (a) de 8,03 %, y la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) fue de 24,90 %.
- En el contenido energético del rastrojo de maíz fue de 1,09 Mcal/kg de MS.

7. RECOMENDACIONES

Del presente trabajo realizado, se ha planteado las siguientes recomendaciones.

- Realizar estudios de formulación de raciones en ganado, utilizando el rastrojo de maíz criollo e híbrido DK7088 provenientes de los cantones Celica, Pindal y Zapotillo, para poder determinar que efecto causa en el animal.
- Dar a conocer estos resultados, a los ganaderos que se encuentran en la parte Sur de la provincia de Loja, para que puedan utilizar este residuo, ya que éste se encuentra en gran cantidad en estos sectores de nuestra provincia.
- Se debe continuar realizando trabajos de investigación del rastrojo de maíz criollo e híbrido DK7088, pero separando cada sección del residuo, como el tallo, hojas, panca y panoja, esto con el fin de obtener información más exacta sobre este residuo agrícola.

8. BIBLIOGRAFÍA

Ahumada Cervantes, R., Velázquez Angulo, G., Flores Tavizòn, E., and Romero González, J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. *Investigación y ciencia*, 22(61).

Alcantara, Leon, W. (2017). Manejo de la fertilización de maíz (*zea mays l.*) en el valle santa catalina.

Aldrich, S. R. y Leng, E. R. (1974). Producción moderna del maíz. Technical report, Hemisferio Sur Buenos Aires.

Alvarez Mena, P. A. (2016). Análisis económico de la política implementada en la cadena productiva del maíz amarillo duro en el ecuador, período 2010-2015. B.S. tesis, PUCE.

Amador, A. L. y Boschini-Figueroa, C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía mesoamericana*, 11(1):171–177.

Angulo, R., Noguera, R., y Berdugo, J. (2005). El búfalo de agua (*bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal. *Livestock Research for Rural Development*, 17(6):67–71.

Arellano Vicente, I., Pinto Ruiz, R., Guevara Hernández, F., Reyes Muro, L., Hernández Sánchez, D., y Ley de Coss, A. (2016). Caracterización del uso directo del rastrojo de maíz (*Zea mays L.*) por bovinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5):1117–1129.

Arrieche, I. y Mora, O. (2005). Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*, 17(3):155–159.

Bach, A. y Calsamiglia, S. (2006). La fibra en los rumiantes: ¿química o física? XXII curso de especialización FEDNA. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

Basurto Gutiérrez, R., Escamilla Martínez, A., Moya Vega, S., Ramírez Rodríguez, E., y Becerra, J. (2012). Composición química, digestibilidad y cinética ruminal de la digestión de residuos agrícolas tratados con explosión de vapor. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(4):407–424.

Bondi, A. (1989). *Nutrición animal*. Acribia.

Boschini-Figueroa, C. and Amador, A. L. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía mesoamericana*, 12(1):89–93.

Calsamiglia, S. (1997). Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDN, Madrid.

Calva, C. A. (2018). Amonificación de rastrojo de maíz (*zea mays*) con dos leguminosas zarandaja (*dolichos lablab*) y frijol canavalia (*canavalia ensiformis*). B.S. tesis, Loja.

Cañar, C. y Bolívar, D. (2016). Valor nutricional de cinco plantas forrajeras nativas de la amazonia sur del ecuador. B.S. tesis, Loja: Universidad Nacional de Loja.

Cantero, P. A. (2012). Sara Llakta: el libro del maíz. MIES.

Church, D. (1993). *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Wageningen: Wageningen Centre for Development Innovation.

Cordero Rojas, F. K. (2017). Estrategias de mercadeo y comercialización de maíz (zea mays l.) en el cantón espíndola, provincia de Loja. B.S. thesis, Loja.

Elizondo, J. and Boschini, C. (2003). Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos.

