



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA Y GESTIÓN DE PROYECTOS**

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO, MENCIÓN EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**COMPORTAMIENTO FORRAJERO Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE
LEGUMINOSAS EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO
OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR.**

Autor:

JEFFERSON FERNANDO MERA LOOR

Director de Tesis:

RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS, *MSc.*

Santo Domingo – Ecuador

Mayo, 2015

COMPORTAMIENTO FORRAJERO Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE LEGUMINOSAS EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR.

Ing. Rodrigo Saquicela, *MSc.*

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Miriam Recalde, *MSc.*

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Enri Jaramillo, *MSc.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Gusqui, *MSc.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de.....del 2015.

Autor: **JEFFERSON FERNANDO MERA LOOR**

Institución: **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

Título de Tesis: **COMPORTAMIENTO FORRAJERO Y EXTRACCIÓN DE
NUTRIENTES DE LEGUMINOSAS EN UN PROGRAMA DE
MEJORAMIENTO GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO
HÚMEDO DEL ECUADOR.**

Fecha: **MAYO, 2015**

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor.

Jefferson Fernando Mera Loor

C.I. 1718500745

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo,..... de..... del 2015.

Ing. Miriam Recalde, *MSc.*

COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por el señor: **JEFFERSON FERNANDO MERA LOOR**, cuyo tema de tesis es **COMPORTAMIENTO FORRAJERO Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE LEGUMINOSAS EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO OVINO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL ECUADOR**, 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,

Ing. Rodrigo Saquicela, *MSc.*

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va con una dedicación muy especial a Dios, por haber permitido cumplir una meta más en mi vida, brindándome salud, sabiduría y capacidad para poder continuar creciendo tanto espiritual como profesionalmente en la vida.

A mis padres, en especial a mi mamá por ser la persona que con gran amor y mucho sacrificio y esfuerzo hizo de su sueños una realidad, el poder ver a sus hijos graduados profesionalmente, a mis hermanos Edwin y Karla por haberme dado el apoyo moral y material para la culminación de este trabajo.

A mi esposa Sandra García, por su apoyo incondicional, y de manera especial a mi querida y adorada hija Amy Fernanda, por ser la persona más importante en vida y darme la energía necesaria cada día para salir adelante.

JEFFERSON F.MERA LOOR

AGRADECIMIENTO

Un gran y sincero agradecimiento a Dios, por haberme dado la vida y la salud, y en cada paso que he dado me ha sabido guiar por el camino correcto, estando siempre al cuidado de mis seres queridos y mío.

A mi mamá por ser la persona que hizo posible que yo esté cumpliendo con una meta más en la vida, a mis abuelitos Aura Dueñas y Luis Loor, a mis tíos por haberme brindado siempre y en cada momento su apoyo moral y económico y haber inculcado en mí valores de respeto responsabilidad y honestidad.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por haber permitido que me desarrolle como profesional imponiendo catedráticos de excelencia y calidad, los mismos que supieron infundir sus conocimientos de una manera profesional.

A mis compañeros de clase por el tiempo compartido dentro y fuera de la aulas, el mismo que fue fundamental para nuestro desarrollo profesional.

JEFFERSON F.MERA LOOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PÁG.
Portada.....	i
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	ii
Responsabilidad del autor.....	iii
Aprobación del Director de tesis.	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Resumen ejecutivo.....	xii
Executive summary	xiii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Justificación	2
1.3	Alcance	3
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Hiptesis	4
1.5.1	Hipótesis alternativa (Ha).....	4
1.5.2	Hipótesis nula (Ho)	4

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Antecedentes	5
2.2	Beneficios de las leguminosas	5
2.3	Requerimientos nutricionales de las leguminosas	6
2.4	Especies de leguminosas	6
2.4.1	Gandul (<i>Cajanus cajan</i>)	6
2.4.2	Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>)	12

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Ubicación geográfica	17
3.2	Características edafoclimáticas	17
3.3	Materiales.....	17
3.3.1	Material experimental.....	17
3.3.2	Insumos, instrumentos y recursos	18
3.4	Factores en estudio.....	18
3.5	Medición de variables	19
3.6	Características del área experimental.....	20
3.7	Diseño experimental	21
3.8	Tratamientos	22
3.9	Manejo del experimento	23

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis del gandul (<i>Cajanus cajan</i>).....	24
4.1.1	Proteína Cruda (PC)	24
4.1.2	Altura de planta	24
4.1.3	Materia Seca	25
4.1.4	Fibra cruda.....	27
4.1.5	Grasa.....	28
4.1.6	Ceniza.....	29
4.1.7	Absorción de nutrientes.....	30
4.2	Análisis del centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>).....	30
4.2.1	Altura de planta	30
4.2.2	Materia seca.....	31

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	33
5.2	Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA.....		35
ANEXOS.....		38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Valores promedios de altura de planta de cinco variedades de <i>Cajanus cajan</i> ...	8
Tabla 2.2. Producción (ciclo de 9 meses) de diferentes porciones vegetales en materia seca de gandul (<i>Cajanus cajan</i>) en cuatro edades de corte	10
Tabla 2.3. Concentración de nutrientes en tejido vegetal del <i>Cajanus cajan</i> considerando niveles inadecuados y adecuados para el crecimiento de la planta.	11
Tabla 2.4. Valores promedios de Proteína Cruda, en relación a la altura de planta y frecuencia de corte	12
Tabla 2.5. Producción total de Materia Verde Seca (MVS) y características de crecimiento de accesiones de <i>centrosema pubescens</i>	14
Tabla 2.6. Rendimiento de materia seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de <i>Centrosema pubescens</i> , en tres localidades de la Amazonía ecuatoriana	16
Tabla 2.7. Contenido de proteína cruda, fósforo y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del <i>centrosema pubescens</i> en tres localidades y cuatro frecuencias de corte en la Amazonía ecuatoriana.	16
Tabla 3.1. Esquema del análisis de varianza para el diseño experimental de gandul	21
Tabla 3.2. Esquema del análisis de varianza para el diseño experimental de centrosema ..	21
Tabla 3.3. Identificación de tratamientos entre frecuencias de corte y alturas de corte para gandul.	22
Tabla 3.4. Identificación de tratamientos entre frecuencias de corte y alturas de corte para centrosema	22
Tabla 4.1. Absorción de nutrientes por el <i>Cajanus cajan</i>	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Altura del <i>Cajanus cajan</i> por efecto de las frecuencias y alturas de corte	25
Figura 4.2. Producción de materia seca total, de hojas y de tallos por frecuencia de corte del <i>Cajanus cajan</i>	26
Figura 4.3. Producción de materia seca total, de hojas y de tallos por altura de corte del <i>Cajanus cajan</i>	27
Figura 4.4. Producción de fibra cruda (%) del <i>Cajanus cajan</i> en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte	28

Figura 4.5. Producción de grasa (%) del <i>Cajanus cajan</i> en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte.....	28
Figura 4.6. Producción de ceniza (%) del <i>Cajanus cajan</i> . en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte	29
Figura 4.7. Producción de materia seca total, de hojas, y altura de centrosema por efecto de las frecuencias de corte.	31
Figura 4.8. Producción de materia seca total y de hojas de centrosema por efecto de las alturas de corte.....	32
Figura 4.9. Producción de materia seca de tallos de centrosema por efecto de las alturas de corte	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para altura de planta en gandul.....	38
Anexo 2. Análisis de varianza para materia seca total en gandul	38
Anexo 3. Análisis de varianza para materia seca hojas en gandul	38
Anexo 4. Análisis de varianza para materia seca tallos en gandul.....	39
Anexo 5. Análisis de varianza para proteína en gandul	39
Anexo 6. Análisis de varianza para fibra en gandul.....	39
Anexo 7. Análisis de varianza para grasa en gandul	40
Anexo 8. Análisis de varianza para ceniza en gandul	40
Anexo 9. Análisis de varianza para altura de planta en centrosema.....	40
Anexo 10. Análisis de varianza para materia seca total en centrosema	41
Anexo 11. Análisis de varianza para materia seca hojas en centrosema.....	41
Anexo 12. Análisis de varianza para materia seca tallos en centrosema.....	41
Anexo 13. Establecimiento y manejo de parcelas	42
Anexo 2. Cortes realizados a centrosema y gandul.....	42

