



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Extensión Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA Y GESTIÓN DE PROYECTOS

Tesis de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERA AGROPECUARIA, MENCIÓN EN PRODUCCIÓN PECUARIA

**VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CON BRAQUIARIAS Y LEGUMINOSAS
FORRAJERAS TROPICALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR 2013.**

Estudiante:
DIANA GABRIELA BALSECA GUZMÁN

Directora de Tesis:
EUGENIA GUADALUPE CIENFUEGOS RIVAS; Ph.D.

Santo Domingo– Ecuador
SEPTIEMBRE, 2013

**VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CON BRAQUIARIAS Y LEGUMINOSAS
FORRAJERAS TROPICALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR 2013.**

Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas; Ph.D.

DIRECTORA DE TESIS

APROBADO

Dr. Mario Augusto Fernández Morales

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Enrri Jaramillo Arciniega

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Holger Salcán Guamán

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingode.....del 2013.

Autora DIANA GABRIELA BALSECA GUZMÁN

Institución UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Título de Tesis VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CON BRAQUIARIAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR 2013.

Fecha Septiembre, 2013

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad de la autora.

Diana Gabriela Balseca Guzmán

C.I. 1721455697

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Extensión Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo,..... de..... del 2013.

Dr. Mario Augusto Fernández Morales

COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Estimado Doctor,

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por la señorita: **DIANA GABRIELA BALSECA GUZMÁN** cuyo tema de tesis es **“VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CON BRAQUIARIAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS TROPICALES EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR 2013”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,

Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas; Ph.D.

DIRECTORA DE TESIS

Dedicatoria

A Dios quien me ha dado sabiduría y está conmigo en cada paso que doy, cuidándome y guiándome.

Esta tesis va dedicado desde lo más profundo de mí ser a mis padres, abuelos, tíos y primos quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar de mi inteligencia y capacidad.

Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo como a mi vida.

Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría. Y que obtiene la inteligencia. Ella es árbol de vida a los que de ella echan mano, y bienaventurados son las que la retienen. Prov. 3: 13,18.

Diana Gabriela Balseca Guzmán.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a dios por la vida, que me ha concedido por su misericordia y por sus bendiciones ya que sin él no habría logrado mis objetivos.

Agradezco a mis padres por todo su apoyo, incondicional, a mis abuelos que siempre han estado a mi lado con sus sabios consejos y a mis tíos gracias porque siempre estuvieron ahí animándome a seguir adelante en todo momento.

Quiero agradecer a mi directora de tesis Dr. Eugenia Cienfuegos por su esfuerzo, dedicación, conocimientos y con su paciencia fue posible culminar esta tesis, a mis maestros por compartir sus enseñanzas y experiencias, durante mi etapa estudiantil como profesional en este centro educativo y a mis compañeros y buenos amigos por los momentos compartidos.

Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros es Cristo Jesús. 1 Ts. 5:18.

Diana Gabriela Balseca Guzmán.

ÍNDICE

Contenido	Página
Portada.....	i
Hoja de sustentación y aprobación del tribunal.....	ii
Hoja de responsabilidad del autor.....	iii
Informe de aprobación del director de tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xix
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivo general.....	3
1.3 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 Hipótesis alternativa (Ha).....	3
1.4.2 Hipótesis nula (Ho).....	3
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Los forrajes en la nutrición de rumiantes.....	4
2.2 Importancia de la fibra en la alimentación de rumiantes.....	4
2.3 Las gramíneas en el trópico.....	5
2.4 Valor nutritivo de los forrajes.....	6
2.5 El valor nutritivo de las <i>Brachiarias</i>	6
2.5.1 <i>Brachiaria decumbens</i> stapf.....	7
2.5.2 <i>Bachiaría híbrido</i> cv. Mulato II.....	8
2.5.3 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú.....	9

2.5.4	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Xaraés.....	11
2.5.5	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatá.....	11
2.6	Las leguminosas en la nutrición animal.....	12
2.7	El uso de leguminosas para mejorar la calidad del forraje consumido.....	13
2.8	Tipos de leguminosas.....	14
2.8.1	<i>Cajanus cajan</i> Gandul.....	14
2.8.2	<i>Centrosema pubescens</i>	16
2.9	Digestibilidad.....	16
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS.....		
3.1	Ubicación geográfica.....	21
3.1.1	Localización del experimento.....	21
3.1.2	Material experimental.....	21
3.1.3	Factores en estudio.....	22
3.2	VARIABLES A MEDIR.....	23
3.2.1	Digestibilidad.....	23
3.2.2	Análisis proximal.....	23
3.2.3	Van Soest	24
3.3	Diseño experimental.....	24
3.4	Descripción de las variables.....	25
3.4.1	Digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca (DISMS).....	25
3.4.2	Análisis proximal.....	26
3.4.3	Van Soest.....	28
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		
4.1	Efecto de variedad.....	30
4.2	Efecto de porcentaje de inclusión y tipo de leguminosa.....	38
4.3	Efecto de interacción variedad por porcentaje de inclusión.....	47
CAPÍTULO V		

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1 Conclusiones.....	56
5.2 Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	
ANEXO 1. Análisis de Varianza y prueba de Tukey.....	65
ANEXO 2. Estadística descriptiva.....	74
ANEXO 3. Descripción de técnicas utilizadas en Digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca, análisis proximal y Van Soest.....	84
ANEXO 4. Fotos.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Porcentaje de digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca entre variedades de <i>Brachiaria</i>	30
Figura 2. Porcentaje de materia seca entre variedades de <i>Brachiaria</i>	31
Figura 3. Porcentaje de ceniza entre variedades de <i>Brachiaria</i>	32
Figura 4. Porcentaje de extracto etéreo entre variedades de <i>Brachiaria</i>	33
Figura 5. Porcentaje de fibra cruda entre variedades de <i>Brachiaria</i>	33
Figura 6. Porcentaje de proteína cruda entre variedades de <i>Brachiaria</i>	34
Figura 7. Porcentaje de fibra detergente neutro entre variedades de <i>Brachiaria</i>	35
Figura 8. Porcentaje de fibra detergente ácido entre variedades de <i>Brachiaria</i>	36
Figura 9. Porcentaje de lignina detergente neutro entre variedades de <i>Brachiaria</i>	36
Figura 10. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la Digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	39
Figura 11. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la materia seca; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	40
Figura 12. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la ceniza; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	40
Figura 13. Efecto de porcentaje de inclusión sobre el extracto etéreo; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	41
Figura 14. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra cruda; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	42
Figura 15. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la proteína cruda; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	43
Figura 16. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra detergente neutro; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	44
Figura 17. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra detergente ácida; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	45
Figura 18. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la lignina detergente ácido; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	46

Título	Página
Figura 19. Porcentaje de digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca (DISMS) en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	48
Figura 20. Porcentaje de materia seca en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	49
Figura 21. Porcentaje de ceniza en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	50
Figura 22. Porcentaje de extracto etéreo en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	51
Figura 23. Porcentaje de fibra cruda en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	51
Figura 24. Porcentaje de proteína cruda en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	52
Figura 25. Porcentaje de fibra detergente neutro en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	53
Figura 26. Porcentaje de fibra detergente ácido en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	53
Figura 27. Porcentaje de lignina detergente ácido en dietas compuestas por <i>Brachiaria</i> mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Composición química de gramíneas y leguminosas.....	7
Cuadro 2. Composición química y digestibilidad <i>In situ</i> del pasto <i>Brachiaria decumbens</i> en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado <i>et al.</i> , 2005).....	8
Cuadro 3. Composición química del pasto híbrido mulato en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado <i>et al.</i> , 2004).....	9
Cuadro 4. Composición química y digestibilidad <i>In situ</i> del pasto <i>brachiaria brizantha marandú</i> en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado <i>et al.</i> , 2005).....	10
Cuadro 5. Composición química (g/100 g) y digestibilidad <i>In situ</i> (DISMS, %) del material comestible (hojas, tallos y vainas) en 1997 (adaptado Martínez <i>et al.</i> , 2002).....	15
Cuadro 6. Composición química (g/100 g) y digestibilidad <i>In situ</i> (DISMS, %) del material comestible (hojas, tallos y vainas) en 1998 (adaptado Martínez <i>et al.</i> , 2002).....	15
Cuadro 7. Combinaciones entre porcentajes de <i>Brachiaria</i> y leguminosa para formar las dietas experimentales.....	23

ANEXO 1

Análisis de Varianza y prueba de Tukey

Título	Página
Cuadro A1.1. Análisis de varianza para digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca (DISMS).....	65
Cuadro A1.2. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca (DISMS).....	65
Cuadro A1.3. Análisis de varianza para materia seca (MS).....	66
Cuadro A1.4. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la materia seca (MS).....	66
Cuadro A1.5. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la materia seca (MS).....	66
Cuadro A1.6. Análisis de varianza para ceniza (C).....	67
Cuadro A1.7. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la ceniza (C).....	67
Cuadro A1.8. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la ceniza (C).....	67
Cuadro A1.9. Análisis de variancia para extracto etéreo (EE).....	68
Cuadro A1.10. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre el extracto etéreo (EE).....	68
Cuadro A1.11. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre el extracto etéreo (EE).....	68
Cuadro A1.12. Análisis de variancia para fibra cruda (FC).....	69
Cuadro A1.13. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra cruda (FC).....	69
Cuadro A1.14. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra cruda (FC).....	69
Cuadro A1.15. Análisis de variancia para proteína cruda (PC).....	70
Cuadro A1.16. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la proteína cruda (PC).....	70
Cuadro A1.17. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la proteína cruda (PC).....	70
Cuadro A1.18. Análisis de variancia para fibra detergente neutra (FDN).....	71
Cuadro A1.19. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra detergente neutro (FDN).....	71
Cuadro A1.20. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra detergente neutro (FDN).....	71
Cuadro A1.21. Análisis de variancia para fibra detergente ácido (FDA).....	72

Cuadro A1.22. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra detergente ácido (FDA).....	72
Cuadro A1.23. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra detergente ácido (FDA).....	72
Cuadro A1.24. Análisis de variancia para lignina detergente ácido (LDA).....	73
Cuadro A1.25. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la lignina detergente ácido (LDA).....	73
Cuadro A1.26. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la lignina detergente ácido (LDA).....	73

ANEXO 2

Estadística descriptiva

Título	Página
Cuadro A2.1. Estadística descriptiva para las variables en estudio por variedad del género <i>Brachiaria</i>	74
Cuadro A2.2. Estadística descriptiva para DISMS por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	75
Cuadro A2.3. Estadística descriptiva para materia seca por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	76
Cuadro A2.4. Estadística descriptiva para ceniza por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	77
Cuadro A2.5. Estadística descriptiva para extracto etéreo por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	78
Cuadro A2.6. Estadística descriptiva para por variedad fibra cruda y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	79
Cuadro A2.7. Estadística descriptiva para proteína cruda por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	80
Cuadro A2.8. Estadística descriptiva para fibra detergente neutro por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	81
Cuadro A2.9. Estadística descriptiva para fibra detergente ácido por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	82
Cuadro A2.10. Estadística descriptiva para lignina detergente ácido por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género <i>Brachiaria</i>	83

ANEXO 3

Descripción de técnicas utilizadas en Digestibilidad *In situ* de la materia seca, análisis proximal y Van Soest

Título	Página
Técnica A3.1. Determinación de la Digestibilidad <i>In situ</i> de la materia seca.....	84
Técnica A3.2. Determinación de cenizas.....	87
Técnica A3.3. Determinación de extracto etéreo.....	90
Técnica A3.4. Determinación de humedad higroscópica.....	94
Técnica A3.5. Determinación de proteína cruda.....	96
Técnica A3.6. Determinación de fibra cruda.....	100
Técnica A3.7. Determinación de fibra detergente neutro (FDN) Método ANKOM.....	104
Técnica A3.8. Determinación de fibra detergente ácido (FDA) Método ANKOM.....	108
Técnica A3.9. Determinación de lignina detergente ácido (LDA) método ANKOM.....	112

ANEXO 4

Fotos

Título	Página
Foto A4.1. Animal canulado y bolsas de dacrón con muestra de dietas experimentales.....	115
Foto A4.2. a. Introducción b. Extracción luego de 48 h c. Lavado de las muestras con residuos d. Colocación de muestras en el cooler para ser trasladadas al laboratorio e. Incubación f. Secado de muestras.....	115
Foto A4.3. a. Ebullición de la muestra con ácido sulfúrico b. digestión con hidróxido de potasio c. titulación con ácido clorhídrico 0, 1 n d. cambio de color.....	116
Foto A4.4. Pesado de las muestras, colocación en las bolsas de filtro nylon y sellado.....	116
Foto A4.5. a. Bolsas sumergidas en acetona b. introducción de muestras en el contenedor ANKOM c. secado de muestras.....	117

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de evaluar el valor nutritivo de dietas con cinco variedades de *Brachiarias* (*B. decumbens* stapf, *B. brizantha* Marandú, *B. híbrido* Mulato II, *B. brizantha* Piatá y *B. brizantha* Xaraés) combinadas con diferentes porcentajes de inclusión (0, 10 y 15 %) de dos especies de leguminosas forrajeras tropicales (*Centrosema pubescens* y *Cajanus cajan*, ECV22) para la alimentación de ovinos de pelo. Las muestras fueron colectadas en la granja experimental "EL OASIS" de la Universidad Tecnológica Equinoccial a una edad de rebrote para *Brachiarias* de 42 d y para leguminosas de 150 d en época seca. Los análisis proximal y de Van Soest se realizaron en el laboratorio de bromatología y nutrición animal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), la digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS) se evaluó en tres vacas Holstein (560±23 kg) con cánula ruminal. Las variables del proximal y Van Soest fueron analizadas con un modelo completamente al azar y para la variable DISMS con un diseño de bloques al azar. Se encontraron diferencias ($P < 0,05$) entre variedades para DISMS con los porcentajes más altos para las cv Decumbens y Marandú (63,9 y 63,2 %). La dieta con 10 % de Gandul tuvieron porcentajes de PC, FDN y FDA de 8,7; 70,7 y 47,6 % respectivamente en promedio para todas las variedades de *Brachiarias*. Se encontró que las dietas con *B. decumbens* y *B. Mulato II* más el 10 % de Gandul fueron las mejores en términos de PC, FDN, FDA y DISMS (9,3; 70,5; 46,4 y 64,1 % y 8,6; 69,9; 50,3 y 63,5 % respectivamente para cada variedad). Se puede concluir que en términos de valor nutritivo la dieta de la cv Xaraés más 10 % Gandul fue la mejor, sin embargo, las dietas compuestas por la cv Marandú y Mulato II combinadas con 15 % de Gandul también pueden ser una opción para la alimentación de rumiantes en el trópico húmedo del Ecuador.

Palabras claves: Digestibilidad, gramíneas, leguminosas, valor nutritivo.

EXECUTIVE SUMMARY

This research was conducted in order to evaluate the nutritional value of diets with five varieties of *Brachiaria* (*B. decumbens* Stapf, *B. brizantha* Marandú, *B. híbrido* Mulato II, *B. brizantha* Piatá and *B. brizantha* Xaraés) combined with different inclusion rates (0, 10 and 15 %) from two tropical forage legume species (*Centrosema pubescens* y *Cajanus cajan*, ECV22) for feed of hair sheep. Samples were collected at the experimental farm "THE OASIS" property of the Universidad Tecnológica Equinoccial, with 42 d of regrowth for *Brachiarias* and 150 d for legumes in the dry season. The proximate analysis and Van Soest were performed in the laboratory of food science and animal nutrition of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), the *In situ* digestibility of dry matter (DISMS) was assessed in three Holstein cows (560 ± 23 kg) with ruminal cannula. The proximal and Van Soest variables were analyzed with a complete randomized design and for the variable DISMS a randomized block design was used. Significant differences (P< 0.05) between varieties were found for DISMS with the highest percentage for the cv Decumbens and Marandú (63.9 and 63.2 %). The diet with 10 % Gandul had percentages of PC, FDN y FDA (8.7, 70.7 and 47.6 % respectively) on average for all *Brachiarias*. It was found that diets with *B. decumbens* and *B. Mulato II* plus 10 % of Gandul were the best in terms of PC, FDN y FDA and DISMS (9.3, 70.5, 46.4 and 64.1 % and 8.6, 69.9, 50.3 and 63.5 % respectively for each variety). It can be concluded that in terms of nutritional value, the diet plus 10 % Gandul with cv Xaraés was the best, however, the diets with Mulato II and Marandú combined with 15 % Gandul could be also an option for ruminants nutrition in the humid tropics of Ecuador.

Keywords: Digestibility, grasses, legumes, nutritional value.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los sistemas de producción extensivos e intensivos que se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales las gramíneas constituyen el principal y más económico alimento de los rumiantes (vacunos y ovejas) que son la fuente principal de proteína animal para la población humana (Rearte, 2002; Cuadrado *et al.*, 2003; Zárate *et al.*, 2012).

En condiciones tropicales la base de la alimentación animal son las pasturas naturales o cultivadas (Minson, 1990). En el Ecuador, la biodiversidad de plantas forrajeras que se tiene permite desarrollar programas de manejo de pasturas con diferentes especies de gramíneas y leguminosas. Sin embargo, la eficiencia de su utilización está sujeta al conocimiento no solo de los requerimientos nutricionales que tienen los animales sino que también de la biología de las plantas forrajeras, el contenido de nutrientes, el consumo y la digestibilidad del material (Lachmann y Febres, 1999).

La capacidad de los pastos de cubrir las exigencias nutritivas de los animales para el mantenimiento, crecimiento y reproducción es lo que se conoce como valor nutritivo o nutricional de la planta. En términos generales, el valor nutritivo de las especies forrajeras es el resultado de la ocurrencia de factores intrínsecos de la planta como son la composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente (Pirela, 2005).

Para comparar el valor nutritivo de los alimentos desde el punto de vista de la necesidad de los rumiantes y determinar si se cubren los requerimientos nutricionales de los animales es necesario realizar estimaciones de evaluación nutritiva de acuerdo al concepto de digestibilidad (capacidad de un nutriente de

ser asimilado por un animal). Lo anterior debido a que no todo el alimento que se consume es asimilado por el organismo, parte de este es eliminado principalmente por heces, representando esto la mayor pérdida nutricional en el proceso de utilización energética o digestión incompleta (San Miguel, 2006; Rodríguez *et al.*, 2007).

Las braquiarias son gramíneas que pueden ser utilizadas para la alimentación animal y de su calidad nutricional dependerá la eficiencia productiva del sistema de producción (Faría, 2006). El valor nutritivo de las especies forrajeras es fundamental en las regiones tropicales de Latinoamérica ya que las condiciones ambientales de estrés calórico e hídrico tienen un efecto negativo en los niveles de fibra y proteína de las plantas y por consecuencia se afecta la eficiencia de la digestión y la productividad de los animales (Cáceres y Gonzáles, 2000). De igual forma otros factores como el rebrote, crecimiento y manejo del pastoreo entre otros pueden provocar cambios significativos en los componentes solubles y estructurales y en la digestibilidad de las plantas forrajeras (Bircham y Hodgson, 1983; Van Soest, 1994).

El asociar a las gramíneas con las leguminosas en el manejo del pastoreo puede incrementar el valor nutritivo del forraje consumido por el animal. Algunos de los beneficios de incorporar leguminosas en las pasturas son que, 1) poseen la propiedad de mejorar el contenido de N del suelo a través de la fijación de este desde la atmósfera, 2) pueden fijar hasta 500 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, 3) realizan un rápido recambio del fósforo e 5) incrementan la actividad biológica del suelo controlando así la severa erosión de los suelos tropicales, además de que las leguminosas forrajeras tienen un alto valor nutritivo y algunas especies están disponibles durante la temporada de sequía, época en que los pastos reducen en un 75 % su producción de forraje (Holmann y Lascano, 1998).

Estas plantas tienen como atributo principal desde el punto de vista de forraje para la alimentación del ganado, altos contenidos de proteína (14 al 28 %) y bajos contenidos de fibra (menores al 40 %) lo que permite un mayor consumo

voluntario y digestibilidad obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche de hasta un 50 % o más que cuando se alimenta a los animales con solo gramíneas (Lascano y Avila, 1991).

1.2 Objetivo general

- Evaluar el valor nutritivo de dietas con cinco variedades de *Brachiarias* combinadas con diferentes porcentajes de inclusión de dos especies de leguminosas forrajeras tropicales para la alimentación de ovinos de pelo.

1.3 Objetivos específicos

- Determinar el valor nutritivo de cinco variedades de *Brachiarias* sin inclusión de leguminosa para la alimentación de ovinos de pelo.
- Determinar el efecto de la inclusión de dos especies y niveles de leguminosa sobre la “Digestibilidad *In situ*” de cinco variedades de *Brachiarias* para la alimentación de ovinos de pelo.
- Estimar el valor nutritivo de dietas con cinco variedades de *Brachiarias* combinadas con diferentes porcentajes de inclusión de dos especies de leguminosas para la alimentación de ovinos de pelo.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis alternativa (Ha)

- El porcentaje de inclusión y tipo de leguminosas en la dieta animal con cinco variedades de *Brachiarias* afecta el valor nutritivo de los pastos.

1.4.2 Hipótesis nula (Ho)

El porcentaje de inclusión y tipo de leguminosas en la dieta animal con cinco variedades de *Brachiarias* no afecta el valor nutritivo de los pastos.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los forrajes en la nutrición de rumiantes

Los rumiantes son animales adaptados a consumir alimentos relativamente altos en fibra. La habilidad que tienen para convertir la fibra en la proteína animal necesaria para alimentar a la humanidad los ubica en una posición única en la economía mundial (Van Soest, 1994). Esto es posible gracias a que los microorganismos de su estómago o rumen sintetizan y secretan un complejo enzimático de β -1-4 celulasa que permite la hidrólisis de las paredes celulares de los forrajes facilitando así su asimilación (Varga y Kolver, 1997).

En la nutrición animal se deben tener en cuenta cuatro aspectos importantes como: los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, la digestibilidad y la cantidad de alimento consumido por el animal (Mejía, 2002).

Por ejemplo, aun cuando las gramíneas forrajeras proveen más del 90 % de la energía que los animales requieren para mantenimiento y producción (Wilkins, 2000), la conversión de estos alimentos fibrosos a carne o leche no es muy eficiente, debido a que solamente entre el 10 al 35 % del consumo de energía es capturada como energía neta, porque del 20 al 70 % de la celulosa no puede ser digerida por el animal (Varga y Kolver, 1997). Lo que lleva a concluir que el alto contenido de fibra que se ha reportado en los forrajes tropicales afecta negativamente a la digestibilidad y limita la productividad animal en el trópico (Barahona y Sánchez, 2005).

2.2 Importancia de la fibra en la alimentación de rumiantes

La fibra o pared celular es esencial en la alimentación de los rumiantes porque al estimular el masticado y la rumia, se mantiene la motilidad y funcionalidad

del rumen. La fibra o pared celular, está constituida por celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y sílica, promueve la secreción de saliva y sustancias tampón, las cuales estabilizan el pH del rumen. Asimismo, la pared celular, favorece la fermentación microbiana en el rumen necesaria para la síntesis de ácidos grasos volátiles que constituyen la principal fuente de energía para el rumiante (Cruz y Sánchez, 2000).

El contenido de fibra en la dieta se asocia con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea. Además, la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de energía que pueda aportar una ración (Weiss, 1993).

2.3 Las gramíneas en el trópico

Las gramíneas representan uno de los grupos vegetales más diversos en el mundo, ocupan el tercer lugar en cuanto a número de géneros y el quinto a nivel específico. La familia Gramineae o Poaceae incluye 702 géneros y 9 675 especies (Dávila y Sánchez, 1996).

Las gramíneas que crecen en el trópico son de un valor nutritivo más bajo que las que crecen en las regiones templadas, debido a que tienen contenidos más bajos de CNE (Carbohidratos no estructurales o solubles) y un alto contenido de CE (Carbohidratos estructurales) o sea pared celular (Trujillo y Uriarte, 2012).