Escobar, A. and Parra, R. (1981). Uso de los residuos agrícolas fibrosos (raf) en la alimentación animal. Informe Anual Instituto de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela: Maracay pp71-78.

Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez-Herrera, S. A., and de la Rosa, B. O. (2001). Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (zea mays l.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2):189–192.

Gómez Brenes, R. A., Bendaña, G., González, J. M., Braham, J. E., and Bressani, R. (1985). Relación entre los niveles de inclusión de pulpa de café y contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Venezuela)* v. 35 (3) p. 422-437.

Guaranda, L. and Wladimir, C. (2016). Composición química y digestibilidad in situ de las cáscaras de banano (musa paradisiaca), frejol gandul (cajanus cajan), y maíz (zea mays) colonizados con hongos (pleurotus sp). B.S. thesis, Quevedo: UTEQ.

- Hernández, J. A. S. (2009). El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
- Hervera, M., Baucells, M., Blanch, F., and Castrillo, C. (2007). Prediction of digestible energy content of extruded dog food by in vitro analyses. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 91(5-6):205–209.
- Hunt, C., Kezar, W., and Vinande, R. (1989). Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *Journal of Production Agriculture*, 2(4):357–361.
- Jarrige, R. (1981). Alimentación de los ruminantes: principios de nutrición y alimentación de los ruminantes. Mundi-Prensa.
- Jiménez Briceño, L. E. (2016). Efecto de omisión de cinco nutrientes en el cultivo de avena (avena sativa), para la producción de biomasa. B.S. thesis, Quito: UCE.
- Laiño, A. S., Navarrete, E. T., Véliz, K. E., Burgos, J. V., Torres, J. S., and Vélez, N. S. (2016). Valoración nutritiva del rastrojo de *zea mays* y *oryza sativa* para la alimentación de ovinos en el trópico ecuatoriano. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(3):235–249.
- Lee, S., Ha, J., and Cheng, K.-J. (2000). Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9):3807–3813.
- Lozano, R. G. R. (2017). Principios De Nutrición De Rumiantes. Palibrio.
- Luchsinger, A. and Camilo, F. (2008). Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. *Idesia (Arica)*, 26(3):21–29.
- Malca, O., Lucas, A., Arbaiza, F., Carcelén, C., San Martín, H., et al. (2006). Comparación de dos técnicas para determinar la digestibilidad proteica de insumos y alimentos comerciales para caninos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 17(2):96–103.

- McDonald, P. (1999). *Nutrición animal*. Acribia.
- Menke, K., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1):217-222.
- Montañez-Valdez, O. D., Avellaneda-Cevallos, J., Guerra-Medina, C. E., Reyes-Gutiérrez, J. A., Peña-Galeas, M. M., Casonova-Ferrín, L., et al. (2015). Chemical composition and ruminal disappearance of maize stover treated with pleurotus djamor. *Life Sci J*, 12(2s):55-60.
- Nocek, J., Herbein, J., and Polan, C. (1983). Total amino acid release rates of soluble and insoluble protein fractions of concentrate feedstuffs by streptomyces griseus1. *Journal of Dairy Science*, 66(8):1663-1667.
- Orcasberro, R., Fernández, R., et al. (1982). Los forrajes en la alimentación de ovinos. Technical report.
- Orskov, E., Hovell, F., and Mould, F. (1980). Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos [digestión, rumen]. *Producción animal tropical*, 5(3):213-233.
- Ortega, Y. (2015). Vicisitudes y perspectivas de la producción de maíz duro en la revitalización económica de los productores del cantón pindal. Master's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Ortiz, S. d. A. (2006). Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del estado de hidalgo.
- Osorio, B. G. and Coronel, T. G. D. (2008). Análisis económico y producción del maíz (zea mays l.) asociado con mucuna (stizolobium aterrimum) en siembra directa y dos sistemas de fertilización nitrogenada. *Ciencia y Tecnología*, 1(1):37-41.