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad la producción de leche y carne de los rumiantes en las regiones tropicales está limitada por la calidad nutritiva de las especies forrajeras y por el manejo que reciben las praderas durante el pastoreo. En la presente investigación se evaluó el comportamiento forrajero de dos leguminosas forrajeras: gandul (*Cajanus cajan*) y centrosema (*Centrosema pubescens*), además de la calidad nutritiva y extracción de nutrientes del gandul en un ciclo fenológico de 90 días. Para gandul se realizaron tres frecuencias de corte a 45, 60 y 90 días con tres alturas de corte 40, 60 y 80 cm; en cambio que para centrosema se realizaron dos frecuencias de corte, a 60 y 90 días, con tres alturas de corte 5, 10 y 15 cm. Esto se lo realizó con un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3, con tres repeticiones para gandul y un arreglo factorial de 3 x 2 para centrosema de igual manera con tres repeticiones. Para la extracción de nutrientes en gandul se realizaron los cortes a una altura de 60 cm cada 15 días. El experimento se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, en un tipo de suelo clasificado como Andisol, se establecieron parcelas de 10,0 m por 5,0 m, el distanciamiento de siembra tanto para gandul como para centrosema fue de 0,50 m por 1,0 m. Se utilizó análisis de varianza, la prueba de significación Tukey, y modelos de regresión polinomiales con $\alpha = 0,05$ para el diseño indicado. En gandul la mayor altura de planta ($P < 0,0001$) se obtuvo al cortar a los 90 días a una altura de corte de 80 cm (199,67 cm). Para la producción de materia seca total hubo efecto de la frecuencia de corte ($P = 0,0016$), en su producción más alta (2 994,7 kg ha⁻¹) se dio cuando se cortó a partir de los 60 días hasta los 90 días, en tanto que cuando se cortó a los 45 días y a una altura de corte de 40 cm reportó las menores producciones de materia seca total. También existió efecto para las alturas de corte ($P = 0,0003$), con una producción de 3 053,3 kg ha⁻¹, siendo esta las más alta cuando se cortó a los 60 y 80 cm de altura. En cuanto a la calidad nutritiva del gandul para las concentraciones de proteína no existió efecto ($P = 0,6817$) por las frecuencias y alturas de corte, observándose una media de proteína de 23,6% con un error estándar de 0,35%, en cambio que los valores más altos en fibra, grasa y ceniza se dieron cuando se cortó a los 45 días para fibra y 90 días para grasa y ceniza con alturas de corte de 60, 40 y 60 cm respectivamente. Para la extracción de nutrientes se observó que el N > K, > Ca > P > Mg. En centrosema se obtuvieron las mejores producciones de materia seca (2 072,6 kg ha⁻¹) a los 90 días y cuando se cortó a una altura de 15 cm la producción fue de 955,8 kg ha⁻¹.

EXECUTIVE SUMMARY

At present the production of milk and meat from ruminants in tropical regions is limited by the nutritional quality of forage species and management receiving the prairies during grazing. In the present study the foraging behavior of two forage legumes were evaluated: pigeon pea (*Cajanus cajan*) and centrosema (*Centrosema pubescens*) in addition to the nutritional quality and nutrient extraction slacker into a phenological cycle of 90 days. To gandul three cutoff frequencies were performed at 45, 60 and 90 days with three cutting heights 40, 60 and 80 cm; however that centrosema two cutting frequencies were performed at 60 and 90 days, with three cutting heights 5, 10 and 15 cm. This is done with a design of randomized complete block 3 x 3 factorial arrangement with three replications wastrel and a factorial arrangement of 3 x 2 for centrosema equally with three replications. For the extraction of nutrients in gandul cuts to a height of 60 cm were performed every 15 days. The experiment was conducted in Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, in one type of soil classified as Andisol, plots of 10.0 m by 5.0 m, the distance of planting for both gandul were established to centrosema was 0, 50 m by 1.0 m. Analysis of variance, Tukey significance test and polynomial regression models with $\alpha = 0.05$ for the design indicated was used. In gandul the highest plant height ($P < 0.0001$) was obtained by cutting at 90 days at a cutting height of 80 cm (199.67 cm). For the production of dry matter was no effect of the cutoff frequency ($P = 0.0016$), as higher production (2 994.7 kg ha⁻¹) was given when it was cut from 60 days up to 90 days, whereas when cut at 45 days and a cutting height of 40 cm reported lower production of dry matter. Effect also exists for cutting heights ($P = 0.0003$), with a production of 3 053.3 kg ha⁻¹, this being the highest when cut at 60 and 80 cm. Regarding nutritional quality gandul for protein concentrations there was no effect ($P = 0.6817$) by the frequency and height of cut, showing an average of 23.6% protein with a standard error of 0.35% instead that the highest values in fiber, fat and ash occurred when cut at 45 days to 90 days for fiber and fat and ash cutting heights of 60, 40 and 60 cm respectively. For extraction of nutrients is observed that the N > K > Ca > P > Mg. In centrosema the best productions of dry matter was obtained (2 072.6 kg ha⁻¹) at 90 days and when they cut to a height of 15 cm production was 955.8 kg ha⁻¹.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad la producción de leche y carne de los rumiantes en las regiones tropicales está limitada por la calidad nutritiva de las especies forrajeras y por el manejo que reciben las praderas durante el pastoreo. Existen reportes sobre el uso de leguminosas en praderas tropicales bajo diferentes sistemas de producción, sin embargo, no hay información concluyente sobre el crecimiento y acumulación de nutrientes en el ciclo fenológico de estas plantas que sirva como herramienta para el manejo de las mezclas gramíneas-leguminosas. Lo anterior es importante debido a que las leguminosas tienen diferente fisiología y tasas de crecimiento que las gramíneas, condición que debe considerarse durante el establecimiento de las praderas para no comprometer la persistencia en el campo de las leguminosas que no soportan la competencia con las gramíneas o la presión de pastoreo.

El mal manejo en el establecimiento de las diferentes especies de leguminosas afecta su crecimiento y persistencia, en consecuencia se restringe la calidad de las pasturas en términos de proteína ofrecida a los animales durante el pastoreo. El crecimiento, desarrollo y comportamiento productivo de los animales y su capacidad de reproducción se afecta al reducirse la calidad nutritiva del forraje ofrecido en corral o pastoreo, especialmente en las épocas de sequía como las predominantes en el trópico húmedo del Ecuador.

El esperado incremento en la demanda de leche y carne, obligaría a los productores pecuarios a utilizar una mayor cantidad de tierra para sembrar pasturas, generando deforestación. Esto también podría ocasionar compactación del suelo con la consecuente pérdida de infiltración e incremento de la erosión. Además, las nuevas pasturas, al basarse solo en gramíneas, producirían forraje de menor calidad de lo que se esperaría en asociaciones con leguminosas, lo que afectaría significativamente el comportamiento productivo de los animales.

Los sistemas de producción pecuarios basados en simples monocultivos de gramíneas requieren de planes de manejo que incluyan leguminosas para mejorar la calidad del forraje ofrecido a los animales.

El estudio del comportamiento de diferentes especies de leguminosas generará la información requerida para el manejo sincronizado de las mezclas gramíneas-leguminosa para pastoreo o para el establecimiento de bancos de proteína para la alimentación en corral.

1.2 Justificación

Alrededor del mundo existen aproximadamente 19,400 especies de leguminosas, distribuidas en casi 730 géneros; de éstas, una pequeña parte han sido empíricamente utilizadas en sus ecosistemas naturales con múltiples propósitos (Villanueva, 2010). Sin embargo, actualmente lo más destacado de estas plantas es su contribución al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como su contribución a la reducción de la erosión, lavado del suelo y secuestro de carbono, además de otros importantes beneficios tanto para los animales como para los cultivos asociados a su explotación; aportando proteínas de sobrepaso a la dieta del animal, mismos que contribuyen a mejorar la digestibilidad del forraje consumido, logrando incrementos considerables en la producción de carne y leche bajo condiciones de pastoreo.

Actualmente en los sistemas de producción pecuaria se está limitando el ofrecimiento de nutrientes, especialmente de proteína, el cual es uno de los nutrientes más fundamentales en la nutrición de los animales, por ende es el factor principal en las producciones pecuarias, a esto se suman también el insuficiente conocimiento acerca del uso, los beneficios de las leguminosas en la alimentación de los animales y el manejo agronómico necesario para su establecimiento y persistencia en bancos de proteína o en praderas combinadas con gramíneas.

Es así que con la inclusión de leguminosas en la alimentación de los animales se pretende aportar un forraje de mejor calidad nutritiva, ya sea en asociación gramínea-leguminosa o como bancos de proteína.

1.3 Alcance

La presente investigación es parte del Programa de mejoramiento genético de ovinos de pelo en el trópico húmedo del Ecuador de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo (UTE-SD). El Programa y proyectos de pasturas tropicales (Espinosa y Cienfuegos, 2012) fueron establecidos con la finalidad de presentar información real y confiable por parte de la Universidad hacia los pequeños y grandes productores de ganado ovino y bovino de la región. En uno de los objetivos del Programa en la etapa 1, se consideró el establecimiento de cuatro especies de leguminosas (*Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides*, *Centrosema pubescens* y *Cajanus cajan*) para estudiar el comportamiento agronómico, dinámica nutricional y absorción de nutrientes, es así que en esta investigación se publicarán resultados tanto de comportamiento agronómico y calidad de dos especies de leguminosas (*Cajanus cajan* y *Centrosema pubescens*), además de la extracción de nutrientes de *Cajanus cajan*.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento forrajero de dos leguminosas (*Cajanus cajan* y *Centrosema pubescens*) en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento forrajero del *Cajanus cajan* y *Centrosema pubescens* a diferentes alturas y días a corte.

- Determinar la calidad nutritiva de *Cajanus cajan* a diferentes alturas y días a corte.
- Determinar la extracción de nutrientes de *Cajanus cajan* durante su ciclo fisiológico.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis alternativa (Ha)

- El manejo agronómico con diferentes alturas y días a corte, permitirá determinar en qué etapa fenológica del cultivo se obtendrá la mejor cantidad y calidad nutricional de *Cajanus cajan* y *Centrosema pubescens*.