Lo anterior porque las gramíneas tropicales crecen y maduran rápidamente disminuyendo su valor nutritivo por el incremento de la lignificación de la pared celular y la rápida actividad metabólica que decrece los contenidos celulares y la digestibilidad (Van Soest, 1994).

2.4 Valor nutritivo de los forrajes

La calidad de un pasto se define con base en el rendimiento del animal, el cual está determinado por la cantidad de nutrientes ingeridos (consumo), su digestibilidad y la eficiencia con que se usan estos nutrientes. El valor nutricional puede ser expresado en términos de la digestibilidad, el consumo y la eficiencia con que los nutrientes son utilizados por el animal (Carulla *et al.*, 2004).

Las especies forrajeras a su vez, se ven afectadas por factores genéticos (*i.e.* género y variedad) y ambientales (*i.e.* manejo, clima y suelo entre otras), los cuales interactúan entre sí afectando el crecimiento, la calidad y productividad de las pasturas (Vega Espinosa *et al.*, 2006)

2.5 El valor nutritivo de las *Brachiarias*

Las *Brachiarias* son plantas forrajeras ampliamente conocidas y utilizadas en América tropical ya que poseen excelentes cualidades forrajeras que les permiten mejorar sustancialmente los índices productivos de los sistemas de producción (Faría, 2006).

Las *Brachiarias* tienen características favorables para adaptarse y producir en las más difíciles condiciones ambientales y en los más variados sistemas de explotación o manejo. Hay una amplia cantidad de variedades o genotipos de *Brachiarias* que pueden tolerar mejor el pastoreo, diferentes niveles de humedad ambiental y del suelo, niveles de acidez y/o salinidad y con un valor nutritivo aceptable si les compara con las leguminosas (Chávez, 2008) como se observa en el **Cuadro 1**. Entre las diferentes especies y variedades de *Brachiaria*, se han reportado aquellas que tienen tallos erectos, procumbentes y decumbentes estoloníferos (Machado, 1998) lo que les permite adaptarse a diferentes ambientes.

Cuadro 1. Composición química de gramíneas y leguminosas (Trujillo y Uriarte, 2012).

Porcentaje en base seca	Gramíneas	Leguminosas
Materia Seca	25,1	26,8
Proteína Cruda	14,6	22,6
Fibra Detergente Neutro	54,9	45,7
Lignina Detergente Neutro	2,88	8,5

2.5.1 *Brachiaria decumbens* stapf

– Descripción general

La variedad *B. decumbens* es una gramínea perenne de hábito de crecimiento decumbente, amacollado, produce bastante masa verde y puede alcanzar hasta un metro de altura; sus hojas miden entre 20 y 40 cm de largo, están recubiertas por pelos finos y cortos y llegan a medir 40 cm de largo y 2 cm de ancho, presentan bordes duros y ásperos. Estas son de color verde oscuro, principalmente en el primer año, debido al alto contenido de clorofila. La inflorescencia es en forma de panícula racemosa, de 25 a 47 cm de longitud; está formada de dos a cinco racimos de 4 a 10 cm de largo. Las espículas son oblongo - elípticas, gruesas, de 3 a 4 mm de largo, alineadas en filas dobles y con pedúnculo corto. Esta variedad de *Brachiaria* soporta baja fertilidad y elevados contenidos de aluminio, resiste el pisoteo y a la sequía, aun cuando se adapta bien a las áreas tropicales húmedas no soporta el encharcamiento y es muy susceptible al “salivazo” (Guiot, 2001).

– Valor nutritivo

El valor nutritivo de la cv *Decumbens* (**Cuadro 2**) varía de acuerdo a la época del año, como ha sido reportado por Vega *et al.* (2006) quienes concluyeron que el valor nutritivo en término del porcentaje de proteína y digestibilidad fueron mayores en la época seca con respecto a la lluviosa, encontrando para

la época seca valores de 8,37 % para la proteína y 62,60 % la digestibilidad y para la época de lluvia la proteína fue de 7,89 % y la digestibilidad 57,20 %.

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad *In situ* del pasto *Brachiaria decumbens* en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado et al., 2005)

Composición	Época	Porcentaje
Proteína Cruda	Lluvia	15,4
	Sequía	9,2
Fibra Detergente Neutro	Lluvia	61,4
	Sequía	69,8
Fibra Detergente Ácido	Lluvia	23,6
	Sequía	34,1
DISMS [†]	Lluvia	65,7
	Sequía	62,5

[†] DISMS = Digestibilidad *In situ* de la materia seca

2.5.2 *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II

– Descripción general

El *Brachiaria híbrido* cv. Mulato se ha destacado por una buena adaptación a un amplio rango de localidades, tiene una elevada producción de forraje, alta calidad y facilidad de establecimiento por semilla y se ha reportado que es susceptible al salivazo. Este cultivar se desarrolla en regiones húmedas y subhúmedas es de crecimiento decumbente, estolonífera y cespitoso. Se adapta a suelos bien drenados de mediana fertilidad con pH > 4,5, precipitaciones superiores a 1 000 mm año⁻¹, elevaciones hasta 180 msnm y topografía plana a ondulada, siendo resistente a sequías prolongadas (Argel et al., 2007).

– Valor nutricional

La calidad nutritiva del cv Mulato II es muy alta y diferente de acuerdo a la época del año (**Cuadro 3**), con un valor de proteína cruda que oscila entre 12 y 15 %, una digestibilidad de 55 a 62 %. Produce 25 % más de materia seca que otras *Brachiarias* como *B. decumbens* y *B. brizantha* (Peters *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Composición química del pasto *B. híbrido* Mulato II en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado *et al.*, 2004).

Composición	Época	Porcentaje
Materia Seca	Lluvia	24,2
	Sequía	28,5
Fibra Detergente Neutro	Lluvia	62,5
	Sequía	64,4
Fibra Detergente Ácido	Lluvia	40,1
	Sequía	43,2
Cenizas	Lluvia	11,1
	Sequía	9,2
Lignina	Lluvia	5,3
	Sequía	8,6

2.5.3 *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

– Descripción general

Especie forrajera perenne originaria de África tropical, su crecimiento es erecto y suberecto, las hojas son largas y altamente palatales que miden de 15 a 40 cm de longitud y de 6 a 15 cm de ancho, con una altura de 1 a 1,5 m. Presenta rizomas cortos de 30 a 40 cm de largo que están cubiertos de escamas de color amarillo brillante, los nudos de los tallos son prominentes, glabros y poco radicantes cuando están en contacto con el suelo. Se adapta a distintos tipos de suelo, tanto de texturas arenosas como pesadas y con alta capacidad de

retención de humedad, como así también a suelos con pH ácido, es altamente tolerante al salivazo (chicharrita de los pastos) y compite hábilmente con las malezas hasta erradicarlas y tiene la capacidad de crecer en condiciones de sombra (Nawecha, 2013).

– **Valor nutritivo**

La *Brachiaria* Marandú contiene un alto valor nutricional dependiendo de la época del año en que se cultive (**Cuadro 4**), se ha reportado como muy palatable para los bovinos y ovinos tropicales, tiene un 13 % de proteína cruda y la digestibilidad promedio del forraje producido por esta especie es de 66 %, con un rango que puede variar entre 56 y 75 %, dependiendo de la edad del rebrote y época del año (Nawecha, 2013).

Cuadro 4. Composición química y digestibilidad *In situ* del pasto *brachiaria brizantha* marandú en época de lluvias y sequía (Adaptado de Cuadrado *et al.*, 2005).

Composición	Época	Porcentaje
Proteína Cruda	Lluvia	10,5
	Sequía	9,3
Fibra Detergente Neutro	Lluvia	64,7
	Sequía	67,7
Fibra Detergente Ácido	Lluvia	30,8
	Sequía	40,6
DISMS [†]	Lluvia	64,0
	Sequía	62,9

[†]DISMS = Digestibilidad *In situ* de la materia seca

2.5.4 *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés

– Descripción general

El cultivar Xaraés es originario de la región de Cibitoke, Burundi, África, fue colectado entre 1984 y 1985, y liberado por la EMBRAPA en 2003 después de 15 años de evaluaciones (Borges do Valle *et al*, 2004).

El cultivar *B. brizantha* cv. Xaraés es de mediana exigencia en lo que respecta a fertilidad del suelo, estando situada en una posición intermedia entre el cv *B. Marandú* y cultivares de *Panicum maximum*. Es un pasto de muy buena palatabilidad y tolera suelos un poco más pesados que la cv Marandú (Reina, 2007). El cultivar Xaraés no soporta encharcamientos, aunque se le ha clasificado con tolerancia media, comparándolo con el cv Marandú que es más sensible (Borges do Valle *et al.*, 2004).

– Valor nutritivo

Se ha reportado que bajo pastoreo rotativo, el contenido de proteína cruda es entre 8,8 y 10,3 % y el porcentaje de digestibilidad *In vitro* de la materia orgánica de 60,4 % (Embrapa, 2003).

2.5.5 *Brachiaria brizantha* cv. Piatá

– Descripción general

El cultivar Piatá tiene hábito de crecimiento erecto, es una planta macolladora, llegando a alturas desde 0,85 m a 1,10 m. Las hojas miden hasta 45 cm de largo. Existe la hoja de cuchilla, que es áspera en la superficie superior y tiene bordes dentados y afilados. Las vainas presentan vellosidades claras y poco densas. Una característica interesante que diferencia a este cultivar de otros cultivares de *B. brizantha* es su inflorescencia, que tiene un eje de 19 cm de longitud y con hasta 12 racimos (Borges do Valle *et al.*, 2007).

El cultivar Piatá es apropiado para suelos de fertilidad media, tiene una buena adaptación a suelos bien drenados, pero también se adapta a suelos con poco drenaje, soporta el encharcamiento de mejor manera que el cv Marandú (Giolo *et al.*, 2009).

– **Valor nutritivo**

Posee buena producción de forraje, e incluso en zonas con mediana fertilidad y época seca produce alrededor de 9,5 t ha⁻¹ de materia seca, la cantidad de proteína cruda en las hojas es de 11,3 % y el promedio anual de digestibilidad *In vitro* de la materia orgánica de 58 % (Embrapa, 2007).

2.6 Las leguminosas en la nutrición animal

La inclusión de las leguminosas forrajeras y otras plantas en los sistemas agropecuarios, puede ser una de las estrategias más económicas, rentables y compatibles para la conservación de los recursos naturales (Ibrahim y Mora 2006).

Las leguminosas son plantas que tienen altos contenidos de proteína en un rango del 14 al 28 % y bajos contenidos de fibra (menores al 40 %) lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad. Se ha reportado que al incluir leguminosas en la dieta animal el rendimiento productivo de carne y leche se puede incrementar hasta en un 50 % comparado con dietas con solo gramíneas tropicales (Lascano y Avila 1991).

De acuerdo con Sánchez (1995) entre las características más importantes de las leguminosas como fuente alimenticia se pueden mencionar que: 1) Son una fuente importante de proteína de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas tropicales, 2) Presentan una concentración de nitrógeno en las hojas, superior al de las gramíneas, 3) Sus contenidos de proteína tienden a disminuir más gradualmente que en las gramíneas, en lo referente con la edad de la planta y

4) Son plantas ricas en calcio y presenta bajos niveles de fibra, en comparación con las gramíneas tropicales.

2.7 El uso de leguminosas para mejorar la calidad del forraje consumido

Las leguminosas arbóreas y arbustivas se utilizan en los sistemas de producción pecuaria como suplemento en dietas para rumiantes, para mejorar el valor nutritivo de las pasturas, incrementar el consumo voluntario, disminuir el estrés nutricional de los animales e incrementar la relación proteína/energía (Galindo *et al.*, 2005).

Por lo anterior, una de las alternativas más viables para mejorar la calidad de las pasturas tropicales es la utilización de leguminosas, ya sean solas, como banco de proteína o en asociación con pastos. Por tener mayor contenido de proteína y mejor digestibilidad son muy palatables para el ganado. Poseen también capacidad para producir buena cantidad de forraje en la época de sequía, con el cual las ganancias por animal en pastoreo aumentan, además de que son mejoradoras del suelo al tener la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (Guarachi *et al.*, 2006).

La incorporación de leguminosas a las tecnologías de producción de carne bovina en pastoreo reporta numerosas bondades a favor de la trilogía suelo-planta - animal, como son: en el suelo, mejora la composición mineral, garantía de capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, en la planta, eleva la producción y calidad proteica de las gramíneas asociadas y la productividad aérea y en el animal, contribuyen a la productividad al incrementar la biomasa comestible, el consumo voluntario, la digestibilidad del forraje y la incorporación de vitaminas A, B, C y D en la dieta de los animales (Díaz, 2012).

A nivel de sistema de producción las leguminosas al combinarse con las gramíneas favorecen la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la reducción del uso de concentrados comerciales (Cino, 2010).

2.8 Tipos de leguminosas

2.8.1 *Cajanus cajan* Gandul

– Descripción general

El fréjol de árbol (*Cajanus cajan*), es una leguminosa arbustiva, leñosa, considerada semiperenne, con una distribución tropical y con gran capacidad de adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas y de fijación de nitrógeno atmosférico siendo digna de atención debido a su alta potencialidad de rendimiento en grano y producción de biomasa (Martínez *et al.*, 2002).

Taxonomía botánica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Cajanus
Especie	Cajan (L.) Millsp.
Nombre común	Frijol gandul

– Valor nutritivo

La planta de fréjol, de árbol o Gandul tiene un alto valor nutritivo (**Cuadros 5 y 6**) para ganado de carne y leche, ovejas, cabras y cerdos. La semilla provee un alimento excelente para ganado, debido a su alto contenido de proteína cruda (de 28 a 36,7 %) (Morton, 1976).

El rendimiento de forraje varía ampliamente con la variedad o genotipo, las condiciones ecológicas y el manejo agronómico del cultivo. Las variedades perennes altas permiten cortes como forraje y también como abono verde (aportan un 2,6 % de N). El rendimiento de forraje en condiciones cercanas a

las óptimas puede alcanzar 25 t ha⁻¹ de materia seca sin fertilización y 38 t ha⁻¹ de materia seca con 100 kg de nitrógeno y fósforo ha⁻¹. El rendimiento de grano pueden variar de 1 a 10 t ha⁻¹ (Houérou, 2005).

El forraje el fréjol Gandul es capaz de producir hasta 50 t ha⁻¹, con un alto contenido de proteína (superior al 20 %), aun en época de sequía, presentando en el follaje niveles de P y Mn capaces de cubrir los requerimientos nutricionales del ganado (Martínez *et al.*, 2002).

Cuadro 5. Composición química (g 100 g⁻¹) y digestibilidad *In situ* (DISMS, %) del material comestible (hojas, tallos y vainas) reportado para el año 1997 (adaptado de Martínez *et al.*, 2002).

Días de corte	DISMS	MS	PC	FDN	FDA	LAD
60	60,71	30,83	15,47	53,51	32,33	9,97
80	59,32	30,92	19,58	56,13	31,72	8,36
100	58,27	31,63	18,84	58,75	39,71	9,70
120	59,14	29,45	12,68	62,59	40,93	17,53
140	64,97	34,32	11,14	57,51	33,98	9,60
160	62,88	31,77	14,08	58,83	34,69	10,28

DISMS = Digestibilidad *In situ* materia seca; MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LAD = Lignina detergente ácido.

Cuadro 6. Composición química (g 100 g⁻¹) y digestibilidad *In situ* (DISMS, %) del material comestible (hojas, tallos y vainas) reportado para el año 1998 (adaptado Martínez *et al.*, 2002).

Días de corte	DISMS	MS	PC	FDN	FDA	LAD
120	67,01	28,25	23,49	52,09	33,14	15,10
160	65,41	29,06	22,97	53,24	39,59	15,47
200	64,69	34,32	21,61	54,58	40,75	20,27
240	69,27	33,71	20,85	50,09	34,97	13,27

DISMS = Digestibilidad *In situ* materia seca; MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LAD = Lignina detergente ácido.

2.8.2 *Centrosema pubescens*

– Descripción general

La leguminosa del género *Centrosema* es originaria de Suramérica, y en la actualidad está muy difundido en todo el trópico donde se ha reportado que existen 50 o más variedades o eco tipos (Paretas, 1990). El *Centrosema* es una leguminosa perenne, herbácea, de crecimiento rastrero, voluble, con fuerte tendencia a trepar sobre plantas erectas u otros soportes y cuando se le utiliza como cultivo puro alcanza una densa y compacta cubierta de 40 a 50 cm (Yáñez y Funes, González *et al.*, 1997). Esta especie crece bien en altitudes de 1 500 msnm, con precipitaciones de 1 000 mm año⁻¹ es poco tolerante a la sombra y a la sequía (no mayor de cinco meses). Es una planta con tallos pubescentes, hojas trifoliadas, alargadas o lanceoladas de 1,5 a 7,0 cm de largo y de 1,0 a 4,5 cm de ancho. Sus flores son vistosas, con el estandarte que puede variar de color blanco, pero casi siempre lila o púrpura. Sus vainas miden de 4 a 17 cm de largo y de 0,6 a 0,7 cm de ancho, dehiscentes, que pueden contener hasta 20 semillas de un color café - rojizo con vetas negras (Carballo *et al.*, 2005).

– Valor nutritivo

El *Centrosema* puede alcanzar rendimientos entre 12 y 20 t de MS ha⁻¹. En Cuba se han reportado rendimientos de hasta 12 t de MS ha⁻¹, por lo que puede ser usada en pastoreo directo, como banco de proteína o en asociaciones con gramíneas de porte mediano. Contiene entre 11 y 24 % de PC, con una DIVMO (Digestibilidad *In vitro* de la materia orgánica) de 54 - 66 % (Carballo *et al.*, 2005).

2.9 Digestibilidad

La digestibilidad se define como la proporción de un alimento que desaparece en el tracto intestinal y está estrechamente asociada a la proporción de

alimento que puede ser utilizada por el animal y su valor energético. El principal componente del forraje que influye en la digestibilidad y el consumo es la pared celular. El contenido de pared celular en la planta es inversamente proporcional a la digestibilidad y el consumo voluntario. La reducción en la digestibilidad se explica porque los nutrientes más digestibles se encuentran en el contenido celular (proteínas, azúcares, lípidos) mientras los menos digeribles se encuentran en la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) (Carulla *et al.*, 2004).

La digestibilidad depende mayormente de la composición nutritiva de la ración, siendo a su vez afectada por el hecho de que las heces contienen cantidades importantes de materiales de origen no dietético, estas, constituyen una importante vía de excreción de compuestos nitrogenados, grasos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno, encontrándose reportes que indican que no hay secreción de carbohidratos a nivel intestinal (Sanginés, 2001). Los valores estimados de digestibilidad aparente de las fracciones correspondientes a proteínas y lípidos, sin incluir los aportes de compuestos endógenos de la misma naturaleza, son siempre menores a los coeficientes de digestibilidad verdadera. Por lo que un dato de gran utilidad al trabajar con rumiantes es que el aporte de nitrógeno endógeno se encuentra alrededor de 0,5 a 0,6 g por 100 g MS⁻¹ consumida (aproximadamente un 4 % de la proteína de la ración), por lo que los coeficientes de digestibilidad aparente en raciones con un contenido de proteína inferior al 4 %, son negativos (Giraldo *et al.*, 2007). La mejor evaluación de calidad de los alimentos surge de la respuesta que es posible obtener con ellos. La respuesta productiva de los animales con forrajes está determinada por el nivel de consumo (50 – 70 % de impacto) la digestibilidad (25 – 50 %) y por la eficiencia de utilización (5 -15 %) (Mertens, 2000).

– Descripción técnicas digestibilidad

Técnica *In vivo*: como técnica *In vivo* se puede determinar la digestibilidad de ciertas sustancias y fracciones del alimento como celulosa, materia orgánica,

materia seca. Este método es ampliamente empleado para el estudio de la calidad y suele ser utilizado como el sistema patrón o de referencia con respecto a otros sistemas. Este consiste en medir directamente con el animal el efecto de la digestión en el pasto. Las pruebas que utilizan animales para la determinación del valor nutritivo de un alimento son probablemente las más idóneas ya que evalúan factores atribuibles tanto al animal como al alimento mismo. Este procedimiento requiere de instalaciones, personal entrenado y desafortunadamente es lento en su conducción además de tener un costo elevado. Por esta razón se han desarrollado otros tipos de técnicas para medir el valor nutritivo de los alimentos en una forma menos costosa y más rápida. (Ly y Lemus, 2007).

Técnica *In situ*: con esta técnica, además de medir la digestibilidad propiamente dicha, se puede estudiar la extensión y velocidad de la digestión, efectos de la dieta y de la suplementación, entre otros aspectos. A pesar de lo antes señalado este método tiene varias fuentes de error, entre las cuales pueden ser la dieta del animal, tamaño, tipo y diámetro de la bolsa, tamaño y peso de la muestra, número de muestras, forma de la suspensión y tiempo de permanencia de la bolsa en el rumen, así como su modo de extracción. Todo esto hace que su estandarización sea laboriosa y que sin un adecuado trabajo sistémico la variación en los resultados sea grande. No obstante esta variante, es muy útil, sobre todo en aquellos casos en que la cantidad de muestra analizada es numerosa, como es el caso de los programas de mejora genética de pastos (Pedraza, 2001). La técnica *In situ* utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes en ruminal, consiste en colocar la muestra en la bolsa e incubarla en rumen de animales fistulados. Esta técnica permite determinar simultáneamente la cantidad de la muestra ingerida y la tasa a la cual la digestión se realiza. Se utiliza principalmente cuando se requiere observar el efecto de las condiciones ruminales sobre la digestión de un número limitado de muestras. La utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, del tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra (Navarro *et al.*, 2011)

Técnica *In vitro*: el método *In vitro* consiste en reproducir en cristal o en condiciones de laboratorio lo que sucede en el organismo animal, lo más fiel posible y en las condiciones reales. Considerando esta situación, se recomienda que esta técnica sea utilizada para predecir el valor nutritivo de alimentos vegetales, especialmente forrajes, así como para estudiar factores que afectan la digestibilidad de los mismos (Castellanos *et al.*, 1990 citado por Mojica, 2010).

Esta técnica se sugiere para determinar la digestibilidad verdadera de la materia seca y orgánica de los forrajes, este proceso de laboratorio es útil para procesar gran cantidad de muestra. Por otro lado, el mayor factor determinante de la digestibilidad de alimentos para rumiantes es la fermentación de las paredes celulares por los microorganismos del rumen, y en el proceso *In vitro* se obtiene una respuesta fisiológico-química que se asemeja parcialmente a lo que ocurre en el animal. Los métodos utilizados para determinar digestibilidad *In vitro* comprenden dos fases: a) La fase bacteriana o celulítica (digestión por 48 h y b) La fase enzimática o de extracción con solución neutro detergente (Lavado por 60 min). Ambas tienen por lo menos dos puntos en común: 1) La utilización de la misma muestra y 2) El uso de una solución amortiguadora (Telley y Terry, 1963 y Van Soest *et al.*, 1966 citados por Contreras *et al.*, 2004). La digestibilidad *In vitro* se basa en la primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado, es decir, los productos de la fermentación no son removidos.

La fermentación es producida por microorganismos añadidos con el líquido ruminal utilizado como inóculo. Sin embargo, la fermentación en estas condiciones no refleja de ninguna manera lo que realmente sucede en el rumen, ya que éste es un sistema abierto con condiciones muy especiales y por lo tanto, es incorrecto el término “rumen artificial” para describir esta técnica. En la siguiente etapa de esta técnica se lleva a cabo una segunda digestión con solución fibra detergente neutro (FDN), que tiene como objetivo eliminar la contaminación microbiana existente dejando únicamente la materia seca no digerida. Es importante señalar que la digestibilidad *In vitro* de la

materia seca (DIVMS) no considera la digestión intestinal y aún más importante en este método no se toma en cuenta la excreción endógena producida en el animal.