- Paucar, Cabascango y Angélica, R. (2011). Evaluación del comportamiento agronómico de cinco híbridos triples promisorios de maíz amarillo duro (*zea mays*. l) y tres híbridos comerciales en la época lluviosa en la zona de quevedo y balzar.
- Pond, W., Church, D., and Pond, K. (2002). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa.
- Posada, J. O. S. (2005). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Universidad de Antioquia.
- Posada, S. L., Solano, R. N., Rodríguez, N. M., and Costa, A. (2012). Comparación de métodos para la determinación del valor energético de alimentos para rumiantes. *Revista MVZ Córdoba*, 17(3):3184–3192.
- Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra-Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J. d. J., and Rentería-Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y bosques*, 18(3):37–51.
- Ramirez-Lozano, R. G. (2009). Nutrición de rumiantes: sistemas extensivos. Technical report.
- Rosero Noguera, J. R. and Posada Ochoa, S. L. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes.
- Ruiz, I. (1993). Características nutritivas de hojas verdes y secas de maíz destinado a ensilaje. *Agric. Téc.(Chile)*, 53:356–358.
- Ruiz, M. (1990). Nutrición de rumiantes. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ruiz, M., Pezo, D., and Martinez, L. (1980). El uso del camote (*ipomoea batatas* (l.))(lam) en la alimentación animal, 1: Aspectos agronómicos.:[the use of sweet potato (*ipomoea batatas* (l.))(lam) on animal feeding, 1: Agronomic aspects]. *Producción Animal Tropical (R. Dominicana)(México)*..(, 5(2):157–165.

- Ruiz-Sesma, D. L., Lara-Lara, P. E., Sierra-Vázquez, Á. C., Aguilar-Urquiza, E., Magaña-Magaña, M. A., and Sanginés-García, J. R. (2006). Evaluación nutritiva y productiva de ovinos alimentados con heno de hibiscus rosa-sinensis. *Zootecnia Tropical*, 24(4):467-482.
- Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., and Meschy, F. (2006). Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *PRODUCTIONS ANIMALES-PARIS-INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE-*, 19(2):69.
- Udén, P. and Van Soest, P. J. (1984). Investigations of the in situ bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *Journal of Animal Science*, 58(1):213-221.
- Vega, B. and José, M. (2012). Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola. B.S. thesis, QUITO/PUCE/2012.
- Villanueva Rengifo, B. E. (2017). Determinación del valor nutritivo y energético de las hojas de morera (*morus alba*) y eritrina (*erythrina sp*) para cuyes.
- Vivanco Luzuriaga, F. F. (2016). Estudio de digestibilidad in vitro de cuatro raciones a base de pulpa de café fermentada, para la alimentación de ovinos. B.S. thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Yescas Yescas, R., Bárcena Gama, R., Mendoza Martínez, G. D., González Muñoz, S. S., Cobos Peralta, M., and Ortega Cerrilla, M. E. (2004). Digestibilidad in situ de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 38(1)

ANEXOS

Anexo I: Fotografías del trabajo de campo



Figura 1: Recolección del rastrojo de maíz .



Figura 2: Pesaje de los 1000 g del rastrojo de maíz.

Anexo II: Fotografías del análisis de la composición química



Figura 3: Cortado y preparación de la muestra .



Figura 4: Colocación del rastrojo de maíz en bolsas de papel, para colocarlo en la estufa.



Figura 5: Pesaje de crisoles en la balanza analítica



Figura 6: Determinación de proteína en el Kenjidal

Anexo III: Fotografías de la digestibilidad in situ



Figura 7: Realización de pruebas de digestibilidad, en borrego fistulado.