1.5.2 Hipótesis nula (Ho)

- El manejo agronómico con diferentes alturas y días a corte, no permitirá determinar en qué etapa fenológica del cultivo se obtendrá la mejor cantidad y calidad nutricional de *Cajanus cajan* y *Centrosema pubescens*.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

El nombre de la familia de las leguminosas o leguminosae, se deriva de la palabra "legumbre" que es el nombre del tipo de fruto (vaina) característico de las plantas de esta familia, se agrupan en tres subfamilias: Papilionoideae, Mimosoideae y Caesalpinoideae, siendo la más importante, tanto taxonómica como agronómicamente, la Papilionoideae, que comprende alrededor de 430 géneros y unas 12000 (Razz, 1996). Son plantas dicotiledóneas, pueden ser anuales, bianuales o perennes (Guarachi *et al*, 2006), y dependiendo de sus hábitos de desarrollo pueden ser: rastreras, trepadoras, arbustivas y arbóreas (Villanueva, 2010).

2.2 Beneficios de las leguminosas

Las leguminosas forrajeras juegan un papel importante en cualquier sistema de producción animal y su importancia se debe a que mejoran la calidad de los pastos y poseen un alto valor nutritivo, por lo que contribuye positivamente a la nutrición animal. Las leguminosas como plantas forrajeras pueden ser una alternativa como fuente de proteína para la producción animal, aportando nitrógeno a las plantas, tomándolo del ambiente como nitrógeno libre y fijándolo al suelo (Razz, 1996).

Es así que la introducción de leguminosas arbustivas de raíces profundas y resistentes a la sequía es una de las opciones para mejorar la alimentación del ganado tanto bovino como ovino (Dembner y Perlis, 2000).

Otro de los beneficios que prestan las leguminosas es que estabilizan la producción de forraje a través del año, muy importante en épocas críticas, brindándole confort al ganado, mejorando su condición corporal y productividad tanto de carne como de leche,

incrementando la producción de materia seca en las praderas cuando éstas se asocian con gramíneas (Rojas et al, 2005).

Sin embargo las leguminosas tropicales han sido muy poco aprovechadas en la alimentación animal a pesar de que aportan altos contenidos de proteína para el ganado los cuales varían del 14% al 28% y 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 hasta de un 50% o más (Lascano y Ávila 1991).

2.3 Requerimientos nutricionales de las leguminosas

Las leguminosas, establecen relaciones de simbiosis con bacterias fijadoras de N, las que le aportan cantidades variables de este elemento y con ello reducen las necesidades de aplicarlo. Entre sus requerimientos nutricionales, las leguminosas presentan exigencias especialmente de fósforo y en ocasiones micro elementos, principalmente los asociados a la eficiencia en la fijación simbiótica del nitrógeno, requieren disponer de estos elementos, aportados a través de cualquier fuente (Fernández, 2006).

2.4 Especies de leguminosas

2.4.1 Gandul (*Cajanus cajan*)

Generalidades

A *Cajanus cajan* se lo conoce también como gandul, fréjol de palo o quinchoncho. Existen muchas especulaciones acerca de su lugar de origen pero se presume que es procedente de la India (Núñez, 2010), donde se concentra a nivel mundial la mayor producción, ya que se siembra el 85% de la superficie total mundial que equivale a los 3 millones de hectáreas (Higuera *et al*, 2001). El fréjol de palo es una leguminosa arbustiva, puede ser perenne o anual, por sus características químicas es una planta de alto valor nutritivo.

Adaptación

Es una leguminosa con gran capacidad de adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas (Higuera, 1985), por lo que se la puede sembrar de manera intensiva y en forma asociada con otros cultivos en pequeñas superficies (Sangronis *et al.*, 2004).

Cajanus cajan es un cultivo que tolera temperaturas que oscilan entre 10 °C hasta los 35 °C, sin embargo prospera mejor entre 18 °C y 26 °C correspondiente a zonas tropicales y sub-tropicales (Cedano, 2006). Las temperaturas menores a 17 °C retardan el crecimiento del cultivo y el desarrollo vegetativo de la planta, afectando de forma significativa la productividad.

Las altas temperaturas combinadas con alta humedad ambiental provocan un crecimiento exuberante de las plantas en el deterioro del rendimiento, ya que a mayor área de índice foliar (IAF), menores son los rendimientos.

A *Cajanus cajan* se puede sembrar desde el nivel del mar hasta 3000 msnm; sin embargo, los mejores resultados de siembras comerciales se logran por debajo de los 750 msnm.

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: *Cajanus*

Especie: *C. Cajan*.

Descripción botánica

Es un arbusto anual o perenne que crece entre 1 m a 3 m de altura y madura en cinco meses o más, según su manejo (Núñez, 2010). Su tallo es resistente, de forma cilíndrica y de color verde, variando a verde púrpura, su hábito de crecimiento puede ser determinado e indeterminado (Cedano, 2006), presenta hojas trifoliadas, con folíolos elípticos, agudos en ambos extremos con el haz de color verde oscuro y el envés de color verde claro, las flores se presentan en racimos de color amarillo con manchas rojizas o de combinaciones amarillo y púrpura, presenta una raíz pivotante y raíces laterales que pueden llegar a medir hasta 3 m de profundidad (Cedano, 2006), los frutos son unas vainas que contienen de 5-7 granos, de color verde en los primeros estadios y amarillento o crema en la maduración (CIDICCO, 2012).

Pocas especies de *Cajanus cajan* son de día corto y la mayoría de los cultivares florecen en días de 11 h a 11,5 h luz que es el fotoperiodo exigido para variedades (Núñez, 2010); en la India las plantas de gandul crecen en la época de lluvia y la floración es provocada por días cortos. Jarillo (1998) en su trabajo de investigación obtuvo un promedio de 85 días a la floración, indicando que obteniendo una mayor precocidad en la producción de flores, se obtendrá igualmente una producción de frutos más rápida ya que el número de días para floración está altamente correlacionado con los días a maduración.

Tabla 2.1. Valores promedios de altura de planta de cinco variedades de *Cajanus cajan* (Adaptado Higuera *et al*, 1998)

Variedades	Altura de planta (cm)
ICPL-89051	112,54
ICPL-13538	112,17
ICPL-87119	98,91
TAC-401	95,86
ICPL-87	69,45

Siembra

Tropical Forages en su sitio virtual, plantea un establecimiento o siembra para fines forrajeros la utilización de 16 a 22 kg de semilla ha^{-1} al voleo o en surcos con distancia de 1m entre hileras y 20 a 30 cm entre plantas con 2 o 3 semillas por sitio, se debe hacer un raleo a los 30 días dejando una planta por sitio. Higuera *et al*, (2001), plantea también la siembra con fines forrajeros un distanciamiento de 0.50 m. entre plantas y 1 m entre hileras, con lo cual se obtienen buenas proporciones de material forrajero tanto fresco como en materia seca.

Plagas y enfermedades

Cajanus cajan es una especie tolerante a diversas plagas y enfermedades, sin embargo el descuido o la no detección a tiempo de alguna incidencia de insectos u hongos puede causar severos daños. Cedano (2006) menciona las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo y pueden llegar a sobre pasar el umbral económico, dentro de estas plagas están: áfidos, larvas de lepidópteros, mosca de la vaina; dentro de las principales enfermedades constan ataques de *Rhizoctonia* sp, *Pythium* sp., *Fusarium* sp., y *Colletotrichum cajani*.

Comportamiento forrajero

Investigaciones recientes (Higuera, 1998 y 2001) revelan el potencial del cultivo de *Cajanus cajan* en la producción de forraje son de alta calidad nutricional, así mismo, se ha comparado el forraje de *Cajanus cajan* con el de alfalfa obteniéndose valores similares en la alimentación de novillos de engorde y vacas lecheras (Aponte *et al*, 1991). En la alimentación animal también se ha utilizado como banco de proteína (pastoreo y corte) y como fuente de proteína en bloques multinutricionales (Higuera, 1998).

Como forraje verde es capaz de producir hasta 50 t ha^{-1} año, con un contenido de proteína superior al 20%, aún en época de sequía, además presentan en el follaje niveles de fósforo y manganeso capaces de cubrir los requerimientos nutricionales del ganado (Higuera *et al*,

2001), llegando a obtener una producción de materia seca de 3.15 t ha⁻¹ (Padilla *et al*, 2003).

La producción de materia seca a los 120 días es de 2,4 t ha⁻¹, con una altura de planta promedio de 2,05 m., llegando a producir hasta 3,4 t ha⁻¹, de materia seca a los 160 días con una altura de planta de 2,34 m. (Tabla 2.2). Por otro lado Robledo (2004) indica que el potencial como forraje verde de *Cajanus cajan* es moderado llegando a producir hasta 3 cortes año⁻¹ y persiste de 3 a 4 años. El gandul no persiste al someterlo a un pastoreo intenso. Para asegurar la persistencia puede dejarse crecer hasta unos 125 cm de altura y cortarse hasta 60-80 cm de la superficie del suelo.