La digestibilidad es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad nutritiva de las raciones que consumen los animales domésticos, porque indica el grado en que los nutrientes de los ingredientes van a ser aprovechados directamente por el animal. Una buena digestibilidad de la dieta resultará en una mayor productividad por parte del animal (Pedraza, 2001).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

3.1.1 Localización del experimento

Las muestras tomadas de las cinco variedades de braquiarias y dos leguminosas forrajeras tropicales se obtuvieron en la granja Experimental El Oasis, propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE). La granja se encuentra localizada en el km 4, margen izquierdo de la carretera a San Jacinto del Búa, Parroquia del mismo nombre, a 0° 13' 29" de latitud sur, 79° 15' 83" de longitud oeste y a 416 msnm. Los suelos se formaron sobre depósitos de ceniza volcánica y son clasificados como Andisoles. El clima prevalente se caracteriza por tener una temperatura media anual de 23,5 °C y precipitaciones anuales de 2 600 a 2 800 mm durante los seis primeros meses del año que luego dan paso a una época seca que se acentúa a medida que pasan los meses (Dirección de Aviación Civil, comunicación personal, 2013). La digestibilidad *In situ* se realizó en el centro experimental Tunshi ubicado en la parroquia Licto Riobamba, perteneciente a la escuela de ingeniería zootécnica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH). Los análisis proximal y de Van Soest se llevaron a cabo en las instalaciones del laboratorio de bromatología y nutrición animal de la ESPOCH; localizada geográficamente, en las coordenadas: 1° 38' 3" y 1° 40' de latitud sur. 78° 39' y 78° 40' 36" de longitud oeste.

3.1.2 Material experimental

– Las *Brachiarias*

Se establecieron cinco variedades de *Brachiaria* (*B. decumbens* stapf, *B. brizantha* Marandú, *B. híbrido* Mulato II, *B. brizantha* Piatá y *B. brizantha*

Xaraés) en parcelas de 4 x 4 m distribuidas aleatoriamente en tres repeticiones. Las muestras se tomaron en el primer año de establecimiento de las variedades a los 42 d de edad de rebrote, en la época seca. Se tomó una muestra de 5 kg en materia verde y fueron colocadas en la estufa a 65 °C por tres días para obtener la materia seca a peso constante, luego se molieron en un molino con criba de 2 mm, para ser colocadas en fundas ziploc etiquetadas.

– **Las leguminosas**

Las dos especies de leguminosas en estudio se obtuvieron en el primer año de establecimiento la *Centrosema pubescens* y *Cajanus cajan* (ECV22) de parcelas de 3 x 3 m distribuidas aleatoriamente en tres repeticiones. Las muestras se tomaron después de establecidas las variedades a los 150 d de crecimiento en la época seca, de las cuales se tomaron alrededor de 5 kg en materia verde y fueron colocadas en la estufa a 65 °C por 3 d para obtener la materia seca a peso constante, luego se molieron en un molino con criba de 2 mm, para ser colocadas en fundas ziploc etiquetadas.

3.1.3 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron cinco genotipos de *Brachiaria*, dos especies de leguminosas, y dos porcentajes de inclusión de la leguminosa en la dieta, estas combinaciones dan un total de 25 tratamientos (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Clave para los tratamientos o combinaciones entre porcentajes de *Brachiaria* y leguminosa para formar las dietas experimentales.

Clave	Dieta			Clave	Dieta		
	Brachiaria [†] (%)		Leguminosa [‡] (%)		Brachiaria (%)		Leguminosa (%)
T1	100	Mu	Testigo Mu	T16	100	Pia	Testigo Pia
T2	90	Mu	10 Ga	T17	90	Pia	10 Ga
T3	85	Mu	15 Ga	T18	85	Pia	15 Ga
T4	90	Mu	10 Ce	T19	90	Pia	10 Ce
T5	85	Mu	15 Ce	T20	85	Pia	15 Ce
T6	100	Dec	Testigo Dec	T21	100	Xa	Testigo Xa
T7	90	Dec	10 Ga	T22	90	Xa	10 Ga
T8	85	Dec	15 Ga	T23	85	Xa	15 Ga
T9	90	Dec	10 Ce	T24	90	Xa	10 Ce
T10	85	Dec	15 Ce	T25	85	Xa	15 Ce
T11	100	Ma	Testigo Ma				
T12	90	Ma	10 Ga				
T13	85	Ma	15 Ga				
T14	90	Ma	10 Ce				
T15	85	Ma	15 Ce				

[†] Mu = *Brachiaria* híbrido Mulato II; Dec = *Brachiaria decumbens* Stapf; Ma = *Brachiaria brizantha* Marandú; Pia = *Brachiaria brizantha* Piatá; Xa = *Brachiaria brizantha* Xaraés
[‡] Ce = *Centrosema pubescens*; Ga = *Cajanus cajan* (ECV22)

3.2 Variables a medir

3.2.1 Digestibilidad

- Digestibilidad *In situ* de la materia seca

3.2.2 Análisis proximal

- Materia seca
- Ceniza
- Extracto etéreo

- Proteína cruda
- Fibra cruda

3.2.3 Van Soest

- Fibra detergente neutra
- Fibra detergente ácida
- Lignina detergente ácida

3.3 Diseño experimental

Para evaluar el porcentaje de DISMS se distribuyeron las muestras en tres vacas Holstein con un peso promedio de 560 ± 23 kg. En un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (5 x 6) como se observa en el **modelo 1** y para las variables derivadas del análisis proximal y Van Soest se utilizó un modelo lineal para un diseño completamente al azar con arreglo factorial de (5 x 6), como se observas en el **modelo 2**. Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha = 0,05$.

Modelo estadístico 1

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + G_j + L_k + (GL)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

- Y_{ijkl} = Variable dependiente
- μ = Media general
- β_i = Efecto de bloque (vacas con fistula ruminal)
- G_j = Efecto de la gramínea
- L_k = Efecto de porcentaje de inclusión y tipo de leguminosa
- $(GL)_{jk}$ = Interacción de la gramínea y leguminosa
- ε_{ijkl} = Error experimental

Modelo estadístico 2

$$Y_{ijkl} = \mu + G_j + L_k + (GL)_{jk} + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde:

- Y_{ijkl} = Variable dependiente
- μ = Media general
- G_j = Efecto de la gramínea
- L_k = Efecto de porcentaje de inclusión y tipo de leguminosa
- $(GL)_{jk}$ = Interacción de la gramínea y la leguminosa
- ϵ_{ijkl} = Error experimental

3.4 Descripción de las variables

Materia verde (MV)

Se refiere a la cantidad total de material producido por un forraje una vez que es cortado. La materia verde involucra todas las partes de la planta que se cosechan para ser utilizadas.

3.4.1 Digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS)

Porcentaje de materia seca total que fue digerida y permite estimar la calidad del pasto utilizando *In situ* (animales con cánula ruminal).

$$\text{DISMS} = \frac{\text{MS INICIAL} - \text{MS RESIDUAL}}{\text{MS INICIAL}} \times 100 \quad (1)$$

MS= Materia seca

3.4.2 Análisis proximal

– Materia seca (MS)

Es la cantidad de material que queda después de que el forraje ha sido sometido a un proceso de secado, o sea cuando se le ha extraído el agua. En la materia seca es donde se encuentran los nutrimentos del forraje. Para obtener la MS el material vegetativo en verde se puso en una estufa a 65 °C por 3 d para obtener la MS a peso constante (**Anexo 3**).

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{(\text{Peso crisol+muestra seca})-(\text{Peso crisol})}{(\text{Peso crisol+Muestra})-(\text{Peso crisol})} \times 100 \% \quad (2)$$

– Ceniza (C)

Son los residuos inorgánicos de los alimentos que permanecen en la muestra posterior a la ignición u oxidación completa de la materia orgánica (**Anexo 3**).

$$\% \text{ Ceniza BS} = \frac{100\% \text{ ceniza}}{\% \text{ MS}} \quad (3)$$

– Extracto etéreo (EE)

Se considera grasa al extracto etéreo que se obtiene cuando la muestra es sometida a extracción con éter etílico. El término extracto etéreo se refiere al conjunto de las sustancias extraídas que incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos (**Anexo 3**).

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{(\text{Peso beaker+extracto etéreo})-(\text{Peso beaker})}{(\text{Peso papel+Materia fresca})-(\text{Peso papel})} \times 100 \% \quad (4)$$

– **Proteína cruda (PC)**

La muestra se mineraliza con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador. La solución ácida se alcaliniza mediante una solución de hidróxido sódico. El amoníaco es destilado y recogido en una cantidad medida de ácido sulfúrico, cuyo exceso es titulado por una solución valorada de hidróxido sódico (**Anexo 3**).

$$\% \text{ Proteína cruda} = \frac{\text{HCL 0.1 N estandarizado} \cdot 0.014 \cdot 6.25 \text{ ml} \cdot \text{HCL 0.1 N gastados.}}{(\text{Peso muestra})} \quad (5)$$

– **Fibra cruda (FC)**

Determinación de las sustancias orgánicas libres de grasa e insolubles en medio ácidas y alcalinas. La muestra, en su caso desengrasado, se trata sucesivamente con soluciones en ebullición de ácido sulfúrico e hidróxido potásico, se lava, se deseca, se pesa y se calcina a 500 °C. La pérdida de peso debida a la calcinación corresponde a la fibra cruda de la muestra de ensayo (**Anexo 3**).

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(W4 - (W1 \cdot C))}{W2 \cdot MS} \times 100 \quad (6)$$

Dónde:

W1= Peso de la funda tarada

W2= Peso de la muestra

W3= Peso después de la extracción

W4= Peso de la materia orgánica

C= Cenizas corregidas con la funda del blanco

MS= Materia seca

3.4.3 Van Soest

– Fibra detergente neutro (FDN)

Es la fibra que queda luego de hervir al forraje en una solución de detergente neutro (sulfato lauril sódico y ácido etilendiaminotetraacético, EDTA). Durante el tratamiento todo el contenido celular se disuelve y queda lo correspondiente a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). El contenido de FDN se expresa en porcentaje del total de materia seca (**Anexo 3**).

$$\text{FDN BS} = 100 * [(T1 + \text{FDN}) - [T1 * (\text{Tbco2} / \text{Tbco1})]] / (\text{MH1} * \text{MS } 105)] \quad (7)$$

Dónde:

% BS	= Porcentaje sobre base seca
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+FDA (g)	= Peso final de la bolsa con la fibra
Tbco1 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco inicial, (previo a la digestión con el detergente)
Tbco2 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco final

– Fibra detergente ácido (FDA)

Es la fibra que queda luego de someter el forraje a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio). En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra restante estará constituida por celulosa y lignina. Al igual que el FDN, los resultados se deben expresar en porcentaje de la materia seca evaluada (**Anexo 3**).

$$\text{FDA BS} = 100 * [(T1 + \text{FDA}) - [T1 * (\text{Tbco2} / \text{Tbco1})]] / (\text{MH1} * \text{MS } 105)] \quad (8)$$

Dónde:

% BS	= Porcentaje sobre base seca
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+FDA (g)	= Peso final de la bolsa con la fibra
Tbco1 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco inicial, (previo a la digestión con el detergente)
Tbco2 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco final

– **Lignina detergente ácido (LDA)**

Es el residuo que queda al exponer la fibra en detergente ácido a una solución de ácido sulfúrico, el resultado se expresa en porcentaje de LDA con respecto a la materia seca analizada (**Anexo 3**).

$$\text{LAD BS} = 100 * [T1 + \text{LAD} + \text{ceniza} - [T1 * (\text{Tbco2} / \text{Tbco1})] / (\text{MH1} * \text{MS } 105)] \quad (9)$$

Dónde:

A (g)	= Cenizas insolubles de la muestra
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+LAD+ ceniza (g)	= Peso final de la bolsa con lignina y cenizas
T2 (g)	= Tara del crisol para muestras
T2 + ceniza (g)	= Peso final del crisol más la ceniza de la muestra
T3 (g)	= Tara del crisol para blancos
T3 + ceniza (g)	= Peso final del crisol más ceniza del blanco
Tbco 1 (g)	= Tara de la bolsa en blanco inicial
Tbco 2 (g)	= Tara de la bolsa en blanco final

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de simplificar la presentación de la información generada en esta investigación, primero se muestran los resultados obtenidos y posteriormente se enmarcará una discusión global dentro de los factores en estudio.

4.1 Efecto de variedad

La estadística descriptiva para las variables en estudio para evaluar el efecto de variedad se observa en el **Cuadro A2.1**.

– Digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS)

Para la DISMS no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las variedades. Las variedades Marandú y Decumbens obtuvieron valores más altos (63,89 y 63,2 % respectivamente) que Mulato II, Piatá y Xaraés (63,21; 62,36; 60,8 y 60,03 % respectivamente). En la **Figura 1** se aprecia que el valor nutritivo expresado en porcentaje de la DISMS es diferencial entre las variedades de *Brachiaria* a los 42 días de edad de rebrote en época seca.

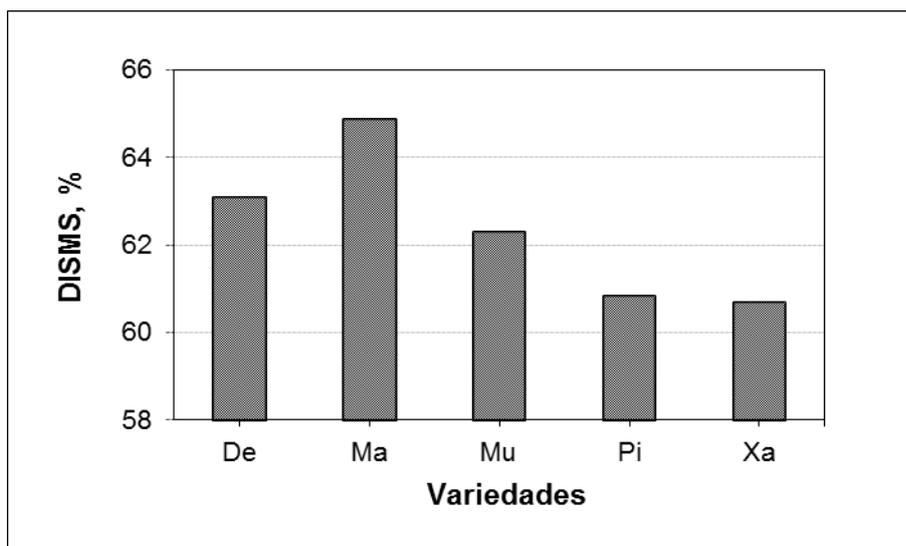


Figura 1. Porcentaje de digestibilidad *In situ* de la materia seca entre variedades de *Brachiaria*.

Análisis proximal

– Materia seca (MS)

Para la MS se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. La variedad Piatá obtuvo el valor más alto de MS (23,7 %), igual a la Marandú (23,4 %) pero diferente ($P < 0,05$) a la Decumbens, Mulato II y Xaraés (22,7; 23,2 y 21,9 % respectivamente), sin embargo la variedad Marandú fue igual ($P > 0,05$) a la Mulato II (**Cuadro A2.1**). En la **Figura 2** se puede apreciar que la variedad Piatá es la que mostró el menor valor de MS cuando la *Brachiaria* fue cortada a los 42 días de edad en época seca.

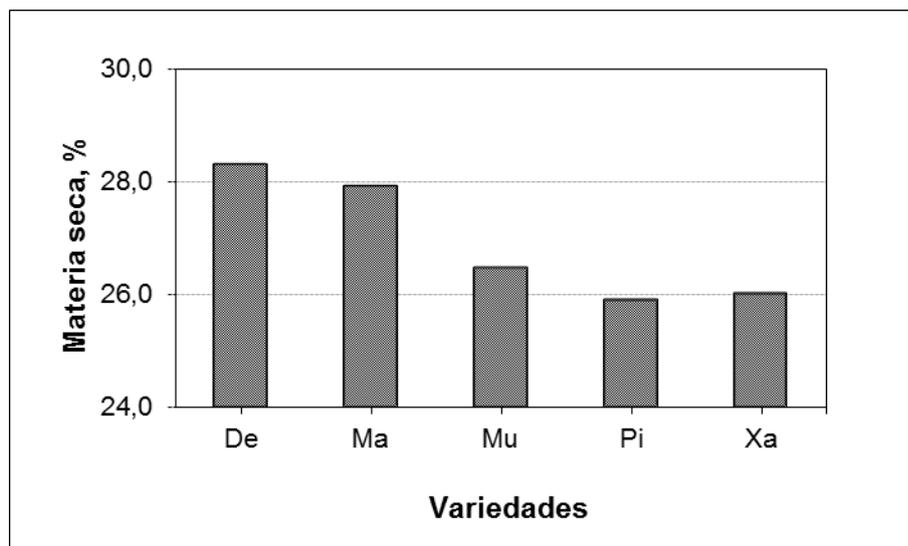


Figura 2. Porcentaje de materia seca entre variedades de *Brachiaria*.

– Ceniza (C)

Para ceniza se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se aprecia que las variedades Decumbens, Marandú son iguales (9,4; 9,5 %), al igual que no se observaron diferencias entre Marandú y Mulato II (9,5 y 9,8 % respectivamente) Para C se encontró que las cv Piatá y Xaraés fueron diferentes ($P < 0,05$) entre sí (8,3, 8,8 % respectivamente). Las

variedades que obtuvieron menor valor de C fueron Piatá y Xaraés en el corte realizado a los 42 días de rebrote en época seca (**Figura 3**).

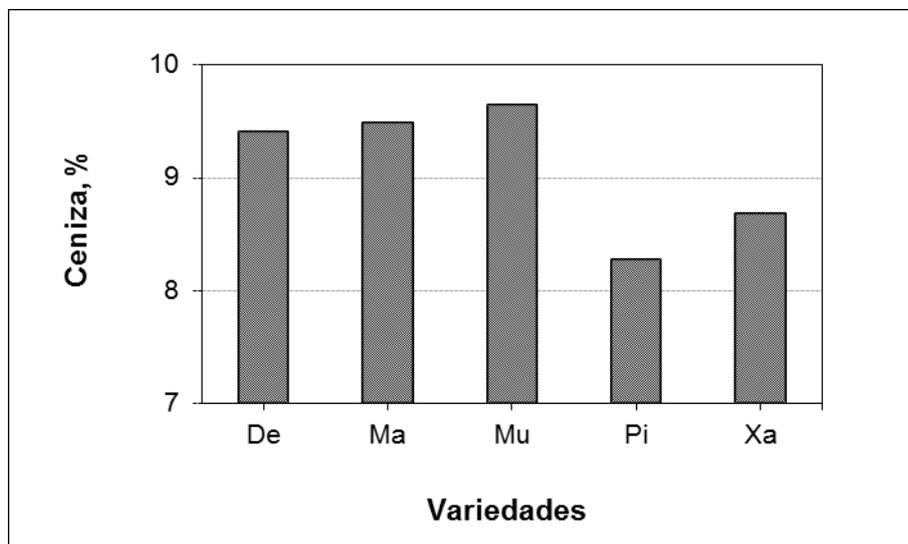


Figura 3. Porcentaje de ceniza entre variedades de *Brachiaria*.

– **Extracto etéreo (EE)**

Para EE se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se aprecia que la variedad Mulato II obtiene el valor más alto (1,8 %), mientras que la cv Marandú fue similar a Piatá y Xaraés (1,4 1,5, 1,4 % respectivamente) donde la Piatá y Xaraés 1,5 y 1,4 % fueron iguales entre sí. El Mulato II fue diferente ($P < 0,05$) a la cv Decumbens (1,2 %). En la **Figura 4** se observa que Decumbens y Xaraés obtuvieron los valores más bajos en el rebrote a los 42 días en época seca.

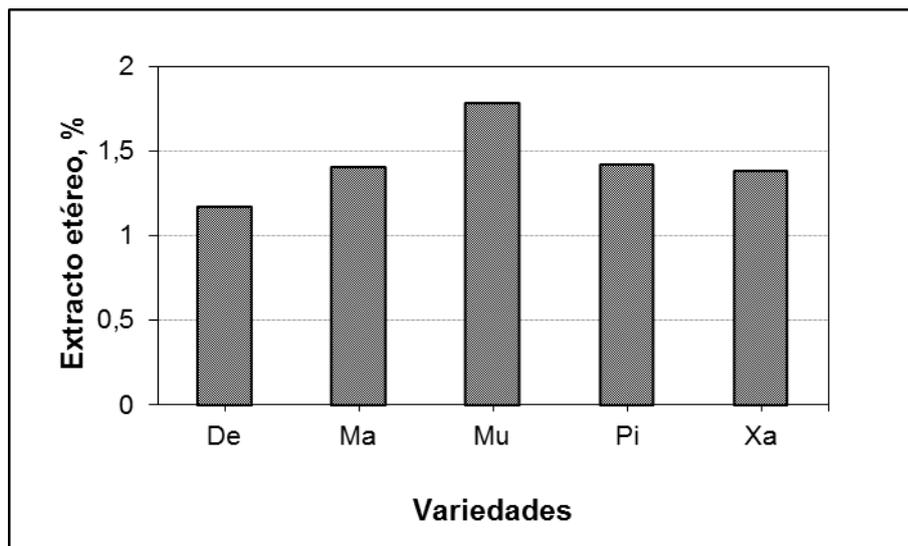


Figura 4. Porcentaje de extracto etéreo entre variedades de *Brachiaria*.

– **Fibra cruda (FC)**

Para FC existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se observó que la variedad Mulato II obtuvo el valor más alto (45,4 %), donde la cv Decumbens y Piatá (42,9 y 43,2 %) y la Marandú y Xaraés (41,9, 41,1 % respectivamente) fueron semejantes entre sí. En la **Figura 5** las variedades con menor valor de FC son Marandú y Xaraés en el corte a los 42 días de rebrote en época seca.

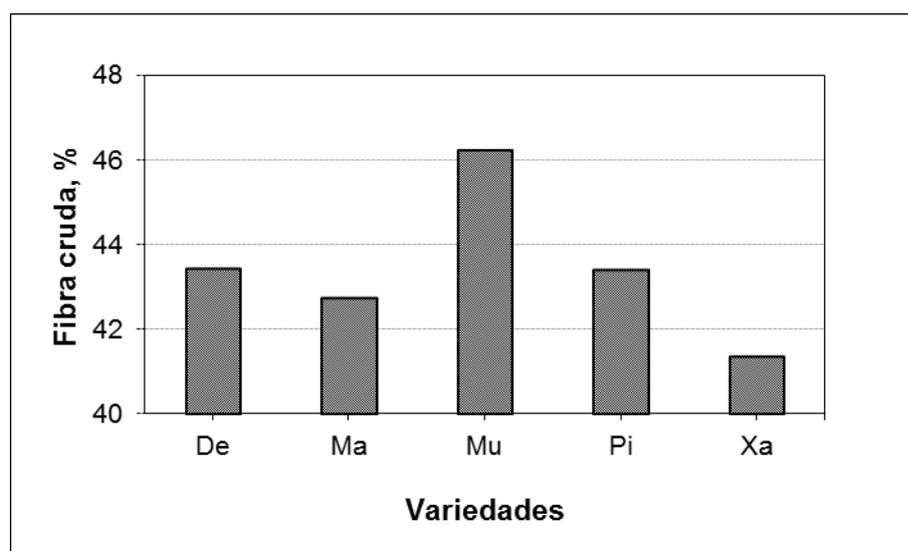


Figura 5. Porcentaje de fibra cruda entre variedades de *Brachiaria*.

– Proteína cruda (PC)

Para PC se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se aprecia que la cv Decumbens obtiene el valor más alto ($P < 0,05$) (9,1 %), la cv Marandú fue similar ($P > 0,05$) a las cv Mulato II y Xaraés pero diferente a la Piatá (**Cuadro A2.1**). En la **Figura 6** se observa que el porcentaje de PC más bajo se obtuvo para la variedad Piatá (7,7 %) mientras que la Xaraés y la Marandú tuvieron el mismo valor de PC (8,3 %) cuando el corte se realizó a los 42 días en la época seca.