Figura 8: Deshidratación de las bolsas con rastrojo de maíz en la estufa

Anexo IV: Ejemplos de salidas de Análisis estadístico

Procedimiento GLM		
Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
PROCEDENCIA	3	CELICA Pindal Zapotillo
VARIEDAD	2	CRIOLLO DK7088

Número de observaciones leídas	18
Número de observaciones usadas	18

Procedimiento GLM					
Dependent Variable: MS MS					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	5	437.7530278	87.5506056	4.25	0.0186
Error	12	246.9862000	20.5821833		
Total corregido	17	684.7392278			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	MS Mean
0.639299	5.473485	4.536759	82.88611

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
PROCEDENCIA	2	213.7473778	106.8736889	5.19	0.0237
VARIEDAD	1	33.1026722	33.1026722	1.61	0.2288
PROCEDENCIA*VARIEDAD	2	190.9029778	95.4514889	4.64	0.0322

Figura 9: Salida del SAS de materia seca, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.

Procedimiento GLM
Dependent Variable: PB PB

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	5	0.00013447	0.00002689	0.42	0.8292
Error	12	0.00077675	0.00006473		
Total corregido	17	0.00091122			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	PB Mean
0.147570	24.20496	0.008045	0.033239

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
PROCEDENCIA	2	0.00006327	0.00003163	0.49	0.6251
VARIEDAD	1	0.00000035	0.00000035	0.01	0.9428
PROCEDENCIA*VARIEDAD	2	0.00007085	0.00003543	0.55	0.5923

Figura 10: Salida del SAS de proteína, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.

Procedimiento GLM
Dependent Variable: CZ CZ

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	5	0.00010772	0.00002154	0.13	0.9814
Error	12	0.00193339	0.00016112		
Total corregido	17	0.00204110			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	CZ Mean
0.052775	24.68680	0.012693	0.051417

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
PROCEDENCIA	2	0.00008626	0.00004313	0.27	0.7696
VARIEDAD	1	0.00000000	0.00000000	0.00	0.9985
PROCEDENCIA*VARIEDAD	2	0.00002145	0.00001073	0.07	0.9359

Figura 11: Salida del SAS de cenizas, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.

Procedimiento GLM
Dependent Variable: FC FC

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	5	0.00299404	0.00059881	1.23	0.3543
Error	12	0.00584749	0.00048729		
Total corregido	17	0.00884154			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	FC Mean
0.338634	4.951575	0.022075	0.445811

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
PROCEDENCIA	2	0.00117350	0.00058675	1.20	0.3338
VARIEDAD	1	0.00011756	0.00011756	0.24	0.6322
PROCEDENCIA*VARIEDAD	2	0.00170299	0.00085150	1.75	0.2158

Figura 12: Salida del SAS de la fibra cruda, utilizando el procedimiento GLM, con sus pre-valores.

Nivel de PROCEDENCIA	Nivel de VARIEDAD	N	MS	
			Media	Std Dev
CELICA	CRIOLLO	3	81.3700000	5.02683797
CELICA	DK7088	3	83.2333333	1.38044679
Pindal	CRIOLLO	3	<u>86.4066667</u>	3.79399965
Pindal	DK7088	3	<u>88.3300000</u>	0.36715120
Zapotillo	CRIOLLO	3	<u>84.9500000</u>	4.04916041
Zapotillo	DK7088	3	73.0266667	8.08662064

Procedimiento GLM
Medias de mínimos cuadrados
Ajuste para comparaciones múltiples: Tukey

PROCEDENCIA	VARIEDAD	LSMEAN MS	Número LSMEAN
CELICA	CRIOLLO	81.3700000	1
CELICA	DK7088	83.2333333	2
Pindal	CRIOLLO	<u>86.4066667</u>	3
Pindal	DK7088	<u>88.3300000</u>	4
Zapotillo	CRIOLLO	<u>84.9500000</u>	5
Zapotillo	DK7088	73.0266667	6

Medias de cuadrados mínimos para el efecto PROCEDENCIA*VARIEDAD
Pr > |t| para H0: MediaL.S(i)=MediaL.Sn(j)

Variable dependiente: MS						
i/j	1	2	3	4	5	6
1		0.9951	0.7486	0.4574	0.9201	0.2837
2	0.9951		0.9500	0.7399	0.9966	0.1341
3	0.7486	0.9500		0.9943	0.9985	0.0327
4	0.4574	0.7399	0.9943		0.9359	0.0136
5	0.9201	0.9966	0.9985	0.9359		0.0632
6	0.2837	0.1341	0.0327	0.0136	0.0632	

Figura 13: Comparación de medias de la materia seca con respecto a los valores de p, utilizando la prueba de tukey.