En estas condiciones se pueden obtener tres cortes al año con un rendimiento promedio de 45 t MS ha⁻¹, lo que equivale a una producción de 235 a 310 t MV ha⁻¹ corte⁻¹. Nunca se debe cortar a ras del suelo porque las plantas no se recuperan. Cortes a una altura menos de 0,8 m reducen la sobrevivencia de la planta (Higuera *et al*, 2001).

Tabla 2.2. Producción (ciclo de 9 meses) de diferentes porciones vegetales en materia seca de gandul (*Cajanus cajan*) en cuatro edades de corte en 1998 (Martínez, 2002).

	DÍAS	Producción de follaje comestible (hojas, tallos, flores y vainas) (t ha⁻¹)	Altura de planta (m) desde el suelo hasta el ápice de la planta
Edad del corte	120	2,40	2,05
	160	3,40	2,34
	200	3,00	2,95
	240	2,50	2,97

En términos de calidad nutricional Higuera, *et al* 1988, manifiesta que los mejores resultados en cuanto al aporte de proteína cruda (PC), se obtienen a los 30 días con un promedio de 30,5% realizando el corte un tercio superior a la altura total alcanzada por la planta; realizando cortes con frecuencia de 60 días se obtiene mayores rendimientos de biomasa total, pero la calidad del forraje disminuye obteniendo un promedio de 25% de PC

(Tabla 2.4), sin embargo con intervalos de corte cada 30 días se tiene problemas de persistencia debido a que se secan las ramas.

En cuanto a la disponibilidad tanto de macro y micro nutrientes Higuera, *et al* 2001, manifiesta que estos va a depender de varios factores como la variedad del *Cajanus cajan*, de las características químicas del suelo y de la altura y edad a las cuales se coseche el follaje, pudiendo llegar a producir una disminución de los nutrientes a medida que aumenta la madurez fisiológica de la planta.

Tabla 2.3. Concentración de nutrientes en tejido vegetal del *Cajanus cajan* considerando niveles inadecuados y adecuados para el crecimiento de la planta. (Adaptado Higuera *et al*, 2001)

Concentración de nutrientes				
Nutrientes	Inadecuado	Adecuado	Parte de la planta	Estado de crecimiento
P (%)	0,08	0,35-0,38	Lámina foliar	30 DDS
		0,24	Lámina foliar	91 DDS
		0,18-0,28	Lámina foliar	90-100 DDS
K (%)	0,81	1,72	Lámina foliar	91 DDS
Ca (%)	0,13	1,32	Lámina foliar	91 DDS
Mg (%)	0,26	> 0,26	Lámina foliar	91 DDS

Tabla 2.4. Valores promedios de Proteína Cruda, en relación a la altura de planta y frecuencia de corte (Adaptado Higuera *et al*, 1998)

Variedades	Altura de corte	Frecuencia de corte (días)	Proteína Cruda%
ICPL 87119	1/3	30	32,84
ICPL 87119	1/3	45	29,64
ICPL 87119	1/3	60	28,11
ICPL 89051	1/3	30	32,46
ICPL 89051	1/3	45	30,18
ICPL 89051	1/3	60	28,30
ICPL 13538	1/3	30	32,04
ICPL 13538	1/3	45	29,75
ICPL 13538	1/3	60	27,15
ICPL 87	1/3	30	25,56
ICPL 87	1/3	45	33,46
ICPL 87	1/3	60	22,28
ICPL 401	1/3	30	29,64
ICPL 401	1/3	45	28,12
ICPL 401	1/3	60	19,11

2.4.2 Centrosema (*Centrosema pubescens*)

Generalidades

Centrosema pubescens fue la primera especie del género *Centrosema* de mayor uso como planta forrajera, la cual fue desarrollada comercialmente en Australia con el nombre "commercial centro" (Teitzel y Burt, 1976). Fantz (1996) en una revisión taxonómica de la especie *Centrosema pubescens* encontró evidencias que indican que corresponde a *centrosema molle*, concluyendo que el nombre de *Centrosema pubescens* debe ser aplicado a una especie de las tierras altas de Centroamérica y las especies de las zonas bajas tropicales deben ser renombradas con el nombre de *Centrosema molle*.

Adaptación

Es una leguminosa forrajera, ampliamente distribuida en América tropical, considerada como intolerante a suelos ácidos (Rodríguez *et al*, 2003). Es un género de leguminosas nativas de Centro y Sur América que incluye especies con potencial de adaptación a diversos hábitat tales como trópicos secos, zonas tropicales altas, subtrópicos (Pirela-León, 2003). Se desarrolla normalmente desde el nivel del mar hasta 1000 msnm, tiene como característica principal, de recuperarse luego de períodos cortos de inundación y después del pastoreo. Generalmente *Centrosema pubescens* no se adapta a suelos muy ácidos, pero su comportamiento en la Provincia de El Napo, Amazonía ecuatoriana es excelente en suelos rojos con pH de 4,0 a 5,1 (González *et al*, 1997).

En ecosistemas de bosques tropicales las especies de *Centrosema*, han mostrado un considerable potencial forrajero, siendo *Centrosema pubescens* la única y mejor conocida especie de su género, la cual ha sido evaluada ampliamente (GROF, 1997).

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Centrosema*

Descripción botánica

Es una planta rastrera, trepadora y perenne. Tiene hojas trifoliadas y flores grandes, con muchas hojas, no produce ningún brote leñoso, incluso cuando tiene 18 meses de edad

(FAO, 2012). Es una especie con tallos finos y pubescentes, presenta folíolos verde intenso en el haz, sus flores son de color violáceas con vainas lineales de 12 cm de largo, aplanadas y dehiscentes, hasta con 20 semillas y sus semillas son de 3,5 mm de largo, de color marrón claro y manchas negras (Razz, 1996).

La especie de *centrosema pubescens* presenta un crecimiento inicial muy lento llegando a un 75% de cobertura a las 16 semanas, obteniendo un promedio en crecimiento horizontal de 93,3 cm y una altura de 24,2 cm (Tabla 2.5) en un intervalo de corte de 12 semanas.

Tabla 2.5. Producción total de Materia Verde Seca (MVS) y características de crecimiento de accesiones de *centrosema pubescens* en El Laberinto, Zulia, Venezuela, (Faría-Mármol, 1995).

Accesión CIAT n°	MVS* (t ha ⁻¹)	Crecimiento lateral (cm)	Altura de planta (cm)	Estolones n° m ² -1
5167	9,73	91	23	8
5169	12,56	94	26	14
5189	9,90	98	23	10
5627	11,38	92	24	9
5631	7,56	89	22	11
15133	11,36	103	23	13
15144	9,84	90	25	10
15160	12,96	96	31	11
15875	7,19	90	23	7
15880	9,51	90	22	11
Promedio	10,20	93,30	24,20	10,40

* Producción de Materia verde acumulada en 8 cortes trimestrales

Centrosema pubescens es considerada como una planta de día corto cuya floración es estimulada con un ligero estrés hídrico, y que muestra variación en el tiempo de floración debido a la variabilidad genética que existe dentro de la especie (Ferguson *et al*, 1997).

Siembra

Es una leguminosa que produce abundante semilla, la siembra se la realiza depositando semillas en surcos de 50 a 80 cm, siendo necesarios de 4 a 7 kg ha⁻¹ de semilla. Cuando se siembra asociada con gramíneas se requieren de 2 a 5 kg, sembrándola también en surcos a una distancia de 1,5 a 2 m y a 1 m entre plantas (González *et al*, 1997).

Sin embargo Fernández (2006) aconseja realizar distancias de siembra de 100 cm entre surcos y 50 cm entre plantas a una profundidad de 2,5 a 5 cm.

Plagas y enfermedades

Centrosema pubescens es una especie muy tolerante a plagas y enfermedades; González *et al*, (1997) reportó ataque de comedores de hoja hasta en un 10%, lo cual no afecta el cultivo, debido a que esta leguminosa tiene capacidad de producir mucho follaje, además reporto incidencia de *Rhizoctonia* sp hasta en un 5%, pudiendo controlar con el pastoreo.

Comportamiento forrajero

El género *Centrosema* tiene un potencial forrajero de entre 7,16 a 12,96 t MS ha⁻¹, sin embargo González *et al*, 2010; obtuvo rendimientos de entre 7,3 a 19,4 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en la región amazónica del Ecuador (Tabla 2.6). *Centrosema pubescens* posee una buena aceptación por el ganado, ya que aporta un valor nutritivo en término de proteína cruda de 24 a 24,8% (Tabla 2.7). Esta leguminosa mezclada con la mayoría de las gramíneas existentes en la Amazonía, mejora la calidad la dieta.

Tabla 2.6. Rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹ año⁻¹) de *Centrosema pubescens*, en tres localidades de la Amazonía ecuatoriana (Adaptado González *et al*, 1997).