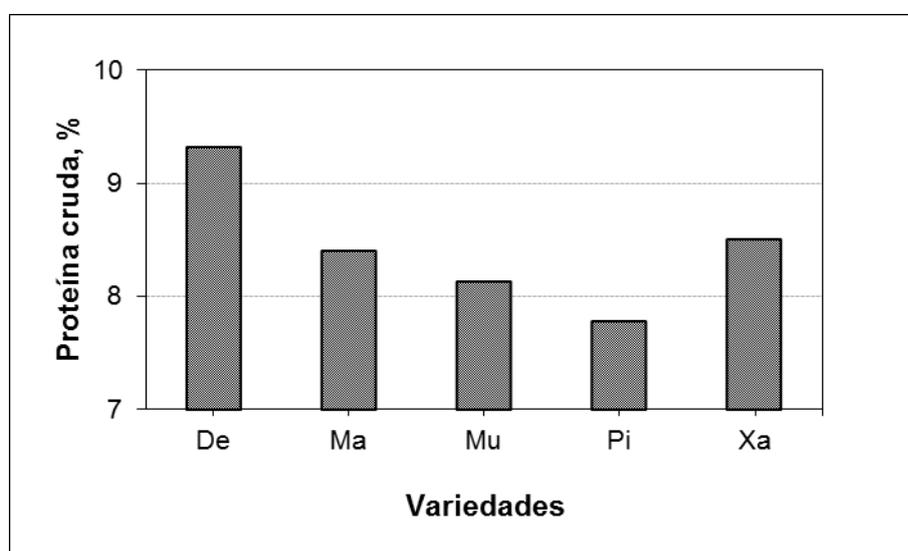


Figura 6. Porcentaje de proteína cruda entre variedades de *Brachiaria*.

Van Soest

– Fibra detergente neutro (FDN)

Para FDN se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se aprecia que Piatá tiene el valor más alto (73,9 %), la cual fue diferente a las demás variedades (**Cuadro A2.1**). El porcentaje de FDN fue similar ($P < 0,05$) para las cv Marandú, Mulato II y Xaraés (71,7; 70,6 y 70,4 % respectivamente). En la **Figura 7** las variedades Decumbens, Marandú, Mulato

II y Xaraés están por debajo de Piatá para FDN cuando las *Brachiarias* fueron cortadas a los 42 días de rebrote en época seca.

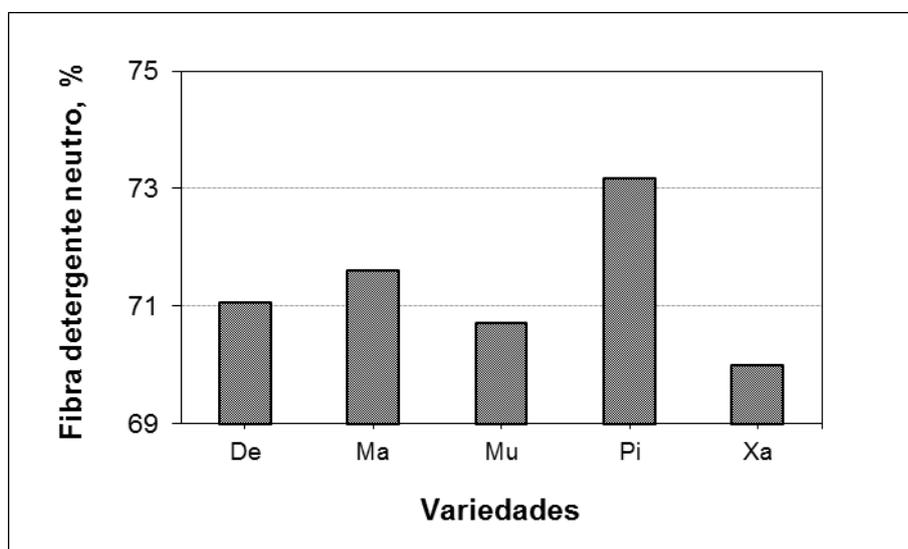


Figura 7. Porcentaje de fibra detergente neutro entre variedades de *Brachiaria*.

– **Fibra detergente ácido (FDA)**

Para FDA se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las variedades. Se encontró que la cv Piatá obtuvo el valor de FDA más alto (51 %) similar al porcentaje de FDA de las cv Mulato II y Xaraés (49,4 y 48,9 % respectivamente). La cv Decumbens fue igual a la cv Marandú y ambas con los valores más bajos de FDA (46,2 y 47,6 % respectivamente) (**Cuadro A2.1**). La tendencia antes mencionada se observa en la **Figura 8** para las variedades cortadas a los 42 días de edad de rebrote en época seca.

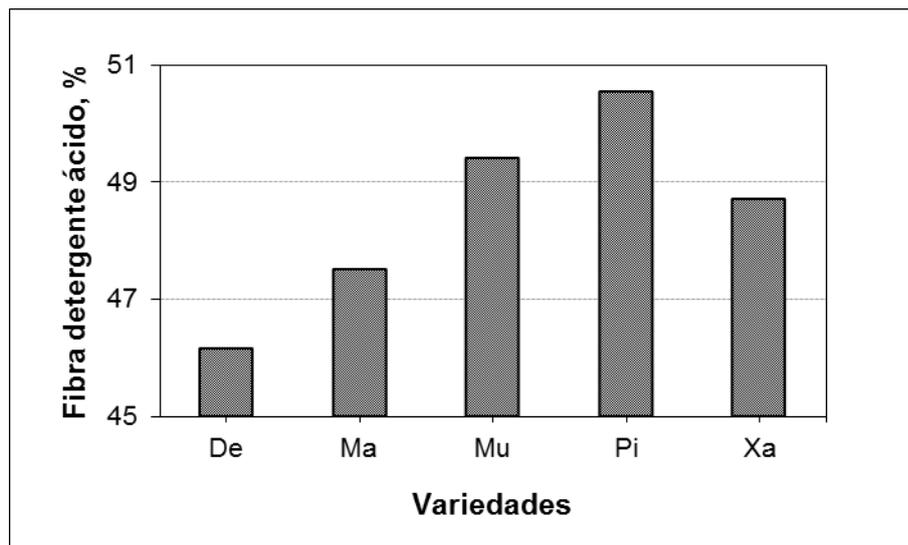


Figura 8. Porcentaje de fibra detergente ácido entre variedades de *Brachiaria*.

– **Lignina detergente ácido (LAD)**

Se encontraron diferencias ($P < 0,05$) entre las variedades para la variable LAD. De igual forma que con los porcentajes de FDN y FDA la cv Piatá obtuvo el valor más alto (20,6 %) y la decumbens los valores más bajos (**Cuadro A2.1**). En la **Figura 9** se observa que las variedades Decumbens, Marandú, Mulato II y Xaraés tienen valores de LAD por debajo de la Piatá cuando las *Brachiaris* fueron cortadas a los 42 días en época seca.

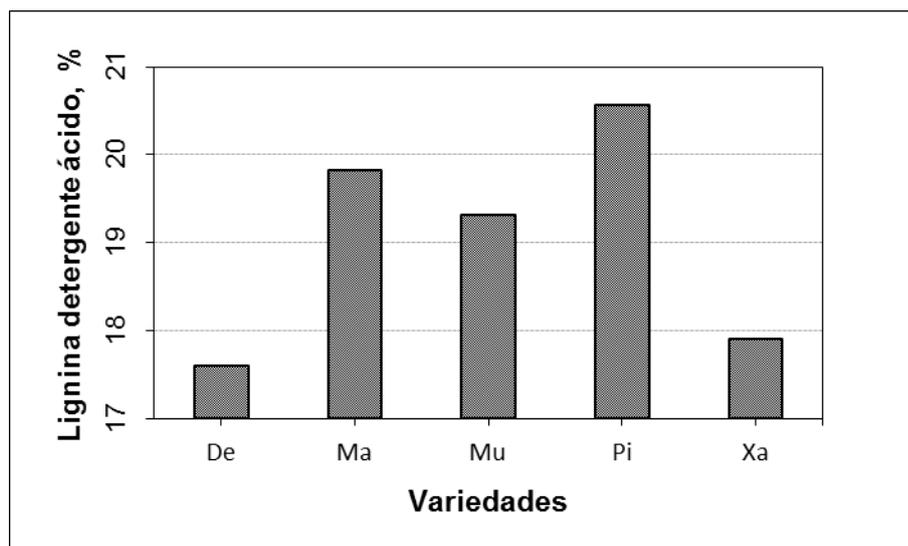


Figura 9. Porcentaje de lignina detergente ácido entre variedades de *Brachiaria*.

– **Discusión global para el factor variedad de *Brachiaria*.**

De acuerdo a las **Figuras 1 a 9** los resultados en esta investigación demuestran que las variedades de braquiaria *Decumbens* y *Marandú* podrían ser una buena opción para ser utilizadas en la alimentación de rumiantes ya que obtuvieron los valores más altos para DISMS (63,9 y 63,2 %) con los valores más bajos de FDN (71,4 y 71,7 %), FDA (46,2 y 47,7 %) y LAD (17,6 y 19,9 %) con los valores de PC más altos (9,1 y 8,3 %). Lo anterior es acorde a lo indicado por Cruz y Sánchez (2000) quienes mencionan que la FDA es inversamente proporcional a la digestibilidad y el aporte de energía mientras que la FDN está directamente relacionada con la capacidad del forraje de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal y con el consumo de la MS. Lo anterior indica que aun cuando estas dos variedades tienen un alto porcentaje de digestibilidad la energía disponible para el animal es limitada.

Algunos autores mencionan que en dietas fibrosas como las que consumen los rumiantes el volumen y tiempo en que la MS permanece en el rumen afectan el consumo y este a su vez tiene una relación negativa con la digestibilidad la cual está controlada por los requerimientos de energía del animal (Barahona y Sánchez, 2005). Con respecto al porcentaje de LAD en una revisión hecha en México por Ramírez Orduña *et al.* (2002) mencionan que la lignificación de la pared celular de las plantas está inversamente relacionada con la degradabilidad de la MS y por consecuencia con una baja digestibilidad *In vitro* e *In situ*. Sobre este particular, Sánchez y Soto (1998) al analizar diferentes especies forrajeras tropicales observaron que los forrajes de piso que presentaron los valores mayores de FDA, correspondieron a los pastos que contenían las concentraciones menores de energía y que el pasto con menor porcentaje de FDA presentó la densidad energética mayor. Lo anterior puede llevar a concluir que las variedades de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* *Marandú* ofrecidas solas podrían ser una opción viable en un sistema de producción pecuario basado en estas especies forrajeras tropicales como las *Brachiaris*.

Con respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación para los contenidos de fibra, Vega *et al.* (2006) demostraron que la digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en época seca es de 62,60 %, similar a lo encontrado por Cuadrado *et al.* (2004) en un ensayo realizado en Colombia en época seca para las variedades Decumbens y Marandú quienes reportaron valores de 62,5 y 62,9 % de DISMS, de 69,8 y 67,6 % para FDN y de 34,1 y 40,6 % de FDA respectivamente para las variedades en estudio.

La identificación de los factores estructurales específicos que limitan la degradación es compleja y la importancia relativa de cada uno de ellos puede variar con la madurez del forraje Cruz y Sánchez (2000); por lo que la información generada en el presente estudio puede contribuir en gran medida a incrementar el conocimiento sobre la energía contenida en la pared celular del forraje. Esto puede sentar las bases para programas de mejoramiento genético o de manipulación biotecnológica, dirigidos a hacer eficiente la utilización de recursos forrajeros en las regiones tropicales del Ecuador.

4.2 Efecto de porcentaje de inclusión y tipo de leguminosa

Es importante mencionar que en la presente investigación se denominó porcentaje de inclusión a la combinación del porcentaje (0, 10 y 15 %) con las dos leguminosas en estudio (Centrosema; Ce y Gandul; Ga), considerándose al tratamiento testigo a la dieta compuesta únicamente por *Brachiarias*.

– Digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS)

Para el factor porcentaje de inclusión no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) para la variable DISMS. En la **Figura 10**, se observa que el valor más alto de DISMS fue para 10 % de Centrosema (65,65 %) seguida del 10 % de Gandul (62,48 %), testigo (61,45 %) , 15 % Centrosema (61,12 %) y 15 % Gandul (61,12 %) a los 150 días de corte de la leguminosa en época seca.

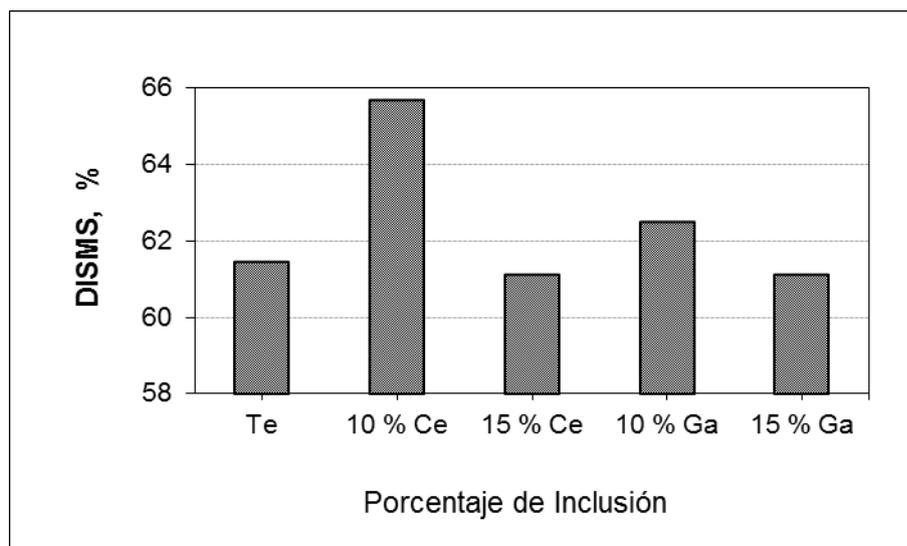


Figura 10. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Análisis proximal

– Materia seca (MS)

Para el factor porcentaje de inclusión se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) para la variable MS (**Cuadro A1.5**). En la **Figura 11** los valores más altos de MS fueron para las dietas compuestas por *Brachiarias* más 10 y 15 % de Gandul (30,5 %), sin embargo la dieta con 10 % de Centrosema fue igual ($P > 0,05$) a la de 15 % Centrosema (26,9 %) pero diferente ($P < 0,05$) a la compuesta por el testigo (23,3 % respectivamente) cuando las leguminosas fueron cortadas a los 150 días en la época seca.

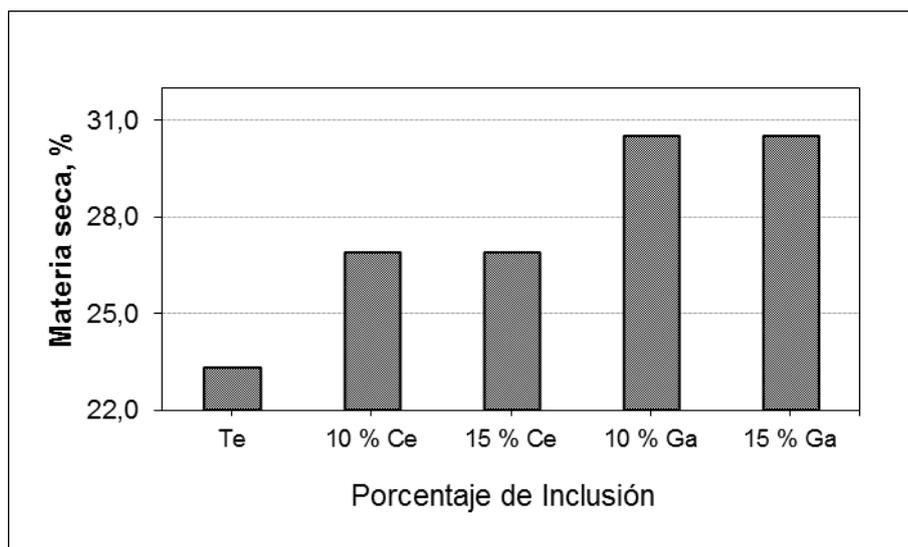


Figura 11. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la materia seca (MS); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– **Ceniza (C)**

El porcentaje de C fue diferente ($P < 0,05$) entre las diferentes dietas evaluadas. En la **Figura 12** se observa que el porcentaje de C fue más alto en aquellas dietas compuestas solo por *Brachiaria* (9,4 %) y similar al porcentaje de C de la dieta *Brachiaria* más 15 % de Gandul (9,2 %). De igual forma se encontró que el valor más bajo de C fue para el 10 % Centrosema (**Cuadro A1.8**).

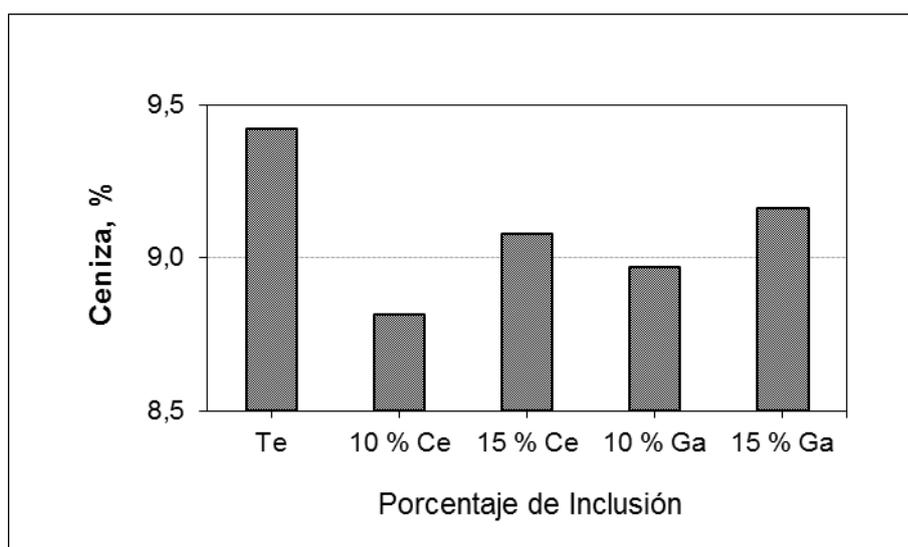


Figura 12. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la ceniza (C); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Extracto etéreo (EE)

Para la variable EE no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$). En la **Figura 13** se observa que las dietas con 15 % Centrosema, 10 % Gandul y el Testigo tienen valores iguales (1,5 %) pero diferentes ($P > 0,05$) a las dietas con 10 % Centrosema y 15 % Gandul (1,3 y 1,4 % respectivamente) (**Cuadro A1.11**) en el corte realizado a los 150 días en la época de sequía.

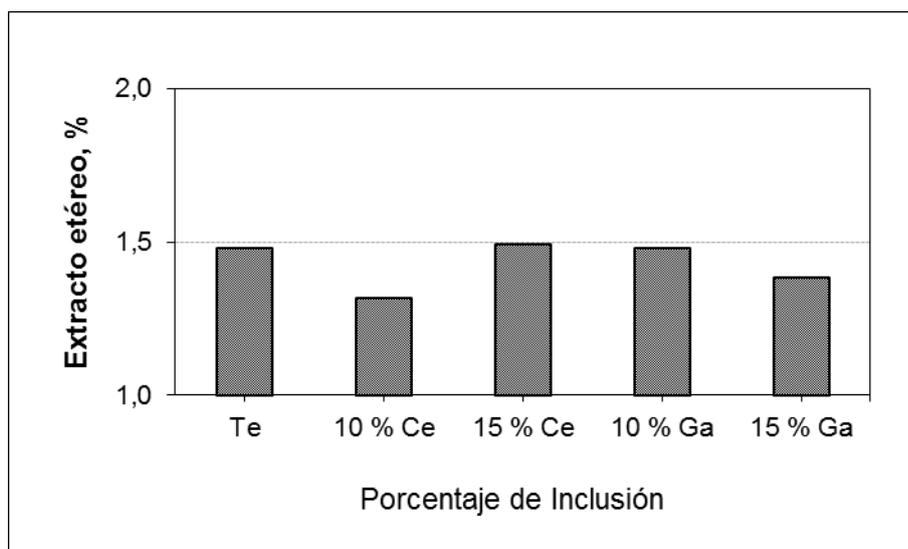


Figura 13. Efecto de porcentaje de inclusión sobre el extracto etéreo (EE); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Fibra cruda (FC)

Para el porcentaje de FC se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$). Según los resultados en la **Figura 14** las dietas con 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul y 15 % Gandul obtuvieron valores de porcentaje de FC de 44, 48; 44,13; 44, 58 % respectivamente, las cuales fueron diferentes ($P > 0,05$) a las dietas compuestas solo por *Brachiarias* (40,34 %) como se observa en el **Cuadro A1.14** para la época seca en el corte a los 150 días.

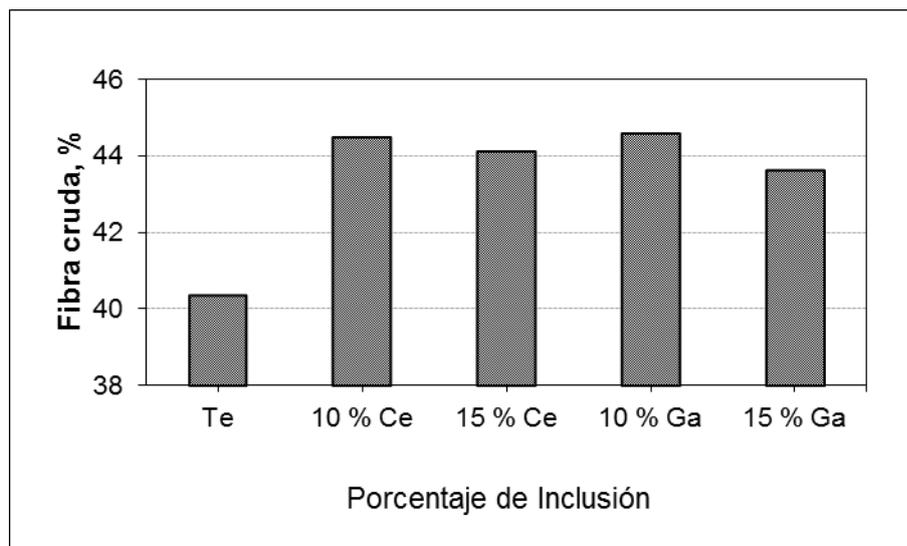


Figura 14. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra cruda (FC); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Proteína cruda (PC)

Para el porcentaje de PC hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los diferentes porcentajes de inclusión. Como se puede observar en la **Figura 15** el valor más alto es cuando se adicionó el 15 % Gandul (9,9 %) en las dietas, sin embargo el Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema y 10 % Gandul fueron similares en el porcentaje de PC (7,4; 7,8; 8,3 y 8,7 % respectivamente) como se observa en el **Cuadro A1.17** cuando el corte fue realizado a los 150 días en la época seca.

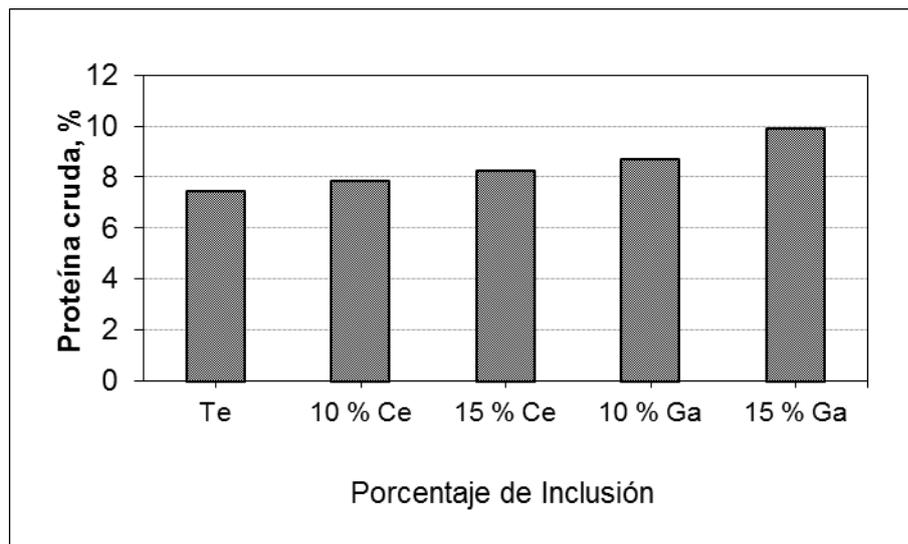


Figura 15. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la proteína cruda (PC); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Van Soest

– Fibra detergente neutro (FDN)

En el presente estudio para la variable FDN se observó que existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los diferentes porcentajes de inclusión de leguminosa. En la **Figura 16** el valor más alto de FDN fue para el testigo (sin leguminosa) con un porcentaje de 72,9 seguido del porcentaje de inclusión de 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul y 15 % Gandul (71,3; 70,9; 70,7; y 70,7 % respectivamente) los cuales fueron semejantes entre sí ($P > 0,05$) (**Cuadro A1.20**).