Procedimiento Mixed

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

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
Procedencia	3	Celica Pindal Zapotillo
Variedad	2	Crotto Híbrida
Muestra	18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Dimensiones	
Parámetro de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	18
Asuntos	1
Obs máx por Tema	36

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	36
Número de observaciones usadas	36
Número de observaciones no usadas	0

Historial de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Ree Log Like	Criterio
0	1	150.29033774	
1	1	149.18332705	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Param Cov	Estimación
Muest(Proced*Varied)	1.7312
Reidual	4.7466

Estadísticas de ajuste	
Verosimilitud -2 Ree Log	149.2
AIC (Mejor más pequeño)	153.2
AICC (Mejor más pequeño)	153.6

Figura 14: Salida del SAS en la fracción a, utilizando el procedimiento MIXED.

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	b
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
Procedencia	3	Celica Pindal Zapotillo
Variedad	2	Criollo Híbrido
Muestra	18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	18
Asuntos	1
Obs máx por Tema	36

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	36
Número de observaciones usadas	36
Número de observaciones no usadas	0

Historial de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	227.37296976	
1	1	227.37296976	0.00000000

Criteria de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Parm Cov	Estimación
Muest(Proced*Varied)	0
Residual	80.0676

Estadísticas de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	227.4
AIC (Mejor más pequeño)	229.4
AICC (Mejor más pequeño)	229.5
BIC (Mejor más pequeño)	230.3

Figura 15: Salida del SAS en la fracción b, utilizando el procedimiento MIXED.

Conjunto de datos	WORK.IMPORT
Variable dependiente	c
Estructura de covarianza	Componentes de varianzas
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
Procedencia	3	Celica Pindal Zapotillo
Variedad	2	Criollo Híbrido
Muestra	18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	18
Asuntos	1
Obs máx por Tema	36

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	36
Número de observaciones usadas	36
Número de observaciones no usadas	0

Historial de iteración			
Iteración	Evaluaciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	-162.35208921	
1	1	-162.35208921	0.00000000

Criteria de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Param Cov	Estimación
Muest(Proced*Varied)	0
Residual	0.000183

Estadísticas de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	-162.4
AIC (Mejor más pequeño)	-160.4
AICC (Mejor más pequeño)	-160.2
BIC (Mejor más pequeño)	-159.5

Figura 16: Salida del SAS en la fracción c, utilizando el procedimiento MIXED.

Procedimiento Mixed

Información del modelo	
Conjunto de datos	WORKIMPORT
Variable dependiente	Energia
Estructura de covarianza	Componentes de varianzas
Método de estimación	REML
Método de varianzas del residual	Parti
Método de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Corrección

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
Procedencia	3	Delica Pindal Zapotillo
Variedad	3	HibridoDK7089 MasoCriollo
Código	18	5607 5608 5609 5610 5611 5612 5613 5614 5615 5616 5617 5618 5619 5620 5621 5622 5623 5624

Dimensiones	
Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	18
Auxmax	1
Che más por Tema	36

Número de observaciones	
Número de observaciones leídas	36
Número de observaciones usadas	36
Número de observaciones no usadas	0

Historial de iteración			
Iteración	Converciones	-2 Res Log Like	Criterio
0	1	-22.87007940	
1	1	-22.87007940	0.00000000

Criterio de convergencia cumplido.