Localidades	Periodos	Frecuencias de corte (semana)				Promedio
		3	6	9	12	
Misahuallí	mínima	25,543	22,611	15,11	12,193	19,389
	máxima	11,641	11,18	16,083	13,816	13,18
Archidona	mínima	6,525	7,39	8,996	6,502	7,353
	máxima	6,09	3,55	6,136	6,093	5,467
Palora	mínima	12,11	1,12	9,071	6,748	7,262
	máxima	8,613	5,272	14,059	4,713	8,164

Fuente: Programa de Ganadería y Pastos. E.E. Napo-Payamino, INIAP (1991)

Tabla 2.7. Contenido de proteína cruda, fósforo y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del *Centrosema pubescens* en tres localidades y cuatro frecuencias de corte en la Amazonía ecuatoriana (Adaptado González *et al*, 1997).

Localidades	Periodos	Frecuencias de corte (semana)			
		3	6	9	12
Proteína Cruda %	Misahuallí	24,94	27,04	23,56	25,21
	Archidona	24,83	21,07	24,40	22,93
	Palora	24,50	24,26	25,32	25,23
	Promedio	24,76	24,12	24,43	24,46
	Misahuallí	46,19	43,89	50,59	42,13
Digestibilidad <i>in vitro</i> %	Archidona	42,50	46,74	46,79	42,65
	Palora	46,23	45,23	45,74	40,66
	Promedio	44,97	45,29	47,71	41,81

Fuente: Programa de Ganadería y Pastos. E.E. Napo-Payamino, INIAP (1991)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

Los datos tomados en el desarrollo de esta investigación la que consto de dos pequeños experimentos uno por cada especie de leguminosas forrajeras se obtuvo 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 vía a San Jacinto del Búa, Parroquia del mismo nombre, a 0° 13' 29'' de latitud sur, 79° 15' 83'' de longitud oeste y a 552 msnm.

3.2 Características edafoclimáticas

El sitio experimental presenta suelos que 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 una humedad relativa de 86% con 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).

3.3 Materiales

3.3.1 Material experimental

Para el desarrollo de la investigación se realizaron dos experimentos, uno por cada especie de leguminosa: gandul (*Cajanus cajan*) variedad EGV22 y centrosema (*Centrosema pubescens*), esto se lo realizó con la finalidad de poder determinar el comportamiento forrajero de cada especie entre sí.

3.3.2 Insumos, instrumentos y recursos

- Cinta métrica
- Balanza para medición de peso fresco en el campo
- Balanza digital para medición de peso de la sub-muestra para determinar materia seca
- Tijeras podadoras para separar los tallos de las hojas
- Fundas de papel para secado en estufa
- Envases plásticos de 500 g.
- Marcadores permanentes
- Umbráculo
- Molino
- Cintas adhesivas para identificación de muestras
- Estufa de aire reforzado
- Bandejas de secado
- Cámara de Fotos
- Computadora

3.4 Factores en estudio

Los factores en estudio para gandul y centrosema fueron dos para cada cultivo, los cuales se detallan a continuación:

Gandul (*Cajanus cajan*)

Factor A: Frecuencia de corte

A1: 45 días

A2: 60 días

A3: 90 días

Factor B: Altura de corte

B1: 40 cm

B2: 60 cm

B3: 80 cm

Centrosema (*Centrosema pubescens*)

Factor A: Frecuencia de corte

A1: 60 días

A2: 90 días

Factor B: Altura de corte

B1: 5cm

B2: 10 cm

B3: 15 cm

3.5 Medición de variables

Para la medición de variables se tomaron tres plantas escogidas al azar para cada tratamiento, esto se hizo para cada especie de leguminosa.

Altura de planta

Una vez identificados los tratamientos se procedieron a evaluar a los 45, 60 y 90 días para gandul, 60 y 90 días para centrosema, se midió su altura desde la base del tallo hasta el punto más alto (brote terminal). Se usó un flexómetro para las mediciones respectivas, los valores fueron reportados en cm.

Producción de materia seca total, hojas y tallos

Una vez tomadas las muestras en campo, se procedió a separar hojas de tallos con sus respectivos pesos, luego estas muestras fueron ingresadas a una estufa a 60 °C por 48 horas

(Martínez, 2002), o hasta tener peso constante, luego se tomó el peso en seco y estos valores fueron extrapolados a kg ha^{-1} , esto se realizó para gandul y centrosema.

Calidad nutritiva

Para la determinación de la calidad nutritiva de las leguminosas, se tomaron muestras de materia seca de 50 g. luego estas muestras fueron ingresadas a laboratorio para su respectivo análisis bromatológico.

Para la proteína cruda se analizó por el método Micro-Kjeldahl, la fibra bruta por el método de Weende, la grasa por el método de Soxhlet y la ceniza por el método de incineración en mufla (Murillo, 2013). Esto se realizó para el cultivo de gandul.

Absorción de nutrientes

La concentración de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg de la planta total se analizó por el método de digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico relación 2:1. El P se determinó por colorimetría, el N por Kjeldhal, el K, Ca y Mg con el espectrómetro de absorción atómica (Román, 2013). La evaluación de esta variable se hizo para el cultivo de gandul.

3.6 Características del área experimental

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un espacio físico territorial de 598 m^2 , el área útil del experimento fue de 300 m^2 , se establecieron 3 parcelas (repeticiones) de 10 m x 5 m para cada especie de leguminosa distribuidas aleatoriamente, se sembraron semillas certificadas a un distanciamiento de 0,5 m x 1,0 m. Dentro de cada parcela se establecieron los tratamientos, se tomó como unidad experimental a la planta, de las cuales se escogieron 3 plantas al azar para cada tratamiento, el mismo procedimiento se realizó por cada repetición.

3.7 Diseño experimental

Para evaluar las variables agronómicas se utilizó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 3 para gandul, y 3 x 2 para centrosema, con tres repeticiones cada una (Tabla 3.1 y 3.2), la prueba de significación Tukey con $\alpha = 0,05$ para comparar las alturas de corte, y frecuencias de corte. Los cálculos se resolvieron con el programa InfoStat versión 2012 (Casanoves *et al.*, 2012).

Tabla 3.1. Esquema del análisis de varianza para el diseño experimental de gandul.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	26
Bloques	2
Frecuencia de corte (A)	2
Altura de corte (B)	2
A x B	2
Error	18

Tabla 3.2. Esquema del análisis de varianza para el diseño experimental de centrosema.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	17
Bloques	2
Frecuencia de corte (A)	1
Altura de corte (B)	2
A x B	2
Error	10

3.8 Tratamientos

Se establecieron nueve tratamientos para gandul y seis tratamientos para centrosema, como se detallan a continuación:

Tabla 3.3 Identificación de tratamientos entre frecuencias de corte y alturas de corte para gandul.

Clave	Factor A (días)	Factor B (cm)	Descripción
T1	45	40	Frecuencia de corte 45 días a 40 cm.
T2	45	60	Frecuencia de corte 45 días a 60 cm.
T3	45	80	Frecuencia de corte 45 días a 80 cm.
T4	60	40	Frecuencia de corte 60 días a 40 cm.
T5	60	60	Frecuencia de corte 60 días a 60 cm.
T6	60	80	Frecuencia de corte 60 días a 80 cm.
T7	90	40	Frecuencia de corte 90 días a 40 cm.
T8	90	60	Frecuencia de corte 90 días a 60 cm.
T9	90	80	Frecuencia de corte 90 días a 80 cm.

Tabla 3.4 Identificación de tratamientos entre frecuencias de corte y alturas de corte para centrosema.

Clave	Factor A (días)	Factor B (cm)	Descripción
T1	60	5	Frecuencia de corte 60 días a 5 cm.
T2	60	10	Frecuencia de corte 60 días a 10 cm.
T3	60	15	Frecuencia de corte 60 días a 15 cm.
T4	90	5	Frecuencia de corte 90 días a 5 cm.
T5	90	10	Frecuencia de corte 90 días a 10 cm.
T6	90	15	Frecuencia de corte 90 días a 15 cm.

3.9 Manejo del experimento

Corte de igualación

Una vez establecidas las parcelas, se realizó un corte de igualación a una altura de 60 cm para el cultivo de gandul a los 60 días, para luego proceder con la toma de datos realizando tres cortes a los 45, 60 y 90 días, a tres alturas de corte 40 cm, 60 cm y 80 cm; para centrosema la toma de datos se la realizó con dos cortes a 60 y 90 días a tres alturas de corte 5 cm, 10 cm y 15 cm.

Para determinar la absorción de nutrientes se tomaron tras plantas al azar por cada repetición, independiente a las plantas de los tratamientos mencionados en el párrafo anterior, a una altura de corte de 60 cm cada 15 días a partir de los 25 días de edad.

En las parcelas que correspondían al cultivo de centrosema, una vez establecido el cultivo en campo se realizó tutorado con caña (Burbano y Giraldo, 1988).