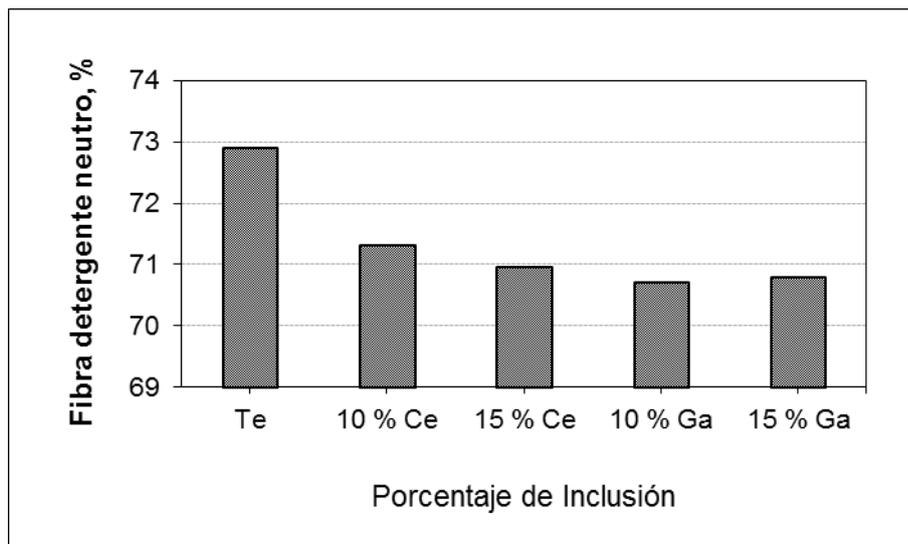


Figura 16. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra detergente neutro (FDN); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– **Fibra detergente ácido (FDA)**

Para el efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas en el FDA se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$). En la **Figura 17** se aprecia que el Testigo obtiene el valor más alto (49,4 %) con respecto a 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul y 15 % Gandul (48,9; 48,7; 47,6; 47,8 % respectivamente) los cuales fueron similares entre sí (**Cuadro A1.23**) para el corte realizado a los 150 días en la época seca.

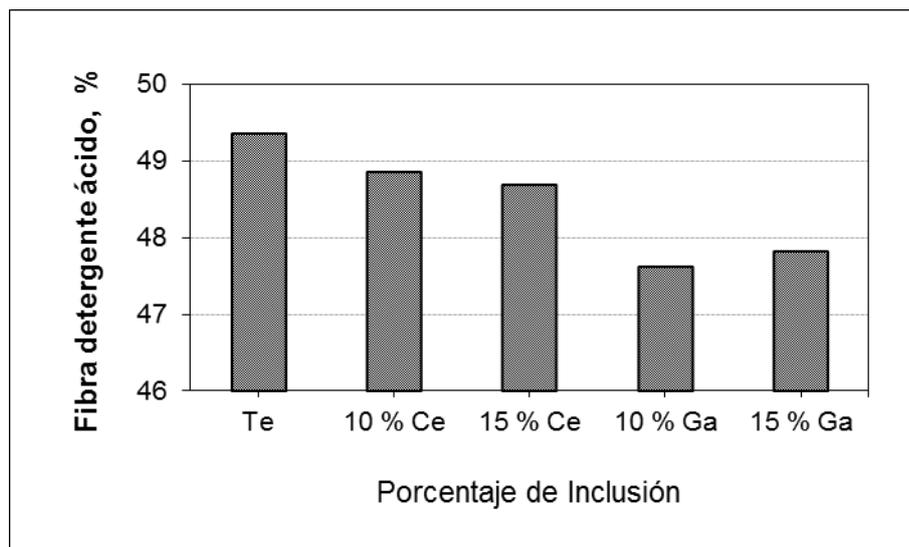


Figura 17. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la fibra detergente ácido (FDA); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– **Lignina detergente ácido (LAD)**

En el efecto de porcentaje de inclusión para el LDA se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$). En la **Figura 18** los valores más altos son 15 % Centrosema, 15 % Gandul, Testigo y 10 % Centrosema (19,73; 19,48; 19,18 y 19,11 % respectivamente) pero diferentes ($P < 0,05$) al 10 % Gandul (17,71 %) (**Cuadro A1.26**).

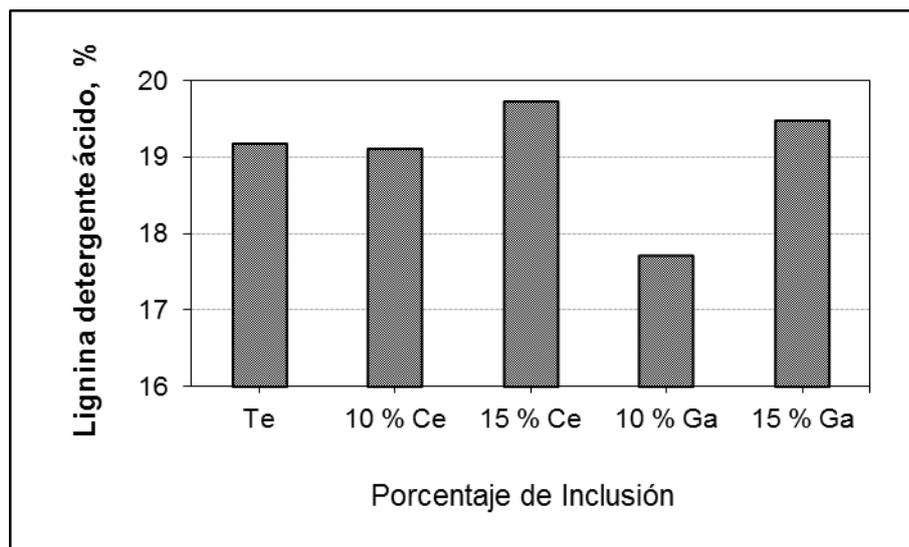


Figura 18. Efecto de porcentaje de inclusión sobre la lignina detergente ácido (LDA); Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Discusión. Debido a que las gramíneas tropicales tienen bajo valor nutritivo, una estrategia de manejo es incluir leguminosas en las dietas de los animales o asociar las gramíneas con las leguminosas en las pasturas para el consumo directo en pastoreo. Lo anterior, es porque las leguminosas tienen mayor valor nutritivo que las gramíneas y las raciones que combinan gramíneas y leguminosas se ingieren en mayor cantidad y con más avidez por los animales, que las dietas con solo gramíneas, lo que se refleja en una mayor ganancia de peso media diaria en los animales que las consumen (Días, 2010). A este respecto algunas investigaciones han reportado que las especies de leguminosas arbóreas y arbustivas utilizadas como suplemento en dietas para rumiantes mejoran el valor nutritivo de las pasturas, incrementan el consumo voluntario, reducen el estrés nutricional de los animales y tienen la capacidad de incrementar la relación proteína/energía de las dietas (Galindo, 2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se observa que el porcentaje de inclusión del 10 % de la leguminosa Gandul en términos de composición nutritiva fue la mejor, comparada con el 15 % de inclusión de esta especie y 15 % de Centrosema. En un estudio llevado a cabo en Brasil De Souza *et al.*, (1991) encontraron un 67 % de digestibilidad *In vitro* para el fréjol

de palo Gandul, valor semejante a lo encontrado en la presente investigación con los 10 y 15 % de inclusión de esta especie de leguminosa (61,8 % de DISMS en promedio). A este respecto Martínez *et al.*, (2002) en un estudio llevado a cabo en México reportaron para la parte comestible del Gandul (tallo y hojas) un valor de DISMS de 64,97 % y de PC de 11,14 % valores similares a los encontrados en la presente investigación.

4.3 Efecto de interacción variedad por porcentaje de inclusión

La estadística descriptiva para las variables en estudio para evaluar el efecto de variedad se observa en los cuadros **A2.2, A 2.10**. Es importante mencionar que en este apartado se discutirá en términos de las combinaciones (dietas) entre las diferentes variedades de *Brachiaria* y los porcentajes de inclusión (0, 10 y 15 %) de las dos leguminosas en estudio.

– Digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS)

En términos de DISMS se observó que la dieta compuesta por la *B. Marandú* más 10 % de *Centrosema* obtuvo el porcentaje más alto (73,3 %) seguido de la dieta compuesta por *B. híbrido* Mulato II más 10 % de *Centrosema* con 64,8 % (**Figura 19**). Mientras que los porcentajes más bajos de DISMS fueron para las dietas compuestas por *B. decumbens* más 10 % de *Centrosema* (62,9 %) y *B. Xaraés* con 10 % de *Centrosema* (62,6 %) (**Cuadro A2.2**).

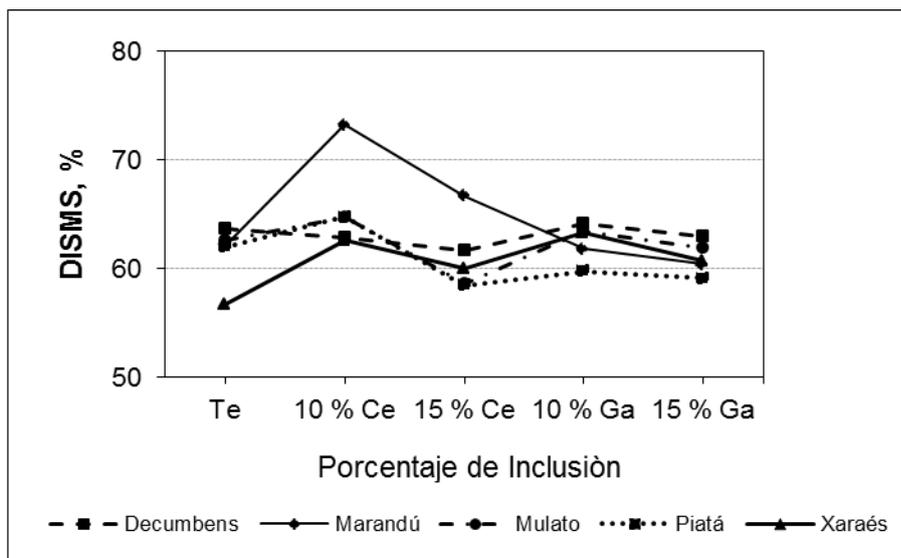


Figura 19. Porcentaje de digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS) en dietas compuestas por *Brachiaria* más leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Análisis proximal

– Materia seca (MS)

En términos generales se observó una gran variabilidad en los porcentajes de MS entre las diferentes dietas compuestas por *Brachiaria* más leguminosa. El mayor porcentaje de MS fue para la *B. Piatá* (Testigo) seguida de la *B. Mulato* II y *B. Marandú* con valores de 96,3 % (**Cuadro A2.3**). En la **Figura 20** se observa una tendencia a reducir el contenido de MS conforme se mezcla la *Brachiaria* con alguna de las leguminosas en sus diferentes porcentajes de inclusión, con excepción de las dieta *B. decumbens* y *B. Piatá* solas versus las dietas *B. decumbens* y *B. Piatá* más 15 % de Centrosema respectivamente donde se aprecia un incremento ($P < 0,05$) en el porcentaje de MS.

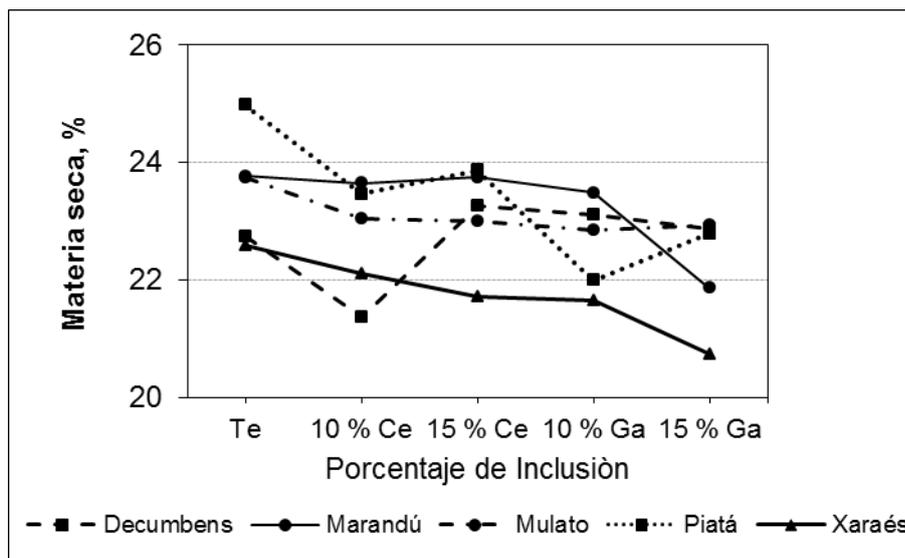


Figura 20. Porcentaje de materia seca en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Ceniza (C)

Para el porcentaje de C se observó la misma tendencia que para la MS (**Cuadro A2.4**), en la **Figura 21** se observa que las dietas para la inclusión 10 % Gandul tuvieron un comportamiento diferencial al combinarse con las diferentes variedades de *Brachiaria*, con *B. Marandú* se encontró un 9,4 % de C, similar ($P > 0,05$) a las dietas compuestas por Decumbens, Mulato II, y Xaraés (9,4; 9,4 y 9,1 % respectivamente) pero diferente ($P < 0,05$) cuando se combinó con la *Brachiaria* cv. Piatá (8,5 %).

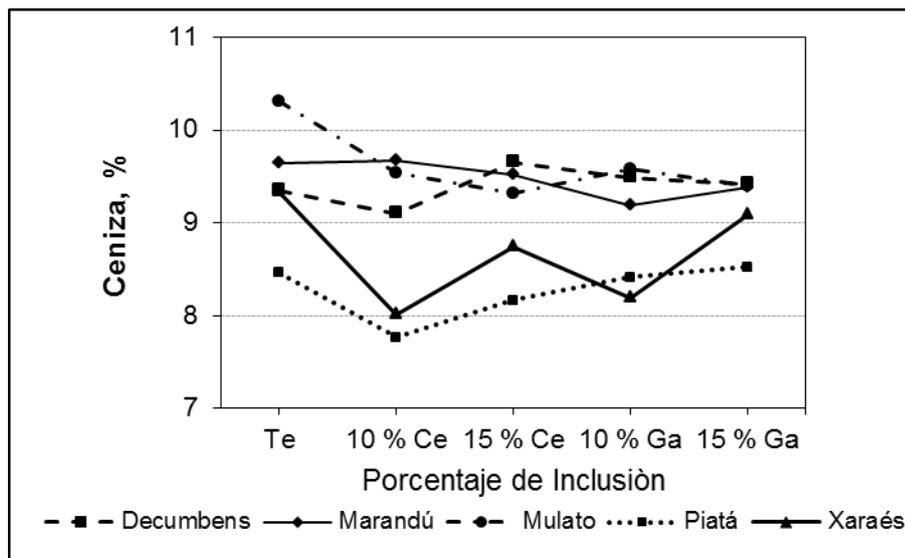


Figura 21. Porcentaje de ceniza en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– **Extracto etéreo (EE)**

Para el porcentaje de EE se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las diferentes dietas en estudio (**Cuadro A2.5**). La cv Decumbens en promedio fue la que obtuvo los valores de EE más bajos al combinarse con las leguminosas, mientras que el cv Mulato II con 15 % de Gandul tuvo el porcentaje más alto (2,0 %), se encontró un comportamiento constante para EE cuando la cv Piatá se combinó con los diferentes porcentajes de inclusión de leguminosa (**Figura 22**).

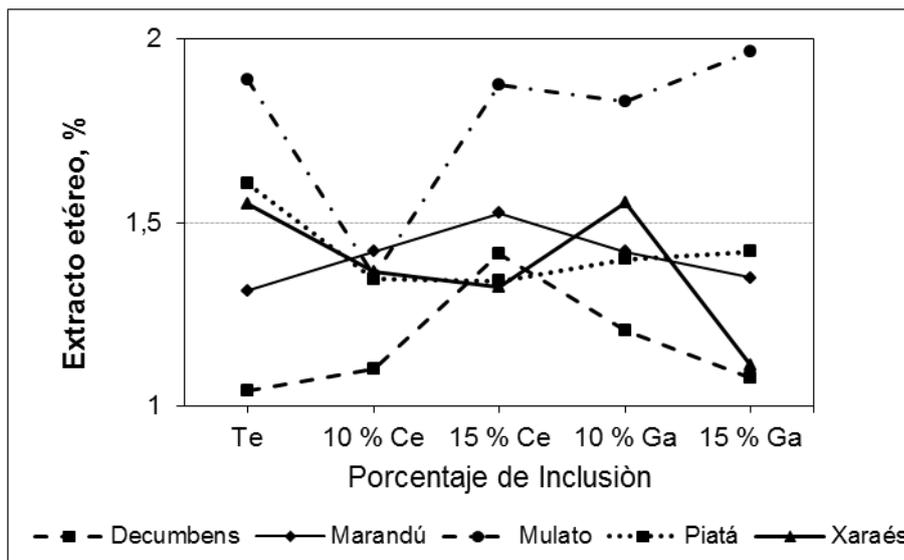


Figura 22. Porcentaje de extracto etéreo en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Fibra cruda (FC)

Para el porcentaje de FC en la interacción de gramíneas y leguminosas se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) (**Cuadro A2.6**). La variedad con el porcentaje más alto fue Mulato II con 15 % de Gandul (46,15 %) pero diferente ($P < 0,05$) a las dietas compuestas por Decumbens, Marandú, Piatá y Xaraés como se observa en la **Figura 23**.

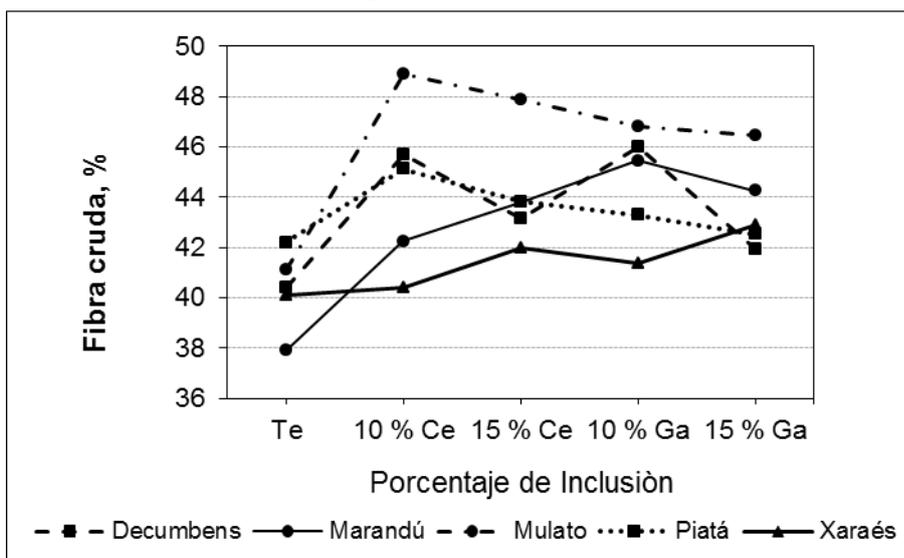


Figura 23. Porcentaje de fibra cruda en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Proteína cruda (PC)

Para el porcentaje de PC se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las diferentes dietas en estudio (**Cuadro A2.7**). En la **Figura 24** se aprecia que las variedades con valor más alto de PC fueron las cv Decumbens y Marandú con el porcentaje de inclusión del 15 % de Gandul (10,7 %) las cuales fueron diferentes ($P < 0,05$) a las dietas con las cv Mulato II, Piatá y Xaraés (9,4; 8,5 y 10,1 % respectivamente).

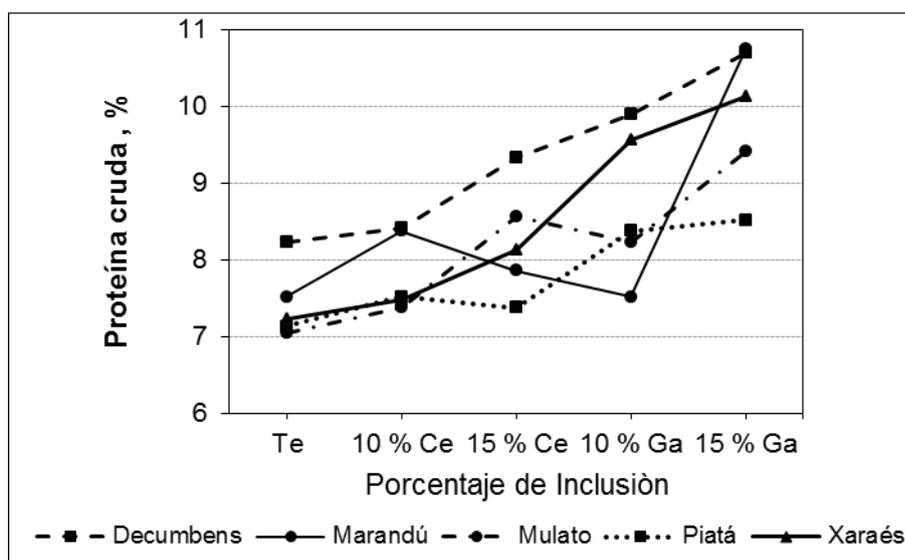


Figura 24. Porcentaje de proteína cruda en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Van Soest

– Fibra detergente neutro (FDN)

Para el porcentaje de FDN en las dietas compuestas por *Brachiarias* y leguminosas se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) como se observa en el **Cuadro A2.8**. En la **Figura 25** se aprecia que la dieta con el valor más alto de FDN fue para la cv Decumbens con 15 % de Gandul (72,9 %) el cual fue diferente ($P < 0,05$) a las dieta compuestas por las cv Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá más 15 % de Gandul (70,6; 70,8; 71,9 y 67,7 % respectivamente).

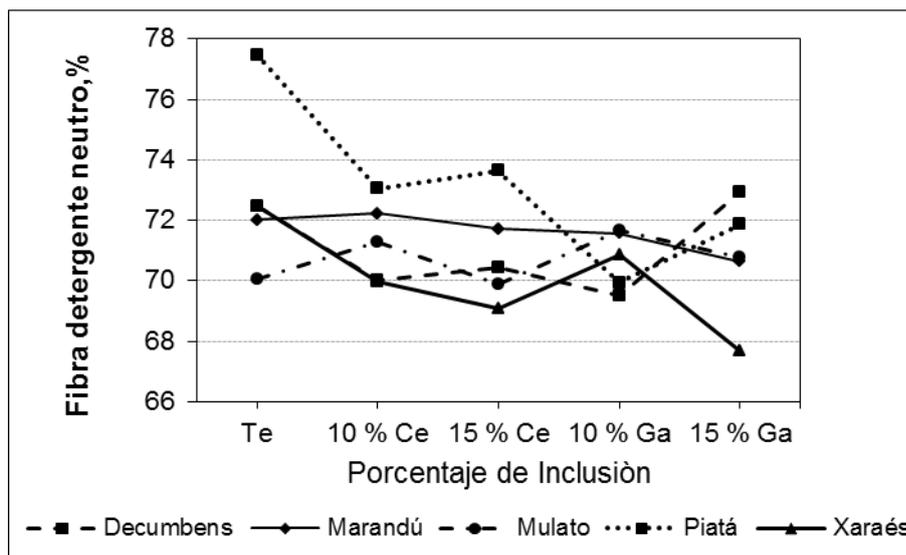


Figura 25. Porcentaje de fibra detergente neutro en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– Fibra detergente ácido (FDA)

El porcentaje de FDA fue diferente entre las diferentes dietas ($P < 0,05$) (**Cuadro A2.9**). En la **Figura 26** se observa que la combinación de la cv Piatá con 15 % de Gandul obtiene el valor alto (49,2 %) pero diferente ($P < 0,05$) a las dietas con las cv Decumbens, Marandú, Mulato II y Xaraés (45,7; 47,1; 48,8; 48,2 % respectivamente) más 15 % de Gandul.