Estimaciones del parámetro de covarianza	
Param Cov	Estimación
Codig(Proced*Variedad)	0
Residual	0.01980

Estadísticas de ajuste	
Verosimilitud -2 Res Log	-22.1
AIC (Mejor más pequeño)	-20.1
AICC (Mejor más pequeño)	-19.9
BIC (Mejor más pequeño)	-19.2

Tasa de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
Procedencia	3	12	18.89	0.0003
Variedad	1	12	0.86	0.3484
Procedencia*Variedad	2	12	1.21	0.3049

Figura 17: Salida del SAS, en el análisis de energía, utilizando el procedimiento mixed para medias repetidas.

Test de tipo 3 de efectos fijos				
Efecto	DF Num	Den DF	Valor F	Pr > F
Procedencia	2	12	16.92	0.0003
Variedad	1	12	0.95	0.3484
Procedencia*Variedad	2	12	1.31	0.3049

Medias de mínimos cuadrados							
Efecto	Procedencia	Variedad	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
Procedencia	Celica		1.2865	0.04042	12	31.83	<.0001
Procedencia	Pindal		1.0372	0.04042	12	25.66	<.0001
Procedencia	Zapotillo		0.9713	0.04042	12	24.03	<.0001
Variedad		HibridoDk7089	1.1211	0.03300	12	33.97	<.0001
Variedad		MaizCriollo	1.0756	0.03300	12	32.59	<.0001
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	1.3494	0.05716	12	23.61	<.0001
Procedencia*Variedad	Celica	MaizCriollo	1.2236	0.05716	12	21.41	<.0001
Procedencia*Variedad	Pindal	HibridoDk7089	1.0708	0.05716	12	18.73	<.0001
Procedencia*Variedad	Pindal	MaizCriollo	1.0038	0.05716	12	17.56	<.0001
Procedencia*Variedad	Zapotillo	HibridoDk7089	0.9434	0.05716	12	16.51	<.0001
Procedencia*Variedad	Zapotillo	MaizCriollo	0.9993	0.05716	12	17.48	<.0001

Diferencias de medias de mínimos cuadrados									
Efecto	Procedencia	Variedad	Procedencia	Variedad	Estimación	Error estándar	DF	t valor	Pr > t
Procedencia	Celica		Pindal		0.2493	0.05716	12	4.36	0.0009
Procedencia	Celica		Zapotillo		0.3152	0.05716	12	5.51	0.0001
Procedencia	Pindal		Zapotillo		0.06566	0.05716	12	1.15	0.2717
Variedad		HibridoDk7089		MaizCriollo	0.04554	0.04667	12	0.98	0.3484
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	Celica	MaizCriollo	0.1257	0.08083	12	1.56	0.1458
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	Pindal	HibridoDk7089	0.2788	0.08083	12	3.45	0.0048
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	Pindal	MaizCriollo	0.3456	0.08083	12	4.27	0.0011
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	Zapotillo	HibridoDk7089	0.4060	0.08083	12	5.02	0.0003
Procedencia*Variedad	Celica	HibridoDk7089	Zapotillo	MaizCriollo	0.3501	0.08083	12	4.33	0.0010
Procedencia*Variedad	Celica	MaizCriollo	Pindal	HibridoDk7089	0.1531	0.08083	12	1.89	0.0827
Procedencia*Variedad	Celica	MaizCriollo	Pindal	MaizCriollo	0.2196	0.08083	12	2.72	0.0186
Procedencia*Variedad	Celica	MaizCriollo	Zapotillo	HibridoDk7089	0.2802	0.08083	12	3.47	0.0047
Procedencia*Variedad	Celica	MaizCriollo	Zapotillo	MaizCriollo	0.2244	0.08083	12	2.78	0.0168
Procedencia*Variedad	Pindal	HibridoDk7089	Pindal	MaizCriollo	0.06877	0.08083	12	0.83	0.4249
Procedencia*Variedad	Pindal	HibridoDk7089	Zapotillo	HibridoDk7089	0.1272	0.08083	12	1.57	0.1416
Procedencia*Variedad	Pindal	HibridoDk7089	Zapotillo	MaizCriollo	0.07130	0.08083	12	0.88	0.3951
Procedencia*Variedad	Pindal	MaizCriollo	Zapotillo	HibridoDk7089	0.06041	0.08083	12	0.75	0.4693
Procedencia*Variedad	Pindal	MaizCriollo	Zapotillo	MaizCriollo	0.004537	0.08083	12	0.06	0.9562
Procedencia*Variedad	Zapotillo	HibridoDk7089	Zapotillo	MaizCriollo	-0.05567	0.08083	12	-0.69	0.5026