Control de malezas

El control de malezas de las parcelas tanto de gandul como de centrosema se hizo de manera manual (interior de las parcelas), y de manera química lo que correspondía a los espaldares de las parcelas y caminos externos, aplicando glifosato (10 mL^{-1}) con la ayuda de una bomba de mochila con pantalla para evitar el contacto con las leguminosas Además se realizó un control periódico de plagas a base de Cipermetrina 10%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del gandul (*Cajanus cajan*)

4.1.1 Proteína Cruda (PC)

La proteína cruda en la planta completa del gandul no se vio afectada ($P = 0,6817$) por las frecuencias y alturas de corte, observándose una media de proteína de 23,6% con un error estándar de 0,35%. El mejor valor promedio (24,4%) de proteína se obtuvo al cortar a una altura de 40 cm, el mismo valor promedio obtuvo Higuera, et al 1988, (24,9%) al cortar a un tercio de la altura total de la planta, donde manifiesta que los mejores valores de rendimientos en porcentaje de PC se obtienen cuando se realiza el corte a un tercio superior de la altura total alcanzada por la planta, además indica que al realizar cortes con una frecuencia superior a los 60 días, la calidad del forraje tiende a disminuir. Esto concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que al realizar cortes con frecuencias de 60 días (24,15% PC) se obtuvo una mejor calidad del forraje, y al realizar corte con una frecuencia de 90 días la calidad del forraje disminuyó (22,74% PC).

Correa (1999); señala que para que se dé una buena digestión y fermentación ruminal se requiere como mínimo de 11% de proteína bruta en la ración alimenticia, siendo el valor crítico de 7%; en la presente investigación ninguno de los valores de proteína estuvo cerca del nivel crítico, por lo que todos los tratamientos satisfacen los requerimientos cualitativos de los bovinos.

4.1.2 Altura de planta

La altura del gandul varió ($P < 0,0001$) según las frecuencias y alturas de corte, sin embargo no existió interacción ($P = 0,5290$) entre los factores. Cuando se aplicó una frecuencia de corte de 60 días y 90 días se obtuvieron las mayores alturas de planta (176,4 cm); mientras que al cortar a 80 cm se obtuvo la mayor altura de planta (184,6 cm) (Fig.

4.1). Estos resultados están por encima de los reportados por Higuera, et al 1988, quien indica que el valor promedio en la altura de la planta de cinco variedades de *Cajanus cajan* es de 97,8 cm (Tabla 2.1), además indica que al realizar el corte de la planta con una frecuencia de 60 días, se obtienen alturas por encima de los 100 cm, lo cual posiblemente se deba a que la planta dispone de mayor tiempo para reponer biomasa.

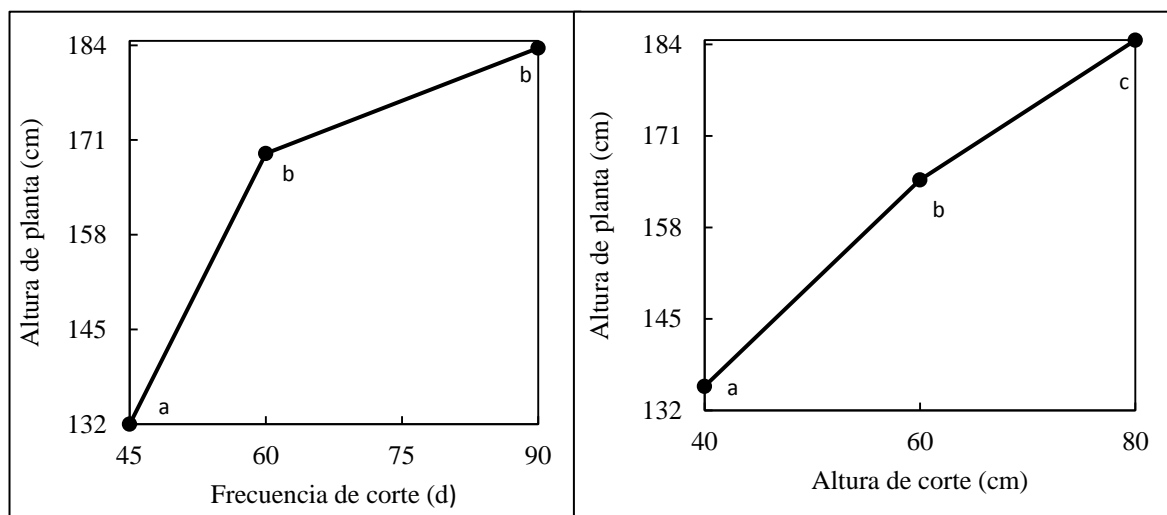


Fig. 4.1. Altura del *Cajanus cajan* por efecto de las frecuencias y alturas de corte.

4.1.3 Materia Seca

Hubo efecto de la frecuencia de corte en la materia seca total ($P = 0,0016$), de tallos ($P = 0,0001$) y de hojas ($P = 0,0174$), así como también existió efecto para la altura de corte de la materia seca total ($P=0.0003$), de hojas ($P=0,0007$) y de tallos ($P=0,0002$) del gandul. Se observó que a partir de los 60 días hasta los 90 días de corte la producción de materia seca total ($2\ 994,7\ \text{kg ha}^{-1}$), hojas ($2\ 373,4\ \text{kg ha}^{-1}$) y tallos ($1\ 191,6\ \text{kg ha}^{-1}$) fue mayor que a los 45 días (Fig. 4.2), lo mismo sucedió para la altura de corte en la cual al realizar el corte a los 60 cm y 80 cm de altura la producción de materia seca total ($3\ 053,3\ \text{kg ha}^{-1}$), de hojas ($1\ 438,5\ \text{kg ha}^{-1}$) y tallos ($1\ 155,6\ \text{kg ha}^{-1}$) fue mayor que la producción obtenida cuando se realizó el corte a 40 cm (Fig. 4.3).

Esto deriva que mientras se realicen los cortes a una mayor frecuencia de corte (60 y 90 días) la producción va a aumentar debido a que la planta tiende a tener un mayor número de días para su recuperación y por tal mayor producción de biomasa (Higuera, et al 1988). Para ambos factores tanto para la frecuencia de corte como para la altura de corte la producción de materia seca de hojas fue mayor en todos los puntos a evaluar, manteniendo una tendencia a seguir obteniendo siempre una mayor producción.

Martínez, 2002; obtuvo una producción de 2 400 kg ha⁻¹ a los 120 días, en donde además indica que los máximos valores de materia seca se obtienen hasta los 160 días (3 400 kg ha⁻¹), que comparados con los resultados obtenidos en esta investigación (3 667,6 kg ha⁻¹ a 80 cm) están por encima de los resultados obtenidos incluso por Padilla *et al*, 2003, el cual tuvo una producción de materia seca total de 3 150 kg ha⁻¹.

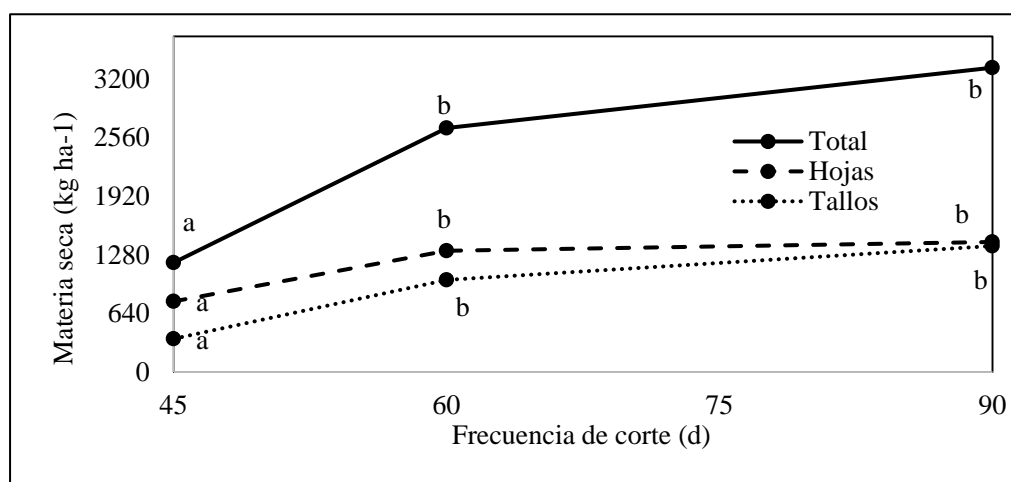


Fig. 4.2. Producción de materia seca total, de hojas y de tallos por frecuencia de corte del *Cajanus cajan*.

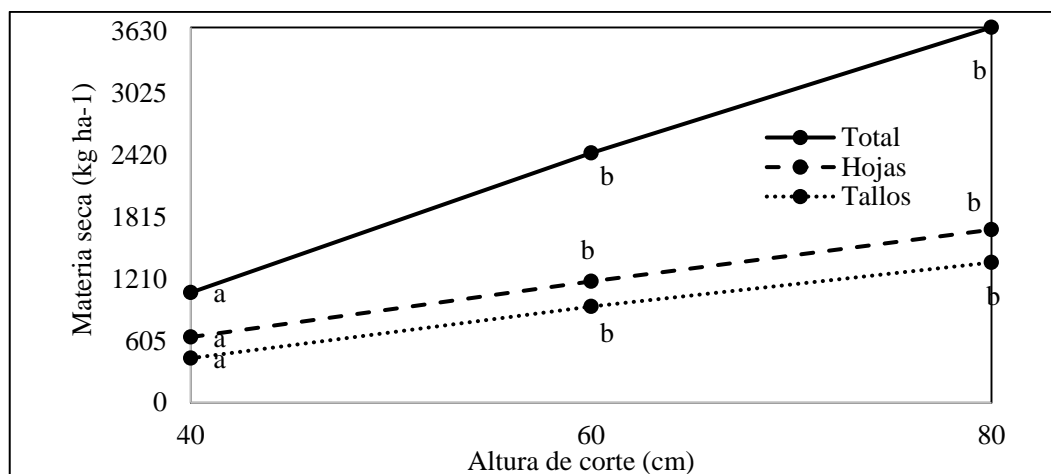


Fig. 4.3. Producción de materia seca total, de hojas y de tallos por altura de corte del *Cajanus cajan*.