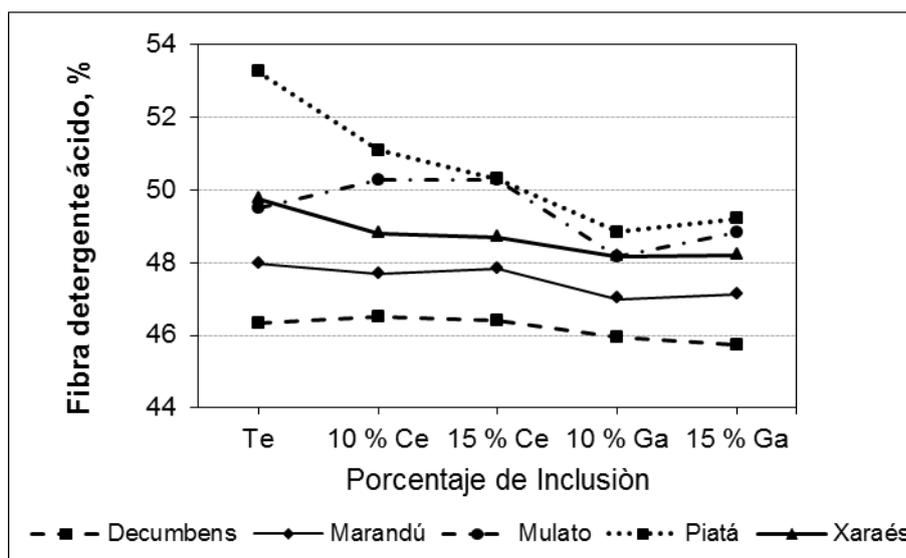


Figura 26. Porcentaje de fibra detergente ácido en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

– **Lignina detergente ácido (LAD)**

Para LDA existió diferencia significativa ($P < 0,05$) entre las diferentes dietas en estudio como se observa en el **Cuadro A2.10** En la **Figura 27** se aprecia que los valores más altos de LDA fueron para las dietas compuestas por las cv Piatá y Xaraés más 15 % de Gandul (20,8 y 20,6 %) la cual fue diferente ($P < 0,05$) a las combinaciones de las variedades Decumbens, Marandú y Mulato II más 15 % de Gandul (18,0; 18,5 y 19,6 % respectivamente) las cuales obtuvieron los valores más bajos.

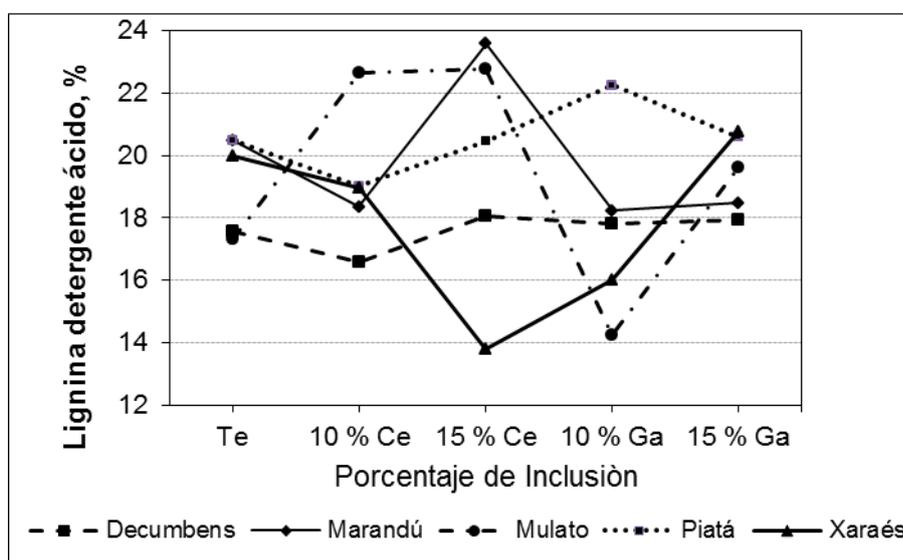


Figura 27. Porcentaje de lignina detergente ácido en dietas compuestas por *Brachiaria* mas leguminosas; Te = testigo; Ce = Centrosema; Ga = Gandul.

Discusión. La digestibilidad de un forraje está dada en función de la cantidad y calidad de fibra que posea. Es decir, que a mayor contenido de fibra y a menor calidad de la misma, menor será la digestibilidad del forraje. Por lo general, cuanto mayor sea el contenido de FDN (pared celular) de un forraje menor será su digestibilidad. Pero esto no siempre es así ya que la digestibilidad de la pared celular dependerá del grado de lignificación de la misma. De tal forma que la digestibilidad de una dieta estará determinada por la cantidad de FDA y de LDA que posea. A mayor fibra en detergente ácido y a mayor lignina, menor

será la digestibilidad del material (Tabaré, 2008). Tomando en consideración lo anterior y de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación para las diferentes dietas evaluadas ,y en términos de composición nutritiva se observó que las dietas compuestas por la cv *B. Marandú* con 15 % de Gandul tuvo porcentajes de DISMS, PC, FDN, FDA y LDA de 60,4; 10,7; 70,6; 47,1 y 18,5 % respectivamente, sin embargo, al observar la dieta compuesta por la cv *Xaraés* más 10 % de Gandul los valores de DISMS y FDA se incrementaron (63,3 y 48,7 % respectivamente) y los porcentajes de PC, FDN y LDA se redujeron significativamente (8,1; 69,1 y 13,8 % respectivamente) lo cual puede indicar que el valor nutritivo de esta última dieta será mejor por su reducido porcentaje de LDA y DISMS mas alto. Cuando se combinó la cv *Marandú* con 10 % de *Centrosema* se observó un porcentaje de DISMS alto (73,3 %) pero con valores e FDN y LDA altos (72,2 y 18,4 % respectivamente).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En términos de valor nutritivo las cv *B. decumbens*, y *B. brizantha* Marandú fueron mejores que las demás en estudio.
- El porcentaje de inclusión de leguminosas de 10 % de Gandul aportó significativamente a mejorar la calidad de las dietas compuestas por diferentes variedades de *Brachiarias*.
- En términos de valor nutritivo la dieta de la cv Xaraés más 10 % Gandul fue la mejor, sin embargo, las dietas compuestas por la cv Marandú y Mulato II combinadas con 15 % de Gandul también pueden ser una opción para la alimentación de rumiantes en el trópico húmedo del Ecuador.

5.2 Recomendaciones

- Es importante mencionar que este tipo de estudios no hay reportados para las regiones tropicales del Ecuador por lo que se recomienda seguir evaluando dietas con diferentes porcentajes de inclusión de leguminosas ya que con los resultados se pueden desarrollar planes de manejo para establecer praderas de *Brachiarias* en asociación con leguminosas o bancos de proteína para la alimentación animal.
- La edad de corte, época del año y especie forrajera (gramínea o leguminosa) son factores que afectan el valor nutritivo del forraje consumido por lo que se sugiere un estudio con estos factores controlados para evaluar su efecto en combinaciones de gramíneas y leguminosas.

BIBLIOGRAFÍA

- Argel, P., J. Miles, J. Guiot, H. Cuadrado, y C. Lascano. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente al salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali Colombia.
- Barahona Rosales, R., y S. Sánchez Pinzón. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica* 6(1):69-82.
- Bircham, J., y J. Hodgson. 1983. The influence of swards condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. *Grass y Forage Sci* 38(4):323-331.
- Borges do Valle, C., E. Batista, J. Valério, M. Pagliarini, M. Motta, A. Gonçalves, C. Lourenço, C. Dornelas, M. Dias, B. Lempp, P. Arnildo, y M. De Sousa. 2004. O Capim-Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de Braquiária. *EMBRAPA* 149:1-36.
- Borges do Valle, C., E. Batista, J. Valério, M. Motta, y C. Dornelas. 2007. *Brachiaria brizantha* cv. Piatá: uma forrageira para diversificacao de pastagens tropicalil. *Seed News* 11(2):22-30.
- Cáceres, O., y E. González. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y Forrajes* 23(2):87-101.
- Carballo, D., M. Matus, M. Betancourt, y C. Ruíz. 2005. Manejo de Pasto I, pp. 1-169. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Carulla, J., E. Cárdenas, N. Sánchez, y C. Riveros. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera

especializada de la zona Andina Colombiana, pp. 1-16. Universidad Nacional de Colombia.

- Chávez, R. 2008. Respuesta a la fertilización química en el cultivo de pasto (*Brachiaria brizantha* Var. Piatta) en la zona de Santo Domingo. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Cino, D., y A. Díaz. 2010. Leguminosas herbáceas para la preceba bovina en pastoreo: indicadores económicos y financieros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44(1):9-12.
- Contreras, J. 2004. Manual de laboratorio: determinación de la tasa de digestión en forrajes, pp. 1-13. Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Cruz, M., y J. Sánchez. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical* 6(1):39-74.
- Cuadrado, H., S. Mejía, A. Contreras, A. Romero, y J. García. 2003. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe Colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Colombia.
- Cuadrado, H., L. Torregroza, y N. Jiménez. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. *MVZ-Córdoba* 9(2):438-443.
- Cuadrado, H., L. Torregroza, y J. Garcés. 2005. Producción de carne con machos de ceba en pastoreo de pasto *Híbrido* Mulato y *Brachiaria decumbens* en el Valle del Sinú. *MVZ-Córdoba* 10(1):573-580.

- Dávila, P., y J. Sánchez. 1996. La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Revista Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México* 9(4):32-34.
- De Souza, P., H. De Souza, J. Dos Santos, y O. De Freitas. 1991. Avaliação físico-química e nutricional de grãos de feijão-guandul (*Cajanus cajan* (L) Mill sp). *Alim. Nutr.* 3:51-62.
- Díaz, A., P. Martín, E. Castillo, y J. Hernández. 2012. Suplementación de añajos Charolais de Cuba en pastoreo de asociación múltiple de leguminosas herbáceas y gramíneas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(3):249-252.
- Díaz, A., P. Castillo, P. Martín, y J. Hernández. 2013. Preceba de toros mestizos lecheros en pastoreo con glycine (*Neonotonia wightii*) y gramíneas tropicales con suplemento activador del rumen. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47(1):23-26.
- EMBRAPA. 2003. Xaraes: cultivar de *brachiaria brizantha* [Online] <http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/xaraes.html> (verified 02 de mayo 2013).
- EMBRAPA. 2007. Piatá: *brachiaria brizantha* [Online] http://www.cnpqg.embrapa.br/index.php?pagina=bancodenoticias/15052007_piata.htm (verified 02 de mayo del 2013).
- Faría Mármol, J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito, pp. 1-9. X Seminario de Pastos y Forrajes, Maracaibo, Venezuela.
- Galindo, J., D. Delgado, y R. Pedraza. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes* 28(1):59-68.

- Giolo de Almeida, A. Agiova da Costa, y H. Zimmer. 2009. Taxas e Métodos de sementeira para *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em Safrinha. *Embrapa Gado de Corte* 113:1-12.
- Giraldo, L., L. Gutiérrez, y C. Rúa. 2007. Comparación de dos técnicas *In vitro* e *In situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20:269-279.
- González, R., A. Anzúles, A. Vera, y L. Riera. 1997. Manual de pastos tropicales para la Amazonía Ecuatoriana INIAP, Ecuador.
- Guarachi, M., T. Rojas, y A. Joaquín. 2006. Producción de biomasa y contenido nutritivo de tres leguminosas durante la época seca, pp. 1-43. Facultad de Ciencias Veterinarias, UAGRM, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Guiot, J. 2001. Manual de actualización técnica. Papalotla, México: 1-64.
- Holmann, F., y C. Lascano. 1998. Una nueva estrategia para mejorar los sistemas de producción de doble propósito en los trópicos: el Consorcio Tropileche, pp. 1-33 Primer Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito, Maracaibo, Venezuela.
- Houérou, L. 2005. *Cajanus cajan* (L.). Millsp. Grassland and pasture crops. Grassland Index, Plant Production and Protection Division (AGP), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Ibrahim, M., J. Mora, y M. Rosales. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales, pp. 10-22 Memorias de una conferencia electrónica realizada entre septiembre y diciembre del 2001. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

- Lachmann, M., y F. Araujo. 1999. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes, pp. 1-21. Universidad de Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracaibo, Venezuela.
- Lascano, E., y P. Avila. 1991. Potencial productivo leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 3(13):1-10.
- Ly, J., y C. Lemus. 2007. Las pruebas de digestibilidad en la evaluación de nuevos recursos alimentarios para cerdos, pp. 41-46. IX Encuentro de nutrición y producción en animales monogástricos: innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Uruguay.
- Machado, R. 1998. Selección de ecotipos de *Brachiaria spp.* bajo condiciones de pastoreo sin fertilización, pp. 1-9, Vol. 4(1). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Martínez, R. 2002. Caracterización nutricional del Gandul (*Cajanus cajan*), basado en sus componentes químicos, desaparición *In situ* y cinética digestiva. Tesis de Grado, Universidad de Colima, México.
- Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria* 12(3):56-63.
- Mertens, D. 2000. Interpretation of forage analysis reports, pp. 1-14. Research Dairy Scientist, USDA-Agricultural Research Service, US Dairy Forage Research Center.
- Minson, D. 1990. Forage in ruminant nutrition Academic press Elsevier Science, San Diego US.

- Mojica, M. 2010. Establecimiento y uso de la técnica de digestibilidad *In vitro* para evaluar nutricionalmente maíz forrajero. Tesis de Grado, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Morton, J. 1976. The pigeon pea (*Cajanus cajan* Millsp.), a high-protein, tropical legume. HortScience 11:11-19.
- Navarro, C., J. Díaz, M. Roa, y E. Cuellar. 2011. Comparación de la técnica de digestibilidad *In vitro* con la *In situ* de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. Rev. Sistema. Producción. Agroecológico. 2(2): 2-24.
- Nawecha, R. 2013. Estudio fenológico y bromatológico de tres pastos *Panicum maxicum* (Tanzania), *Brachiaria brizantha* (Marandú) y *Brachiaria híbrida* CIAT 36087 (Mulato II) y la aceptabilidad en el pastoreo con ganado bovino. Tesis de Grado, Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador.
- Paretas, J. 1990. Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba, pp. 1-178. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAG.
- Pedraza, R. 2001. Estimación del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes con énfasis en las técnicas *In sacco* y de producción de gas *In vitro*. Revista de Producción Animal 13(1):45-51.
- Peters, M., L. Franco, A. Schmidt, y B. Hincapié. 2003. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Cali, Colombia.
- Pirela, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales, pp. 176-182. Manual de Ganadería Doble Propósito.

- Ramírez Orduña, R., G. Ramírez Lozano, y F. López Gutiérrez. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* V (2):180-189.
- Rearte, D. 2002. Calidad de carne en los sistemas pastoriles. *IDIA XXI* 2:13-18.
- Reina, Y. 2007. Nuevas especies de gramíneas para la producción de carne y leche, pp. 71-78. I Simposio: Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos Venezuela. Recursos Agroalimentarios, Venezuela.
- Rodríguez, N., S. Eloisa, y G. Roberto. 2007. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(4):518-525.
- San Miguel, A. 2006. Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado, pp. 1-9. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Silvopascicultura de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Sánchez, A. 1995. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. *FONAIAP* 50:1-3.
- Sánchez, J., y H. Soto. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Centro de Investigación en Nutrición Animal Costa Rica* 4(1):3-23.
- Sanginés, L. 2001. Potencial nutricional del follaje de *Buddleia skutchii* (hojas y pecíolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima, México.
- Tabaré, B. 2008. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes, pp. 1-13. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

- Trujillo, A., y G. Uriarte. 2012. Valor nutritivo de las pasturas, pp. 1-19 Curso de Nutrición Animal, Vol. II. Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.
- Van Soest, P. 1994. Nutrition ecology of the ruminant. Second ed. Cornell University Press.
- Varga, G.A., y E.S. Kolver. 2013. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization, pp. 8195-8235. New developments in forage science contributing to enhanced fiber utilization by ruminants, Vol. 127(5). The Journal of Nutrition.
- Vega Espinosa, M., J. Ramírez de la Ribera, I.L. Acosta, y A. Igarza. 2006. Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. REDVET VII (5):1-6.
- Weiss, W. 1993. Fiber requirements of dairy cattle: Emphasis NDF Department of Dairy Science, Ohio. USA.
- Wilkins, R. 2000. Forages and their role in animal systems, p. 1-14, D. Givens, et al., eds. Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI.
- Yanez, S., y F. Funes. 1989. Manual práctico para la producción de semillas de pastos en Cuba, pp. 1-95. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Ministerio de la Agricultura.
- Zárate, P., M. Ibarra, A. Limas, y O. Escamilla. 2012. Mejoramiento de la calidad del forraje en sistemas ganaderos, pp. 1-34 Nutrición y manejo integral de bovinos productores de carne. Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

ANEXO 1

Análisis de varianza y prueba de Tukey

Cuadro A1.1. Análisis de varianza para digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS).

Factores	Niveles	Valores			
Bloques	3	1 2 3			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
(%) inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			

F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Bloques	2	2062,25	1031,12	55,59	0,00
Variedad	4	154,83	38,71	2,09	0,09
Inclusión	4	59,10	14,78	0,80	0,53
Interacción	16	341,47	21,34	1,15	0,33
Error	60	1112,99	18,55		
Total	86	3884,06			

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV = Coeficiente de variación = 6,91 %

Cuadro A1.2. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre digestibilidad *In situ* de la materia seca (DISMS).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,64	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,85	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	2,41	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	3,18	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	1,49	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	3,05	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	3,82	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	1,56	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	2,33	9,91	12,00	NS, P>0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,77	9,91	12,00	NS, P>0,05

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.3. Análisis de varianza para materia seca (MS).

Factores	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			
F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	20,1654	5,0413	150,05	0,00
Inclusión	4	14,4285	3,6071	107,36	0,00
Interacción	16	16,5585	1,0349	30,8	0,00
Error	35	1,176	0,0336		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV = Coeficiente de variación = 0,67 %

Cuadro A1.4. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la materia seca (MS).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,69	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,53	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,99	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,79	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,16	0,38	0,47	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,30	0,38	0,47	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	1,48	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,46	0,38	0,47	* P < 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	1,32	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	1,78	0,38	0,47	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.5. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la materia seca (MS).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,83	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,45	0,38	0,47	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,95	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	1,32	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,38	0,38	0,47	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,12	0,38	0,47	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,49	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,50	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,87	0,38	0,47	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,37	0,38	0,47	* P < 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % Gandul ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.6. Análisis de varianza para ceniza (C).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			
F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	15,44256	3,86064	131,05	0,00
Inclusión	4	2,96787	0,74197	25,19	0,00
Interacción	16	3,88618	0,24289	8,24	0,00
Error	35	1,0311	0,02946		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 1,87 %

Cuadro A1.7. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la ceniza (C).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,12	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,36	0,35	0,43	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	1,09	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,61	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,24	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	1,21	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,73	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	1,45	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,97	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,48	0,35	0,43	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.8. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la ceniza (C).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,61	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,35	0,35	0,43	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,45	0,35	0,43	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,26	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,26	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,16	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,35	0,35	0,43	* P < 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,10	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,09	0,35	0,43	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,19	0,35	0,43	NS P > 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % Gandul ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.9. Análisis de variancia para extracto etéreo (EE).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			

F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	2,1867	0,54667	39,13	0,00
Inclusión	4	0,26365	0,06591	4,72	0,004
Interacción	16	0,97699	0,06106	4,37	0,00
Error	35	0,48895	0,01397		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 8,39 %

Cuadro A1.10. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre el extracto etéreo (EE).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,24	0,24	0,30	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,65	0,24	0,30	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,30	0,24	0,30	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,26	0,24	0,30	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,41	0,24	0,30	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,06	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,02	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,35	0,24	0,30	* P < 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,39	0,24	0,30	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,04	0,24	0,30	NS P > 0,05

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.11. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre el extracto etéreo (EE).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,17	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,01	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,00	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,10	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,18	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,17	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,07	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,01	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,11	0,24	0,30	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,10	0,24	0,30	NS P > 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % - Gandúl ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.12. Análisis de variancia para fibra cruda (FC).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			

F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	141,31	35,328	168,48	0,00
Inclusión	4	204,551	51,138	243,89	0,00
Interacción	16	107,149	6,697	31,94	0,00
Error	35	7,339	0,21		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 1,1 %

Cuadro A1.13. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra cruda (FC).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,99	0,94	1,16	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	2,47	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	0,27	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	1,78	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	3,43	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	1,26	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,79	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	2,20	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	4,25	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	2,05	0,94	1,16	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.14. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra cruda (FC).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	4,13	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	3,78	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	4,24	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	3,27	0,94	1,16	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,35	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,11	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,86	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,46	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,51	0,94	1,16	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,97	0,94	1,16	* P < 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % Gandul ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.15. Análisis de variancia para proteína cruda (PC).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			

F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	14,4641	3,616	68,34	0,00
Inclusión	4	44,669	11,1672	211,04	0,00
Interacción	16	10,6942	0,6684	12,63	0,00
Error	35	1,852	0,0529		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 2,7 %

Cuadro A1.16. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la proteína cruda (PC).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,88	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	1,19	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	1,46	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,85	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,31	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,58	0,47	0,58	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,03	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,27	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,34	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,61	0,47	0,58	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.17. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la proteína cruda (PC).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,40	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,82	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	1,28	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	2,47	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,42	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,88	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	2,07	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,46	0,47	0,58	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	1,65	0,47	0,58	** P < 0,01
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	1,19	0,47	0,58	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % - Gandul ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.18. Análisis de variancia para fibra detergente neutro (FDN).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			
F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	63,853	15,963	30,66	0,00
Inclusión	4	53,543	13,386	25,71	0,00
Interacción	16	105,479	6,592	12,66	0,00
Error	35	18,224	0,521		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 1 %

Cuadro A1.19. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra detergente neutro (FDN).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,39	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,69	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	2,61	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,89	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	1,08	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	2,22	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	1,28	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	3,30	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,20	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	3,50	1,48	1,82	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.20. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra detergente neutro (FDN).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	1,60	1,48	1,82	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	1,95	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	2,19	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	2,13	1,48	1,82	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,35	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,59	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,53	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	0,24	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,18	1,48	1,82	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,06	1,48	1,82	NS P > 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % - Gandúl ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.21. Análisis de variancia para fibra detergente ácido (FDA).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			
F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	127,0459	31,7615	57,35	0,00
Inclusión	4	28,0469	7,0117	12,66	0,00
Interacción	16	23,6452	1,4778	2,67	0,008
Error	35	19,3833	0,5538		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 1,5 %

Cuadro A1.22. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la fibra detergente ácido (FDA).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	1,39	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	3,23	1,53	1,88	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	4,80	1,53	1,88	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	2,69	1,53	1,88	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	1,84	1,53	1,88	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	3,41	1,53	1,88	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	1,30	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	1,57	1,53	1,88	* P < 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,54	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	2,11	1,53	1,88	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.23. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la fibra detergente ácido (FDA).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,49	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,67	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	1,75	1,53	1,88	* P < 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	1,54	1,53	1,88	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,18	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	1,26	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	1,05	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	1,08	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,87	1,53	1,88	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	0,21	1,53	1,88	NS P > 0,05

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % - Gandúl ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

Cuadro A1.24. Análisis de variancia para lignina detergente ácido (LDA).