Figura 18: Comparación de medias de energía con respecto a los valores de p, utilizando la prueba de tukey.

Cuadro 1: Valores ordenados de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MS, previo a introducirlos en el SAS.

Procedencia	Variedad	Muestra	Animal	a	b	c
Celica	Híbrido Dk	1	Hembra	6,3995	40,1077	0,0216
Celica	Híbrido Dk	1	Macho	4,7463	26,5821	0,0381
Celica	Criollo	2	Hembra	6,6599	34,5954	0,0275
Celica	Criollo	2	Macho	8,7018	21,635	0,0309
Celica	Híbrido Dk	3	Hembra	8,053	34,0635	0,0239
Celica	Híbrido Dk	3	Macho	3,3033	34,0034	0,0249
Celica	Criollo	4	Hembra	2,5044	38,6148	0,0252
Celica	Criollo	4	Macho	11,0034	18,066	0,0317
Celica	Híbrido Dk	5	Hembra	9,0847	33,8865	0,016
Celica	Híbrido Dk	5	Macho	12,49	18,5787	0,0299
Celica	Criollo	6	Hembra	13,603	19,0078	0,0311
Celica	Criollo	6	Macho	11,5309	18,3895	0,0273
Zapotillo	Híbrido Dk	7	Hembra	3,4064	18,6199	0,0468
Zapotillo	Híbrido Dk	7	Macho	3,7684	14,4836	0,0392
Zapotillo	Criollo	8	Hembra	6,1672	28,2105	0,0204
Zapotillo	Criollo	8	Macho	10,1754	11,93	0,0692
Zapotillo	Híbrido Dk	9	Hembra	6,1058	16,6384	0,0407
Zapotillo	Híbrido Dk	9	Macho	5,2626	22,2425	0,036
Zapotillo	Criollo	10	Hembra	8,276	25,644	0,0159
Zapotillo	Criollo	10	Macho	9,0698	18,3173	0,0303
Zapotillo	Híbrido Dk	11	Hembra	7,3881	36,2	0,00952
Zapotillo	Híbrido Dk	11	Macho	7,6528	16,515	0,0422
Zapotillo	Criollo	12	Hembra	6,1208	22,766	0,0301
Zapotillo	Criollo	12	Macho	9,4369	17,3585	0,0312
Pindal	Híbrido Dk	13	Hembra	10,3403	25,7018	0,0175
Pindal	Híbrido Dk	13	Macho	14,0437	15,2615	0,0292
Pindal	Criollo	14	Hembra	7,2466	37,474	0,013
Pindal	Criollo	14	Macho	7,1403	15,3038	0,0467
Pindal	Híbrido Dk	15	⁹³ Hembra	8,7255	15,874	0,0543
Pindal	Híbrido Dk	15	Macho	10,331	30,8103	0,0108

Procedencia	Variiedad	Muestra	Animal	a	b	c
Pindal	Criollo	16	Hembra	6,9722	31,9532	0,0144
Pindal	Criollo	16	Macho	8,2024	29,6398	0,0155
Pindal	Hibrido Dk	17	Hembra	9,1271	20,7661	0,0204
Pindal	Hibrido Dk	17	Macho	11,4876	13,6364	0,0475
Pindal	Criollo	18	Hembra	6,8576	54,4159	0,00722
Pindal	Criollo	18	Macho	7,9971	19,3346	0,0186