4.1.4 Fibra cruda

Hubo interacción entre las alturas y frecuencias de corte para la fibra ($P=0,0189$), grasa ($P=0,0306$) y ceniza ($P=0,0018$). Los valores más altos de fibra cruda se presentaron cuando se realizó el corte a los 45 días, siendo el de mayor valor cuando se cortó a una altura de 60 cm (32,28%). Cuando se realizaron los cortes con una frecuencia de corte de 60 y 90 días los valores fueron estadísticamente similares con un tendencia a disminuir, mostrando su valor más bajo (22,41%) a los 80 cm de altura de corte a los 90 días (Fig. 4.4), esto indica que al realizar el corte a 60 cm de altura entre los 60 y 90 días los niveles de fibra se mantendrán iguales estadísticamente (24,05%), cuyo contenido representa un valor superior al que presenta Rodríguez-Ramírez, (2013) con 19,22%; aun así el gandul puede ser incluido en una dieta compuesta por diferentes variedades de *Brachiarias* con valores de 44% de fibra Balseca, (2013).

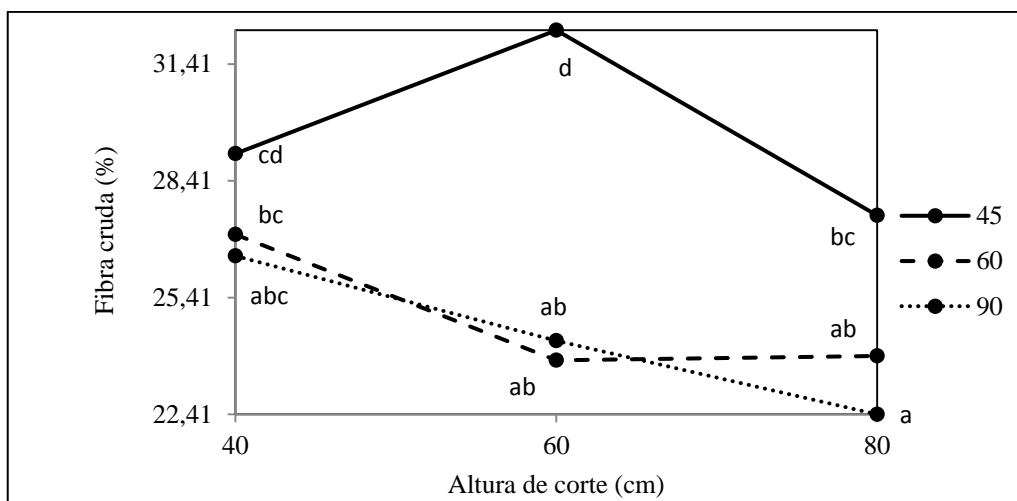


Fig. 4.4. Producción de fibra cruda (%) del *Cajanus cajan* en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte.

4.1.5 Grasa

Para los porcentajes de grasa los valores más altos se obtuvieron cuando se realizó los cortes con una frecuencia de 90 días, dentro del cual sobre sale cuando se realizó el corte a una altura de 40 cm con un valor de 13,03%, en tanto que las concentraciones de grasa tendieron a disminuir a medida que se incrementaron las alturas de corte, presentando el valor más bajos a los 80 cm de corte con una frecuencia de corte de 60 días (Fig. 4.5). Se puede observar que al realizar los cortes a una altura de 60 cm a los 45 y 60 días los porcentajes de grasa son iguales estadísticamente.

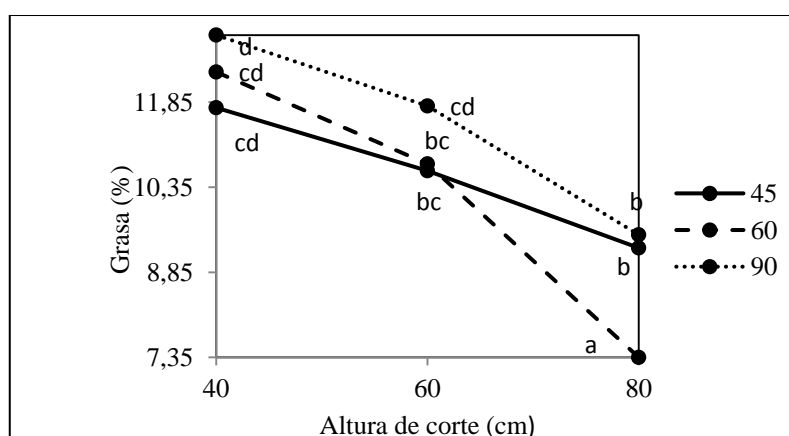


Fig. 4.5. Producción de grasa (%) del *Cajanus cajan* en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte.

4.1.6 Ceniza

En las concentraciones de ceniza los valores más altos (11,83%) se dieron cuando se realizaron los cortes con una frecuencia de 90 días, siendo estadísticamente igual cuando se cortó a los 45 días a una altura de 80 cm, de igual manera el contenido de ceniza es igual al cortar a los 45 días a una altura de 40 y 60 cm; pero cuando se cortó a los 60 días los contenidos de ceniza en todas sus alturas de corte fueron los más bajos (9,51%) (Fig. 4.6), aun así este valor está dentro del rango presentado por Rodríguez-Ramírez (2013), en donde exponen de manera general a la planta íntegra del gandul con un aporte de 9,43%.

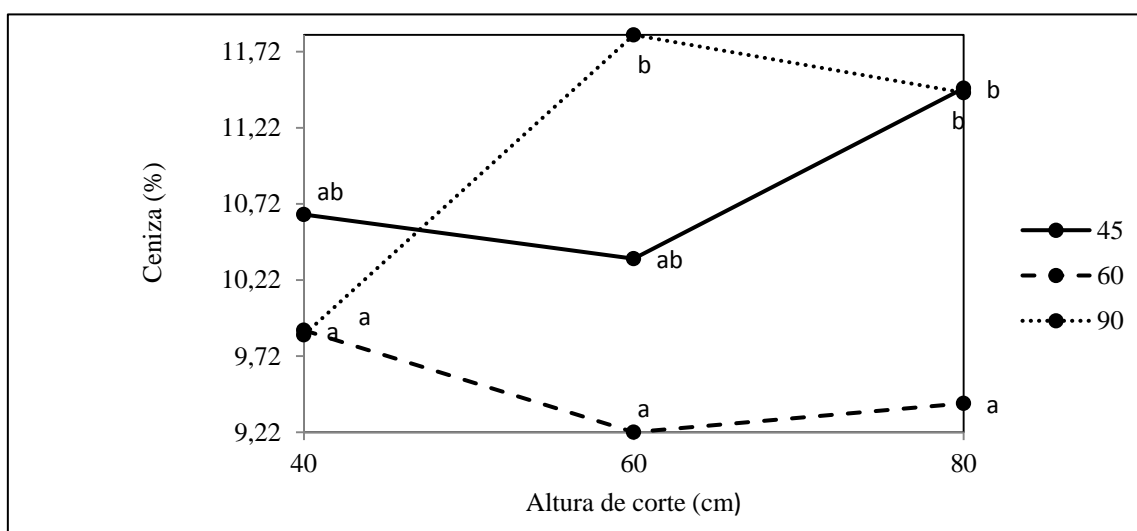


Fig. 4.6. Producción de ceniza (%) del *Cajanus cajan*. en la interacción de altura de corte por frecuencia de corte.

Las características en cuanto a calidad nutricional del gandul determinan que es una especie con los valores más altos en cuanto al aporte de proteína, fibra y ceniza como especie forrajera para la alimentación de ovinos (Rodríguez-Ramírez, 2013), es así que Balseca (2013), destaca al gandul como un aporte significativo para mejorar la calidad de las dietas compuestas por diferentes variedades de *Brachiarias*.

4.1.7 Absorción de nutrientes

En la absorción de nutrientes comprende desde los 25 días de edad de la planta hasta los 90 días, en lo cual se destaca que la absorción de N durante los primeros 40 días es igual estadísticamente, incrementando su absorción a medida que pasan los días presentando la mayor absorción a los 90 días con 124,81 kg ha⁻¹, los mismo sucede para P, K, Ca y Mg, en donde durante los primeros días de edad de la planta la absorción de estos elementos son bajas (Tabla 4.1). En cuanto al orden de absorción de nutrientes se destaca el N como el elemento que mayor se absorbe en relación a los demás elementos: N>K>Ca>P>Mg.