Factor	Niveles	Valores			
Brachiaria	5	Decumbens Marandú Mulato Piatá Xaraés			
% inclusión	5	Testigo, 10 % Centrosema, 15 % Centrosema, 10 % Gandul, 15 % Gandul			

F de V	GL	SC*	CM**	Fc	P
Brachiaria	4	70,684	17,671	91,06	0,00
Inclusión	4	24,798	6,199	31,95	0,00
Interacción	16	219,116	13,695	70,57	0,00
Error	35	6,792	0,194		
Total	59				

* SC = Suma de Cuadrados Ajustados; ** CM = Cuadrado Medio Ajustado
CV= Coeficiente de variación = 2,3 %

Cuadro A1.25. Prueba de Tukey al 5% del efecto de variedad sobre la lignina detergente ácido (LDA).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	2,34	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	1,39	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	2,95	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,65	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,95	0,90	1,11	* P < 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	0,61	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	1,69	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	1,56	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,74	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	2,30	0,90	1,11	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Decumbens ; \bar{X}_2 = Marandú ; \bar{X}_3 = Mulato II ; \bar{X}_4 = Piatá ; \bar{X}_5 = Xaraés

Cuadro A1.26. Prueba de Tukey al 5% del efecto de porcentaje de inclusión de leguminosas sobre la lignina detergente ácido (LDA).

Diferencia	Valor Absoluto	Tukey 0,05	Tukey 0,01	Decisión
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	0,06	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	0,56	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_1 - \bar{X}_4$	1,46	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_1 - \bar{X}_5$	0,30	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	0,62	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_2 - \bar{X}_4$	1,40	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_2 - \bar{X}_5$	0,36	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_3 - \bar{X}_4$	2,02	0,90	1,11	** P < 0,01
$\bar{X}_3 - \bar{X}_5$	0,26	0,90	1,11	NS P > 0,05
$\bar{X}_4 - \bar{X}_5$	1,76	0,90	1,11	** P < 0,01

\bar{X}_1 = Testigo ; \bar{X}_2 = 10 % Centrosema ; \bar{X}_3 = 15 % Centrosema ; \bar{X}_4 = 10 % - Gandul ; \bar{X}_5 = 15 % Gandul

ANEXO 2

Estadística descriptiva

Cuadro A2.1. Estadística descriptiva para las variables en estudio por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	DISMS		MS		Proximal				Van Soest		
	N	Media (DE)	N	Media (DE)	Cenizas	EE	FC	PC	FDN	FDA	LAD
	----- % -----										
Decumbens	17	63,2 ^a (6,2)	12	22,7 ^a (0,7)	9,4 ^a (0,2)	1,2 ^a (0,2)	42,9 ^a (2,4)	9,1 ^a (0,9)	71,3 ^a (1,6)	46,2 ^a (0,7)	17,6 ^a (0,)
Marandú	17	63,7 ^a (9,6)	12	23,4 ^{bc} (0,7)	9,5 ^{ac} (0,2)	1,4 ^{bc} (0,1)	41,9 ^{bc} (3,1)	8,3 ^{bc} (1,2)	71,7 ^{ac} (0,6)	47,6 ^{ac} (0,7)	19,9 ^{bc} (1,9)
Mulato II	18	62,4 ^a (4,9)	12	23,2 ^{bce} (0,4)	9,8 ^{bce} (0,5)	1,8 ^{bde} (0,2)	45,4 ^{bde} (3,3)	7,9 ^{bce} (0,9)	70,6 ^{ace} (0,8)	49,4 ^{bde} (1,0)	18,9 ^{bde} (3,2)
Piatá	17	60,8 ^a (5,5)	12	23,7 ^{bcfg} (1,1)	8,3 ^{bdf} (0,3)	1,5 ^{bcfh} (0,2)	43,2 ^{adf} (1,2)	7,7 ^{bcdf} (0,6)	73,9 ^{bdff} (2,9)	51,0 ^{bdfg} (1,9)	20,6 ^{bcfg} (1,0)
Xaraés	18	60,0 ^a (6,6)	12	21,9 ^{bdffh} (0,7)	8,8 ^{bdg} (0,6)	1,4 ^{bcgh} (0,2)	41,1 ^{bcg} (1,1)	8,3 ^{bceg} (1,2)	70,4 ^{aceg} (1,9)	48,9 ^{bceh} (0,9)	18,3 ^{adeh} (2,7)

DISMS = Digestibilidad *In situ* materia seca; MS = Materia seca; C = Ceniza; EE = Extracto etéreo; FC =Fibra cruda; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LAD = Lignina detergente ácido; Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

Cuadro A2.2. Estadística descriptiva para DISMS por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	6	63,7	7,7	2	62,9	1,0	3	61,7	3,2	6	63,7	7,7	3	64,1	9,6	3	63,0	6,8
Marandú	6	62,1	11,3	2	73,3	2,5	3	66,7	2,5	6	62,1	11,3	3	61,8	11,1	3	60,4	12,2
Mulato II	6	62,7	2,6	3	64,8	7,6	3	58,7	6,0	6	62,7	2,6	3	63,5	3,2	3	61,9	7,0
Piatá	6	62,0	1,0	2	64,8	3,0	3	58,5	6,5	6	62,0	1,0	3	59,8	8,0	3	59,1	9,6
Xaraés	6	56,8	8,7	3	62,6	3,3	3	60,1	9,4	6	56,8	8,7	3	63,3	0,2	3	60,7	4,8

Cuadro A2.3. Estadística descriptiva para materia seca por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	22,7	0,1	2	21,4	0,1	2	23,3	0,2	4	22,7	0,1	2	23,1	0,0	2	22,9	0,3
Marandú	4	23,8	0,0	2	23,7	0,1	2	23,7	0,1	4	23,8	0,0	2	23,5	0,1	2	21,9	0,3
Mulato II	4	23,8	0,2	2	23,1	0,1	2	23,0	0,3	4	23,8	0,2	2	22,8	0,4	2	22,9	0,3
Piatá	4	25,0	0,2	2	23,5	0,2	2	23,9	0,1	4	25,0	0,2	2	22,0	0,1	2	22,8	0,1
Xaraés	4	22,6	0,1	2	22,1	0,1	2	21,7	0,3	4	22,6	0,1	2	21,7	0,3	2	20,7	0,2

Cuadro A2.4. Estadística descriptiva para ceniza por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	9,4	0,2	2	9,1	0,1	2	9,6	0,1	4	9,4	0,2	2	9,5	0,1	2	9,4	0,2
Marandú	4	9,6	0,1	2	9,7	0,0	2	9,5	0,2	4	9,6	0,1	2	9,2	0,1	2	9,4	0,3
Mulato II	4	10,3	0,0	2	9,5	0,1	2	9,3	0,1	4	10,3	0,0	2	9,6	0,6	2	9,4	0,2
Piatá	4	8,5	0,1	2	7,8	0,2	2	8,2	0,0	4	8,5	0,1	2	8,4	0,1	2	8,5	0,1
Xaraés	4	9,3	0,2	2	8,0	0,0	2	8,7	0,2	4	9,3	0,2	2	8,2	0,3	2	9,1	0,0

Cuadro A2.5. Estadística descriptiva para extracto etéreo por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	1,0	0,0	2	1,1	0,1	2	1,4	0,1	4	1,0	0,0	2	1,2	0,0	2	1,1	0,1
Marandú	4	1,3	0,1	2	1,4	0,2	2	1,5	0,0	4	1,3	0,1	2	1,4	0,1	2	1,4	0,2
Mulato II	4	1,9	0,1	2	1,4	0,2	2	1,9	0,0	4	1,9	0,1	2	1,8	0,1	2	2,0	0,0
Piatá	4	1,6	0,2	2	1,3	0,0	2	1,3	0,0	4	1,6	0,2	2	1,4	0,0	2	1,4	0,1
Xaraés	4	1,6	0,0	2	1,4	0,1	2	1,3	0,3	4	1,6	0,0	2	1,6	0,0	2	1,1	0,1

Cuadro A2.6. Estadística descriptiva para por variedad fibra cruda y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	40,4	0,2	2	45,7	0,3	2	43,2	0,9	4	40,4	0,2	2	46,0	1,1	2	41,9	0,0
Marandú	4	37,9	0,2	2	42,3	0,1	2	43,8	0,1	4	37,9	0,2	2	45,5	0,1	2	44,3	0,1
Mulato II	4	41,1	0,5	2	48,9	0,8	2	47,9	0,9	4	41,1	0,5	2	46,8	0,7	2	46,5	0,2
Piatá	4	42,2	0,3	2	45,1	0,6	2	43,8	0,7	4	42,2	0,3	2	43,3	0,1	2	42,5	0,4
Xaraés	4	40,1	0,2	2	40,4	0,6	2	42,0	0,2	4	40,1	0,2	2	41,4	0,5	2	42,9	0,1

Cuadro A2.7. Estadística descriptiva para proteína cruda por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	8,2	0,1	2	8,4	0,3	2	9,9	0,3	4	8,2	0,1	2	9,3	0,4	2	10,7	0,1
Marandú	4	7,5	0,0	2	8,4	0,3	2	7,5	0,4	4	7,5	0,0	2	7,9	0,3	2	10,7	0,4
Mulato II	4	7,0	0,0	2	7,4	0,2	2	8,2	0,3	4	7,0	0,0	2	8,6	0,4	2	9,4	0,5
Piatá	4	7,1	0,1	2	7,5	0,1	2	8,4	0,1	4	7,1	0,1	2	7,4	0,3	2	8,5	0,3
Xaraés	4	7,2	0,0	2	7,5	0,1	2	9,6	0,2	4	7,2	0,0	2	8,1	0,1	2	10,1	0,2

Cuadro A2.8. Estadística descriptiva para fibra detergente neutro por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	72,5	0,3	2	70,0	1,0	2	69,5	2,1	4	72,5	0,3	2	70,5	0,7	2	72,9	0,4
Marandú	4	72,0	0,3	2	72,2	0,2	2	71,6	0,3	4	72,0	0,3	2	71,7	0,9	2	70,6	0,4
Mulato II	4	70,1	0,5	2	71,3	0,4	2	71,7	1,0	4	70,1	0,5	2	69,9	0,5	2	70,8	0,4
Piatá	4	77,5	0,4	2	73,1	0,5	2	70,0	0,1	4	77,5	0,4	2	73,7	0,6	2	71,9	0,2
Xaraés	4	72,5	1,3	2	70,0	0,2	2	70,8	0,3	4	72,5	1,3	2	69,1	0,2	2	67,7	1,3

Cuadro A2.9. Estadística descriptiva para fibra detergente ácido por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	46,3	0,1	2	46,5	0,8	2	45,9	1,4	4	46,3	0,1	2	46,4	0,8	2	45,7	1,0
Marandú	4	48,0	0,3	2	47,7	0,1	2	47,0	0,7	4	48,0	0,3	2	47,8	0,0	2	47,1	1,6
Mulato II	4	49,5	0,1	2	50,3	0,8	2	48,2	1,5	4	49,5	0,1	2	50,3	1,0	2	48,8	0,2
Piatá	4	53,3	0,9	2	51,1	0,3	2	48,9	0,7	4	53,3	0,9	2	50,3	0,1	2	49,2	0,3
Xaraés	4	49,8	0,9	2	48,8	1,4	2	48,1	0,1	4	49,8	0,9	2	48,7	0,9	2	48,2	0,2

Cuadro A2.10. Estadística descriptiva para lignina detergente ácido por variedad y nivel de leguminosa por variedad del género *Brachiaria*.

Variedad	Centrosema									Gandul								
	Testigo			10 %			15 %			Testigo			10 %			15%		
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE
Decumbens	4	17,6	0,4	2	16,6	0,1	2	17,8	0,1	4	17,6	0,4	2	18,1	0,1	2	18,0	0,3
Marandú	4	20,5	0,1	2	18,4	0,8	2	18,2	0,2	4	20,5	0,1	2	23,6	0,6	2	18,5	0,1
Mulato II	4	17,3	0,7	2	22,7	0,7	2	14,2	0,4	4	17,3	0,7	2	22,8	0,7	2	19,6	0,1
Piatá	4	20,5	0,2	2	19,0	0,1	2	22,2	0,4	4	20,5	0,2	2	20,5	0,3	2	20,6	0,6
Xaraés	4	20,0	0,7	2	19,0	0,3	2	16,0	0,3	4	20,0	0,7	2	13,8	0,2	2	20,8	0,5

ANEXO 3

Descripción de técnicas utilizadas en Digestibilidad *In situ* de la materia seca, análisis proximal y Van Soest

Técnica A3.1. Determinación de la Digestibilidad *In situ* de la materia seca

Referencia

“Manual de Procedimientos de Laboratorio”, del laboratorio de bromatología y nutrición animal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Objetivo

La digestibilidad de un alimento se define como la proporción del alimento que fue aprovechada por el animal y que no es excretado por las heces se supone por lo tanto que ha sido absorbido.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento adecuado para la determinación de la digestibilidad de cualquier tipo de muestra empleada para la alimentación de rumiantes.

Fundamento

La técnica se fundamenta en el uso de bolsas de dacrón, (bajo en nitrógeno), que contienen cierta cantidad de muestra en su interior, éstas son colocadas en el rumen de los animales fistulados durante 48 horas para una posterior digestión química con pepsina en el laboratorio. Se utiliza principalmente cuando se requiere de información acerca del efecto de las condiciones ruminales sobre la digestión de una muestra. Permite mantener constantes las condiciones ruminales y variar los substratos incubados.

Material y Equipo

- Bolsas de dacrón para digestibilidad
- Cadenas de acero
- Hilo de Nylon
- Cuba de vidrio (capacidad 10 litros)
- Agitador Magnético
- Balde de plástico
- Molino
- Estufa
- Coolers con hielo
- Cadena de hierro galvanizado
- Crisoles
- Pinzas
- Mufla
- Sellador de fundas
- Incubadora
- Desecador

Reactivos

- Pepsina 700 FIP
- Ácido clorhídrico (0,1 N)
- Agua

Procedimiento

- Secar las muestras de forraje en horno a 65 °C durante 48 horas, para luego ser molidas en molino, con criba de 2 mm.
- Codificar las muestras con seis replicas, pesar 3g de muestra y poner en la funda nylon (10 x 5 cm, tamaño del poro $50\pm 10\ \mu\text{m}$); y finalmente sellarlas.
- Incubar la funda de nylon con la muestra durante 48 horas, utilizando 3 vacas holstein ($560\pm 23\ \text{kg}$), con cánula ruminal. Para poder garantizar su permanencia en la parte ventral del rumen se usa una cadena de hierro galvanizado de 30 cm, fijada a la cánula ruminal con hilo de nylon de 50cm.
- Después de 48 horas las bolsas se extraen y se lavan con agua corriente hasta la no aparición de turbidez en esta, la última se realiza con agua destilada.
- Se incuban en solución de ácido clorhídrico pepsina al 0,2 % por 48 horas, con movimientos cada media hora.

- Se lavan las muestras en la lavadora automática durante 50 minutos en centrifugado lento.
- Se coloca las bolsas en la estufa a 65 °C por 48 horas.
- Se enfría en el desecador por media hora se pesa en la balanza analítica.
- El residuo de cada bolsa se coloca en crisoles de porcelana tarados, se pesa de nuevo y se seca en la estufa a 105 °C por 24 horas, después se coloca en la mufla a 550 °C por 4 horas, pasan al desecador por media hora y se procede a pesar las cenizas, y se hace los cálculos para estimar la digestibilidad.

Cálculos

$$\text{DISMS} = \frac{\text{MS INICIAL} - \text{MS RESIDUAL}}{\text{MS INICIAL}} \times 100$$

DISMS = Digestibilidad *In situ* de la materia seca.

MS= Materia seca

Técnica A3.2. Determinación de cenizas

Referencias

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986

Objetivo

Determinar y cuantificar la ceniza (parte mineral o inorgánica) presente en una muestra de alimento completo o de un forraje, mediante la metodología del análisis proximal para evaluar la calidad del forraje o el alimento completo.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento óptimo para la determinación de cenizas por vía seca en productos alimenticios para consumo humano o animal.

Fundamento

La muestra de un alimento se incinera a 550 °C para quemar todo el material orgánico presente en la muestra. El material inorgánico que no se quema a ésta temperatura se denomina cenizas.

Material y equipo

- Plancha precalcinadora
- Balanza analítica
- Tapas para crisoles
- Pinza universal
- Mufla a 550 °C
- Desecador con sílica gel
- Crisoles de Porcelana
- Espátula

Procedimiento

- Los crisoles luego de permanecer en una solución de dicromato de potasio, procedemos a enjuagar por tres veces consecutivas con agua y de la misma forma procedemos a enjuagar con agua destilada luego introducimos los crisoles a la mufla por un tiempo de 4 horas por lo mínimo para que se efectúe el tarado del material.
- Se enfría los crisoles en el desecador durante media hora como mínimo al cabo de lo cual se procede a pesar los crisoles en la balanza analítica y se registra éste peso.
- Se pesa alrededor de 1 a 5 gr de la muestra problema (sólido o líquido) con una aproximación de 0,1 mg, en el crisol que se encuentra en la balanza analítica y se registra este peso.
- Se coloca los crisoles en la plancha pre-calcinadora y se lo mantiene allí hasta que las muestras se encuentren previamente calcinadas (sin presencia de humo negro).
- Se traslada los crisoles con la muestra previamente calcinada a la mufla y se eleva la temperatura a 550 °C. por el tiempo de 4 horas.
- Se saca los crisoles de la mufla y se coloca en el desecador por media hora como mínimo para su enfriamiento.
- Se procede a pesar los crisoles con la ceniza y se registra este peso.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(PC)-(P)}{(P+M)-(P)} \times 100 \%$$

Dónde:

PC = Peso del crisol con ceniza

P = Peso del crisol

C = Ceniza

M = Muestra

$$\% \text{ Ceniza BS} = \frac{100 \% \text{ ceniza}}{\% \text{ MS}}$$

Materia orgánica

$$\% \text{ Materia orgánica} = 100 - \% \text{ cenizas}$$

Técnica A3.3. Determinación de extracto etéreo

Referencias

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986

Objetivo

Determinar y cuantificar la cantidad de extracto etéreo presente en una muestra de alimento seco o de un forraje, mediante la metodología del análisis proximal para evaluar la calidad del forraje o el alimento completo.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento óptimo para la determinación de extracto etéreo en productos alimenticios destinados para consumo humano o animal.

Fundamento

El hexano se evapora y se condensa continuamente y al pasar a través de la muestra extrae materiales solubles en el solvente orgánico. El extracto se recoge en un beaker y cuando el proceso se completa el hexano se destila y se recolecta en otro recipiente, y la grasa que queda en el beaker se seca y se pesa.

Material y equipo

- Equipo para la extracción de grasa (Goldfish)
- Porta - dedales
- Dedales de extracción
- Beakers para el solvente orgánico
- Papel aluminio
- Beakers para recuperar hexano
- Desecador
- Espátula
- Estufa
- Pinzas
- Balanza analítica

Reactivos

- Hexano
- Sodio sulfato de anhídrido
- Algodón desengrasado

Procedimiento

- Una vez lavados los beakers en el solvente, séquelos en la estufa a 105 °C por 2 horas.
- Retirar de la estufa y ponerlos en el desecador por media hora, pesarlos, registrar el peso y colocarlos en el desecador hasta el momento de ser utilizados.
- Realizar el pesaje de las muestras en papel aluminio, pese 1 g. de muestra con aproximación de 0,1 mg, registre el peso.
- Coloque en un papel limpio sodio sulfato anhídrido (Na_2SO_4), colóquelo en la muestra pesada.
- Pese el papel aluminio con el residuo de la muestra, registre el peso.
- Coloque la muestra con sodio sulfato anhídrido (Na_2SO_4) en un dedal.
- Introduzca un tapón de algodón desengrasado en la boca del dedal.
- Coloque el dedal dentro de la porta-dedal.
- Coloque las portas - dedales con dedales dentro de los ganchos metálicos que están ubicados en el aparato Goldfish.

- Saque los beakers del desecador y agregue 60 cc de hexano aproximadamente (Es inflamable).
- Coloque el beaker con el hexano dentro del anillo metálico de rosca.
- Coloque el anillo metálico con el beaker en el aparato de Goldfish.
- Abra el grifo de agua que está conectado a los refrigerantes del aparato.
- Abra la válvula de seguridad 3 veces (estas válvulas se encuentran encima de los refrigerantes del equipo).
- Levante las parrillas hasta tocar los vasos y ajuste el calor para rendir de 4 a 6 gotas por segundo.
- Extraiga el extracto etéreo durante 4 horas. En este tiempo debe controlar que el hexano no se evapore.
- Una vez realizada la extracción del extracto etéreo y al cabo de las 4 horas proceda de la siguiente manera:
- Baje los calentadores
- Saque el anillo metálico de rosca que está conteniendo el beaker con hexano y extracto etéreo.
- Saque la porta - dedal de los ganchos metálicos del equipo
- Coloque los beakers de recuperación del hexano en los ganchos metálicos del aparato.
- Vuelva a colocar el anillo de rosca metálico que está conteniendo el beaker con el hexano y extracto etéreo en el aparato Goldfish.
- Levante la parrilla hasta que el sobrante de hexano esté casi todo en el vaso de recuperación.
- Baje los calentadores.
- Coloque el beaker con el extracto etéreo en la estufa a 105 °C. por media hora.
- Saque los beakers de recuperación con el solvente que se encuentra en el equipo y ponga el hexano recuperado en el frasco destinado para este fin.

- Saque los beakers con el extracto etéreo de la estufa y colóquelos en el desecador por media hora para su enfriamiento. Péselos y registre el peso.
- Lave todos los materiales utilizados en la extracción del extracto etéreo.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{(\text{Peso beaker} + \text{extracto etéreo}) - (\text{Peso beaker})}{(\text{Peso papel} + \text{Muestra}) - (\text{Peso papel})} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Extracto etéreo Base Seca} = \frac{100 * \% \text{ extracto etéreo}}{\% \text{ MS}}$$

Técnica A3.4. Determinación de humedad higroscópica

Referencias

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986

Objetivo

Determinar y cuantificar la humedad higroscópica presente en una muestra de alimento completo o de un forraje, mediante la metodología del análisis proximal para evaluar y asegurar la calidad del forraje.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento adecuado para la determinación de humedad en una muestra, cabe mencionar que aquellas que fueron secadas a 60 grados centígrados (pastos, forrajes, raíces, tubérculos, etc.) contienen cierta cantidad de humedad higroscópica y que hay que extraerla sometiéndolas a secamiento a 105 °C para determinar la humedad total, para el caso de las muestras con un porcentaje mayor al 80 % de materia seca, la humedad higroscópica constituye la humedad total.

Fundamento

Este método se basa en la volatilización del agua a causa del calor, hasta que se haya eliminado el 100 % de agua aplicando para ello una temperatura de 105 °C.

Material y equipo

- Estufa de gravedad a 105 °C
- Balanza analítica
- Capsulas de porcelana
- Pinza universal
- Desecador con sílica gel
- Espátula

Procedimiento

- Coloque las cápsulas previamente lavados en una estufa a 105 °C por tres horas como mínimo.
- Enfríe las cápsulas en un desecador por media hora mínimo, al cabo de lo cual proceda a pesar los recipientes en la balanza analítica cuidando de manipular las cápsulas con la pinza universal. Registrar el peso.
- Pesar 1 gr de muestra, con aproximación de 0,5 mg en la cápsula que se encuentra en la balanza analítica. Registre el peso.
- Coloque las cápsulas con la muestra húmeda en la estufa de gravedad a 105 °C por 12 h.
- Saque los recipientes con la muestra seca de la estufa y colóquelos en un desecador por media hora como mínimo para su enfriamiento.
- Proceda a pesar las cápsulas con la muestra seca. Registre el peso.
- Lave los materiales utilizados en la determinación de humedad higroscópica.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{(\text{Peso crisol+muestra seca}) - (\text{Peso crisol})}{(\text{Peso crisol+Muestra}) - (\text{Peso crisol})} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{ materia seca}$$

Técnica A3.5. Determinación de proteína cruda

Referencias

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986

Objetivo

Determinar la concentración de nitrógeno total en forma de amoníaco presente en una muestra para luego ser transformado a través de un factor en proteína.

Alcance y campo de aplicación

El método es aplicable para alimentos en general ya sea para consumo humano o animal.

Fundamento

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado y calor, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar anhídrido carbónico y agua, La proteína se descompone con el ácido formando sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibéndolo en ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico 0,1 N en presencia de fenolftaleína.



Material y equipo

- Equipo de digestión y destilación Macro Kjeldahl
- Balanza analítica
- Balones 800 ml
- Buretas
- Papel bond
- Probetas
- Frascos erlenmeyer 500 ml
- Soporte universal
- Barra de agitación

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato de sodio
- Sulfato cúprico
- Solución de hidróxido de sodio 50 %
- Solución indicadora para proteína
- Ácido bórico 2,5 %
- Ácido clorhídrico 0,1 N
- Granallas de zinc
- Agua

Procedimiento

- El análisis se realiza por triplicado, mínimo por duplicado.
- Moler, homogeneizar y mezclar bien la muestra.
- En muestras con contenidos de nitrógeno muy pequeño, tomar la muestra suficiente para que contenga como mínimo 5 mg de nitrógeno.
- Realizar un blanco con reactivos para sustraer el nitrógeno reactivo del nitrógeno de la muestra.

Etapa de digestión

- Pese primero el papel bond vacío para luego pesar en los papeles alrededor de 1 g de muestra con aproximación 0,1 mg registrando los pesos.
- Introducir la muestra con el papel en los balones de Kjeldahl de 800 ml.

- Añadir en cada balón aproximadamente 9 g de sulfato de sodio y 1g de sulfato de cobre.
- Agregue 25ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado en cada balón.
- Colocar los balones en los digestores del equipo Kjeldahl, prender el extractor de vapores y luego los calentadores individuales del equipo.
- Dejar que se digiera la muestra hasta que tome un color verde esmeralda, esto conseguimos en aproximadamente una hora y media. (Etapa de la digestión).

Etapa de destilación

- Mientras se realiza la etapa de la digestión proceder a preparar la etapa de destilación. Colocar en los matraces erlenmeyer 100 ml de ácido bromhídrico (H_3BO_3) al 2.5 %.
- Una vez realizada la digestión de las muestras con el ácido sulfúrico (H_2SO_4) retirar con cuidado los balones Kjeldahl de los digestores y dejarlos enfriar, mientras se realiza el enfriamiento de las muestras digeridas se procede de la siguiente manera.
- Trasladar los matraces erlenmeyer con el de ácido bromhídrico (H_3BO_3) al 2,5 % al equipo de destilación e introduzca los tubos de vidrio del equipo en los erlenmeyer, teniendo cuidado que los tubos queden en contacto con el ácido bórico.
- Abrir el grifo de agua que está conectado a los refrigerantes del Kjeldahl.
- Una vez enfriados los balones Kjeldahl con las muestras digeridas, añadir a cada balón 200 ml de agua destilada despacio y con cuidado debido a que se da una reacción exotérmica, agregar a cada balón 3 granulados de zinc.
- Proceder a añadir muy cerca del equipo Kjeldahl 100 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 50 % en cada balón.

- Colocar inmediatamente y sin agitar el balón de Kjeldahl a cada tapón de hule del equipo de destilación del aparato Kjeldahl, agitamos el balón para la homogeneización de las sustancias producto de la reacción.
- Prender los reverberos del equipo de destilación del aparato de determinación de proteína y regular la temperatura hasta que cada matraz erlenmeyer con ácido bromhídrico (H_3BO_3) al 2,5 % se haya recolectado de 250 a 300 ml del destilado.
- Una vez recolectado los 250 a 300 ml del destilado, retiramos los matraces erlenmeyer y colocamos de 2 a 3 gotas de indicador.

Etapas de la titulación

- Armamos el equipo de titulación que consiste en el soporte universal con los porta-buretas, el agitador magnético y la barra de agitación.
- Colocar en la bureta, ácido clorhídrico 0,1 N.
- Realizamos la titulación hasta el apareamiento de un color rosa pálido.
- Registramos la cantidad de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1 N gastados en la titulación.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Proteína bruta} = \frac{\text{HCL } 0.1 \text{ N estandarizado} * 0.014 * 6.25 \text{ ml} * \text{HCL } 0.1 \text{ N gastados.}}{(\text{Peso muestra})}$$

Dónde

$$\frac{14.01}{1000} = 0.014 \text{ (constante)}$$

$$\frac{100}{16} = 6.25 \text{ (constante)}$$

$$\% \text{ Proteína bruta BS} = \frac{100 * \% \text{ proteína bruta}}{\% \text{ materia seca}}$$

Técnica A3.6 Determinación de fibra cruda

Referencias

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986.

Objetivo

Determinar y cuantificar la cantidad de fibra cruda presente en una muestra de alimento completo o de un forraje, bajo la metodología del análisis proximal empleando bolsitas filtrantes.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento para la determinación de fibra cruda en productos alimenticios para consumo humano o animal.

Fundamento

La muestra problema se digiere primero con una solución de ácido diluido luego con una solución de base diluida. Los residuos orgánicos restantes se recogen en un crisol de filtración y se lavan con un solvente orgánico para eliminar el extracto etéreo. La pérdida de peso y después de quemar la muestra se denomina fibra cruda.

Material y equipo

- Analizador de fibra ANKOM 220
- Balanza analítica
- Capsulas de porcelana
- Filter bags ANKOM F 57
- Selladora
- Mufla
- Vaso 500 ml
- Estufa de aire caliente
- Plancha ANKOM
- Papel absorbente
- Crisoles
- Pinza para crisol

Reactivos

- H_2SO_4 0,255 N
- NaOH al 22 %
- Acetona
- Agua destilada

Procedimiento

- Preparación de la muestra.
- Rotular debidamente las bolsitas filtrantes.
- Pesar las bolsas (W1) y llevar a cero la balanza.
- Pesar aproximadamente 1,0 g (+/- 0,05 g) de la muestra molida y secada.
- Pesar dos bolsitas de filtro para determinar el blanco.
- Sellar por calor las bolsas cercanas al borde (aproximadamente 4 mm) cuidando que el lado interno de las mismas estén bien limpios para garantizar el sellado.
- Distribuir la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
- Someter las muestras a un lavado por inmersión con acetona durante 10 min enjuagando hasta que el solvente no presente coloración, secar completamente las bolsitas antes de ser sometidas a la digestión.
- El proceso se realiza por triplicado, y con 2 blancos.
- Se pesan las fundas vacías (peso 1 g).

- Pesar 1 g de muestra en las fundas con aproximación 0,005 y codificamos.
- Sellar las fundas y dispersar la muestra en la bolsita.
- Sumergir las bolsitas en acetona para desengrasarlas, lavarlas hasta que la acetona ya no tenga coloración.
- Se seca las fundas primero dejándolas reposar durante 30 min, luego con la ayuda de papel absorbente prensamos y luego las colocamos en la estufa a 60 °C.
- Ponemos 2 litros de H_2SO_4 0,13 M aproximadamente o hasta que cubra la muestra.
- Encender el equipo ANKOM y esperamos a que llegue a 90 °C.
- Una vez alcanzada esta temperatura contar 30 min para que se realice la digestión acida.
- Terminado este tiempo, se apaga el equipo y se abre la llave lateral para eliminar el ácido.
- Lavar la muestra con agua por triplicado, realizando el mismo procedimiento de la digestión acido, pero en un tiempo de 5 minutos cada lavada.
- Realizamos la digestión básica utilizando NaOH al 23 % de la misma forma, esto es a 90 °C por 30 min. Y luego se lava las muestras por triplicado, de la misma forma anterior.
- Secamos las fundas a temperatura ambiente, luego en la plancha y colocamos en la estufa de aire caliente por 4 horas.
- Pesamos las fundas ya secas, desengrasadas y digeridas.
- Colocamos las fundas en crisoles previamente tarados, pesados y codificados.
- Pre calcinamos las muestras primero en una plancha por 1 hora o hasta que deje de salir humo y luego trasladamos a la mufla.
- Dejamos durante 4 horas a 600 °C para su completa calcinación.
- Saque de la mufla los crisoles con la muestra incinerada y póngales en el desecador por 1/2 hora, al cabo de lo cual pese los crisoles con la muestra incinerada. Registre el peso.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(W4 - (W1 * C))}{W2 * DM} * 100$$

Dónde:

W1: Peso de la funda tarada.

W2: Peso de la muestra

W3: Peso después de la extracción.

W4: Peso de la materia orgánica

C: Cenizas corregidas con la funda del blanco

DM: Materia seca.

Técnica A3.7. Determinación de fibra detergente ácido (FDA) Método ANKOM

Referencias

A.O.A.C. International (formerly the Association of Official Analytical Chemists) Official Methods of Analysis. Arlington, VA:AOAC international, 1990. Nro. 973. 18. Pag. 82.

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O and B Brooks, Inc. Corvallis. OR.

Goering, H, K and Van Soest P. J. 1970 Forage fiber analices. Agric. Handbook No 379 ARS, USDA

Objetivo

Determinar y cuantificar la cantidad de fibra detergente ácido presente en una muestra de alimento completo o de un forraje, bajo la metodología del análisis proximal para evaluar la calidad de fibra detergente ácido.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento para la determinación de fibra detergente ácido en productos alimenticios para consumo humano o animal y todo tipo de follajes.

Fundamento

Se denomina fibra insoluble en detergente ácido (FDA) al residuo fibroso que queda luego de disolver el contenido celular y la hemicelulosa de la FDN (fibra insoluble en detergente neutro) empleando detergente ácido, el cual está constituido fundamentalmente por celulosa y lignina.

Material y equipo

- Estufa de aire caliente
- Balanza analítica
- Bolsas ANKOM F 57
- Desecador
- Selladora
- Equipo de digestión ANKOM 200/220 FIBER ANALIZER

Reactivos

- Solución de Detergente Acido (SDA): por cada litro de solución
- 20 g bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o Cetrimida)
- 27,7 ml ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado
- Acetona, use un grado que esté libre de colores y que no tenga niveles elevados de evaporación.

Procedimiento

Preparación de la Muestra

- Rotular debidamente las bolsas filtrantes (2 por cada muestra a analizar y 2 para los blancos).
- Pesar las bolsas de filtro (T1) y llevar a cero la balanza.
- Pesar 2 g (+/- 0.05 g) de la muestra molida y secada a 65 °C (MH1).
- Pesar una bolsa de filtro y digerirla para determinar el blanco (Tbco1).
- Sellar por calor las bolsas cercanas al borde (a 4 mm) cuidando que el lado interno de las mismas estén bien limpios para garantizar el sellado.
- Distribuya la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
- Pueden procesarse un máximo de 24 bolsas por vez.
- Para procesar las 24 bolsas se agregan 2000 ml de solución de detergente ácido dentro del vaso de digestión. Si se procesan menos de 20 bolsas se agrega la solución SDA a razón de 100 ml/bolsa. El volumen mínimo de solución es de 1 500 ml.

- Calentar de 90 – 100 °C la solución de detergente dentro del vaso digestor antes de colocar las muestras.
- Colocar las bolsas con las muestras en la gradilla y una vez caliente la solución, colocar en el vaso digestor. Cerrar y sellar el vaso de digestión.
- Después de 60 min interrumpir la agitación y el calentamiento, abrir la válvula y dejar salir la solución. Precaución: la solución dentro del vaso está bajo presión. La válvula se abre primero para liberar la presión, para luego abrir la tapa del vaso. Una vez liberada la solución se debe volver a cerrar la válvula.
- Después que la solución ha salido del vaso se abre la tapa del mismo. Se agrega aproximadamente 2 000 ml de agua destilada a 70 – 90 °C. Se cierra el vaso y se prende el agitador por 5 min. Luego se libera el agua y se repite el procedimiento dos veces más o hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.
- Sacar las bolsas del digestor y eliminar el exceso de agua de las mismas presionando con los dedos.
- Dejar secar las bolsas a temperatura ambiente completar el secado a 105 °C durante 4 horas. Enfriar en el desecador y pesar las muestras (T1+FDA) y los blancos (Tbco2)

Cálculo y expresión de resultados

$$\text{FDA BS} = 100 * [(T1+FDA) - [T1 * (Tbco2 / Tbco1)] / (MH1 * MS 105)]$$

Dónde:

% BS	= Porcentaje sobre base seca
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+FDA (g)	= Peso final de la bolsa con la fibra
Tbco1 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco inicial, (previo a la digestión con el detergente)
Tbco2 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco final

Técnica A3.8. Determinación de fibra detergente neutro (FDN) método ANKOM

Referencias

Ankom, 2005. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique. Ankom Technology.

Objetivo

Determinar y cuantificar la cantidad de fibra detergente neutro presente en una muestra de alimento o de un forraje, bajo la metodología del análisis Van Soest para evaluar los componentes de la pared celular.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento para la determinación de fibra detergente neutro en productos alimenticios o forrajes, no aplicable para alimentos con alto contenido de proteína o bajo contenido de fibra.

Fundamento

Se denomina fibra insoluble en detergente neutro (FDN) al residuo fibroso que queda luego de disolver con detergente neutro el contenido celular y las sustancias de fácil digestión que se encuentran en la pared celular.

Material y equipo

- Equipo de digestión ANKOM FIBER ANALIZER
- Balanza analítica
- Filter bags ANKOM F 57
- Desecador
- Selladora
- Estufa de aire caliente 105 ° C

Reactivos

- Solución de Detergente Neutro (SDN): por cada litro de solución.
- 30 g de Lauril sulfato de sodio
- 18,61 g de EDTA sodio deshidratado
- 6,51 g de Tetraborato de sodio
- 4,56 g de fosfato di básico de sodio anhidro
- 10 ml de trietilenglicol
- Alfa amilasa bacteriana termoestable, actividad 340,000 modificado
- Sulfito de sodio anhidro
- Acetona libre de coloración

Procedimiento

Preparación de la Muestra

- Rotular debidamente las bolsas filtrantes (2 por cada muestra a analizar y 2 para los blancos).
- Pesar las bolsas de filtro (T1) y llevar a cero la balanza.
- Pesar 2 g (+/- 0,05 g) de la muestra molida y secada a 65 °C (MH1), empleando el anillo metálico.
- Pesar una bolsa de filtro y digerirla para determinar el blanco (Tbco1).
- Sellar las bolsas lo más cercano al borde cuidando que el lado interno de las mismas esté bien limpio para garantizar el sellado.
- Distribuir las muestras uniformemente dentro de las bolsas.
- Para procesar las 24 bolsas se agregan 2 000 ml de solución de detergente neutro dentro del vaso de digestión. Si se procesan menos de 20 bolsas se agrega la solución SDN a razón de 100 ml/bolsa. El volumen mínimo de solución es de 1 500 ml.

- Agregar 4 ml de la alfa amilasa termoestable. Calentar de 90 – 100 °C la solución de detergente dentro del vaso digestor antes de colocar las muestras.
- Poner las bolsas con las muestras en la gradilla y una vez caliente la solución, colocar en el vaso digestor. Cerrar y sellar el vaso de digestión.
- Después de 60 min detener la agitación y el calentamiento, abrir la válvula y dejar salir la solución. Precaución: la solución dentro del vaso está bajo presión. La válvula se abre primero para liberar la presión, para luego abrir la tapa del vaso. Una vez liberada la solución se debe volver a cerrar la válvula.
- Después que la solución ha salido del vaso se abre la tapa del mismo. Se agrega aproximadamente 2000 ml de agua destilada a 70 – 90 °C y 4 ml de alfa amilasa. Se cierra el vaso y se prende el agitador por 5 min. Luego se libera el agua y se repite el procedimiento dos veces más o hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.
- Sacar las bolsas del digestor y eliminar el exceso de agua de las mismas presionando con los dedos.
- Dejar secar las bolsas a temperatura ambiente completar el secado a 105 °C durante 4 horas. Enfriar en desecador y pesar las muestras (T1+FDA) y los blancos (Tbco2).

Cálculo y expresión de resultados

$$\text{FDN BS} = 100 * [(T1+\text{FDN}) - [T1 * (\text{Tbco2} / \text{Tbco1})] / (\text{MH1} * \text{MS } 105)]$$

Dónde:

% BS	= Porcentaje sobre base seca
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+FDA (g)	= Peso final de la bolsa con la fibra
Tbco1 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco inicial, (previo a la digestión con el detergente)
Tbco2 (g)	= Promedio de pesos de bolsas para blanco final

Técnica A3.9 Determinación de lignina detergente ácido (LDA) método ANKOM

Referencias

A.O.A.C. International (formerly the Association of Official Analytical Chemists) Official Methods of Analysis. Arlington, VA:AOAC international, 1990. Nro. 973. 18. Pag. 82.

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O and B Brooks, Inc. Corvallis. OR.

Goering, H, K and Van Soest P. J. 1970 Forage fiber analices. Agric. Handbook No 379 ARS, USDA.

Objetivo

Determinar y cuantificar la cantidad de lignina detergente ácido presente en una muestra de alimento o de un forraje, bajo la metodología de Van Soest para evaluar la cantidad de lignina.

Alcance y campo de aplicación

Establece el procedimiento para la determinación de lignina detergente ácido en forrajes.

Fundamento

El residuo de la fibra ácido detergente consiste principalmente de lignocelulosa, la solución de ácido sulfúrico (72 %) disuelve la celulosa, quedando la lignina y la ceniza insoluble en ácido en el residuo final recuperado. La cutina también es retenida y consecuentemente se toma como si fuera parte de la lignina.

Material y equipo

- Vaso precipitación 1000 ml
- Balanza analítica
- Filter bags ANKOM F 57
- Varilla agitadora
- Desecador
- Selladora
- Estufa de aire caliente 105 ° C

Reactivos

- Ácido sulfúrico (72 % peso en peso).
- Acetona. Use un grado que esté libre de colores y que no tenga niveles elevados de evaporación

Procedimiento

Preparación de la Muestra

- Rotular debidamente la bolsitas filtrantes (2 por cada muestra a analizar y 2 para los blancos).
- Pesar 2 g (+/- 0,05 g) de la muestra molida y secada a temperatura ambiente (MH1). Pesar una bolsa de filtro vacía para usar como blanco e incorporarla en el procedimiento junto con las muestras.
- Sellar por calor las bolsas cercanas al borde (4 mm) cuidando que el lado interno de las mismas estén bien limpios para garantizar el sellado.
- Distribuya la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
- Pueden procesarse un máximo de 24 bolsas por vez.
- Poner las 24 bolsas con muestra digerida en solución DA y las bolsas “blanco” dentro de un vaso de precipitación de 1 litro y agregar suficiente cantidad (aprox. 250 ml) de H₂SO₄ al 72 % p/v. Las bolsas deben estar completamente secas y a temperatura ambiente antes de agregar el ácido.

- Poner un vaso de 50 ml dentro del vaso para que las muestras queden sumergidas en el ácido sulfúrico. Agitar con la varilla cada 30 min alrededor de 2 min.
- Después de tres horas sacar el ácido sulfúrico y enjuagar con agua destilada (90 – 100 °C) para remover los restos del ácido. Repita este procedimiento hasta que el pH esté neutro.
- Complete el secado a 105 °C durante 4 horas. Enfriar en el desecador y pesar la bolsa (T1+LDA+Cen). Luego poner la bolsa en una cápsula previamente pesada (T2) y llevar a 525 °C en la mufla durante 3 horas, luego pesar (T2+Cen). Pesar los crisoles para los blancos (T3) y llevar a la mufla junto con las muestras, luego registrar el peso (T3+Cen).

Cálculo y expresión de resultados

$$\text{LAD BS} = 100 * [T1 + \text{LAD} + \text{ceniza} - [T1 * (\text{Tbco}2 / \text{Tbco}1)] / (\text{MH}1 * \text{MS } 105)]$$

Dónde:

A (g)	= Cenizas insolubles de la muestra
MH1 (g)	= Peso de la muestra
MS 105 °C (g)	= Coeficiente de materia seca a 105 °C
T1 (g)	= Peso de tara de la bolsa
T1+LAD+ ceniza (g)	= Peso final de la bolsa con lignina y cenizas
T2 (g)	= Tara del crisol para muestras
T2 + ceniza (g)	= Peso final del crisol más la ceniza de la muestra
T3 (g)	= Tara del crisol para blancos
T3 + ceniza (g)	= Peso final del crisol más ceniza del blanco
Tbco 1 (g)	= Tara de la bolsa en blanco inicial
Tbco 2 (g)	= Tara de la bolsa en blanco final

ANEXO 4

Fotos



Foto A4.1. Animal canulado y bolsas de dacrón con muestra de dietas experimentales.



Foto A4.2. a. Introducción b. Extracción luego de 48 h c. Lavado de las muestras con residuos d. colocación de muestras en el cooler para ser trasladadas al laboratorio e. incubación f. Secado de muestras.

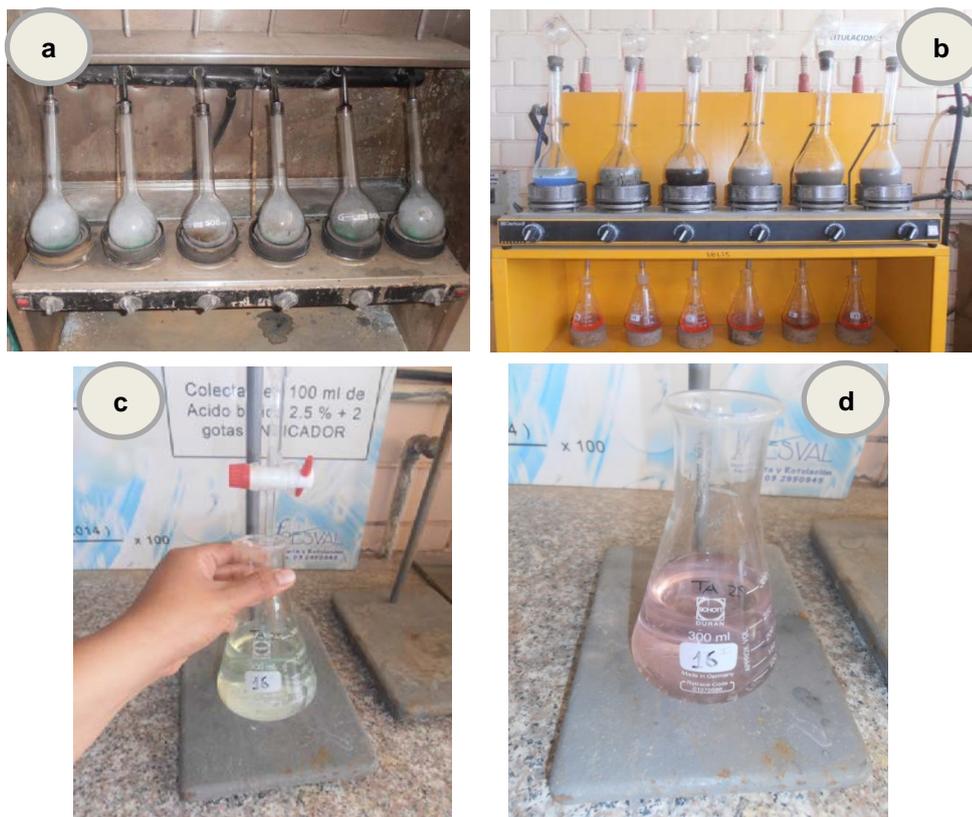


Foto A4.3. a. ebullición de la muestra con ácido sulfúrico b. digestión con hidróxido de potasio c. titulación con ácido clorhídrico 0, 1 N d. cambio de color.



Foto A4.4. Pesado de las muestras, colocación en las bolsas de filtro nylon y sellado.



Foto A4.5. a. bolsas sumergidas en acetona b. introducción de muestras en el contenedor ANKOM c. secado de muestras.