Tabla 4.1. Absorción de nutrientes por el *Cajanus cajan*

Edad días	Absorción de nutrientes kg ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
25	17,03 a	2,16a	9,54a	4,41a	1,15a
40	24,63 a	3,23a	19,96ab	9,16a	2,43ab
45	41,62 ab	4,62a	25,79ab	10,65ab	2,72ab
60	110,93 ab	7,16a	49,68ab	26,34ab	6,34ab
90	124,81 b	8,25a	52,88b	33,53b	7,61b

4.2 Análisis del centrosema (*Centrosema pubescens*)

4.2.1 Altura de planta

Para la altura de la planta hubo efecto de la frecuencia de corte (P= 0,0157), no así para el efecto de la altura de corte (P=0,8645). Se puede observar que a mayor frecuencia de corte mayor es la altura de la planta (215,1 cm) a los 90 días de corte (Fig. 4.7). Este valor es superior al obtenido por Faría-Mármol, 1995, (103 cm), esto pudo darse debido a que la durante la presente investigación las plantas de centrosema tuvieron un crecimiento apical, ya que al cultivo se aplicó el sistema de tutorado, con la finalidad de evitar ataque de patógenos o enfermedades al cultivo (Burbano y Giraldo, 1988).

4.2.2 Materia seca

Hubo efecto de la frecuencia de corte para la materia seca total y de hojas ($P = 0,0001$), así como también hubo efecto para la altura de corte en la materia seca total ($P=0,0007$) y materia seca de hojas ($P=0,0009$). Se observó que a los 90 días de corte la producción de materia seca total ($2\ 072,6\ \text{kg ha}^{-1}$) y de hojas ($1\ 290,4\ \text{kg ha}^{-1}$) fue mayor y diferente estadísticamente que a los 60 días (Fig. 4.7). En tanto que para las alturas de corte, al cortar a mayor altura la producción incrementa, siendo la materia seca total la de mayor rendimiento para todas las alturas de corte, cuando se realizó el corte a una altura de 15 cm se obtuvo una producción de $955,8\ \text{kg ha}^{-1}$ (Fig.4.8). Para la producción de materia seca de tallos hubo interacción entre las alturas y frecuencias de corte ($P=0,0146$), dentro del cual presentó el valor con mayor producción ($1\ 064\ \text{kg ha}^{-1}$) cuando se realizó el corte una altura de 15 cm con una frecuencia de 90 días (Fig. 4.9). Pírela-León *et al*, (1997), obtuvo una producción promedio de $4\ 571\ \text{kg ha}^{-1}$ a las 9 semanas con diferentes de variedades de centrosema, lo cual pudo haber influido en la producción de esta investigación puesto que también reporta producciones de los $2\ 700\ \text{kg ha}^{-1}$ de materia seca.

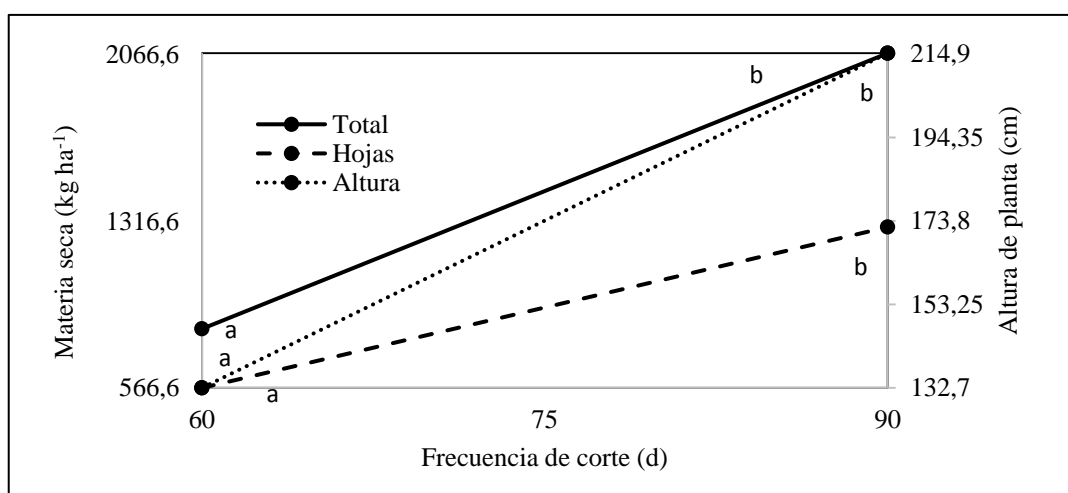


Fig. 4.7. Producción de materia seca total, de hojas, y altura de centrosema por efecto de las frecuencias de corte.

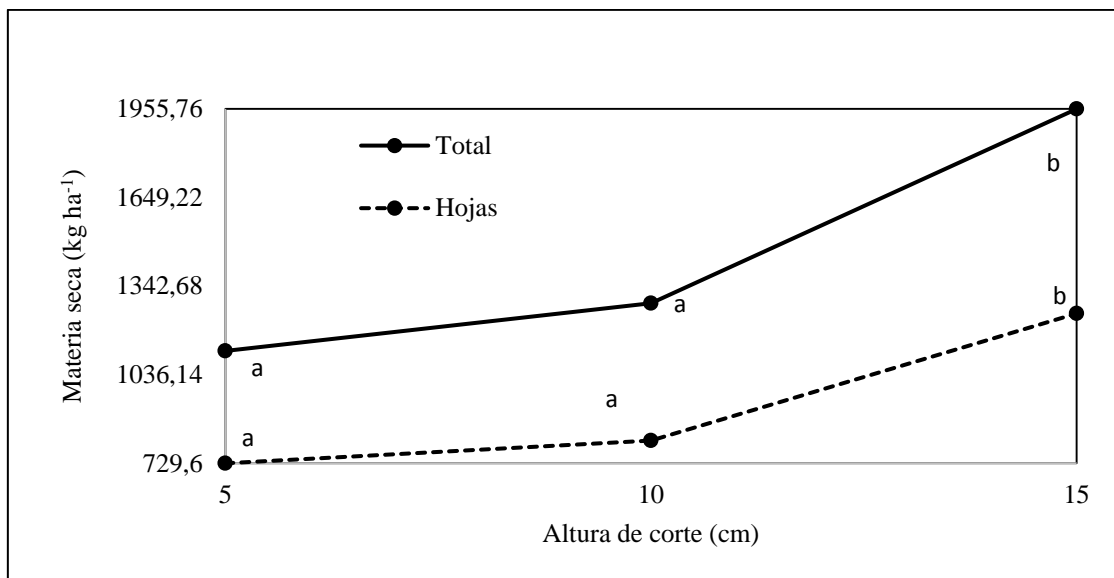


Fig.4.8. Producción de materia seca total y de hojas de centrosema por efecto de las alturas de corte.

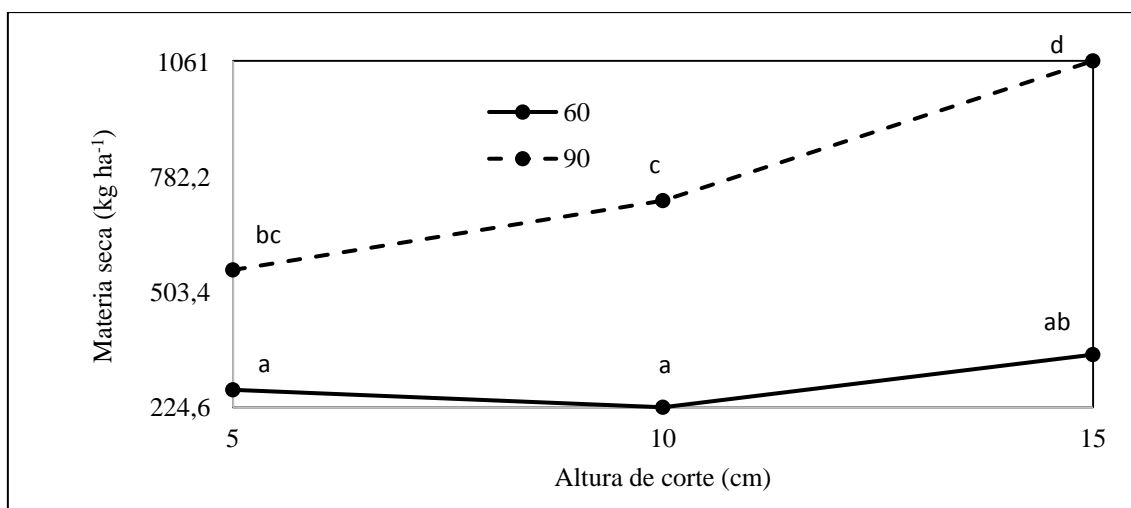


Fig. 4.9. Producción de materia seca de tallos de centrosema por efecto de las alturas de corte.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Para el fréjol gandul se obtuvo el mejor comportamiento forrajero cuando se realizó los cortes a una altura de 80 cm a los 90 días, en tanto que para el cultivo de centrosema el mejor comportamiento forrajero se obtuvo cuando se realizó el corte a una altura de 15 cm a los 90 días.

- En términos de valor nutritivo del fréjol gandul, los contenidos de proteínas fueron iguales estadísticamente al cortar tanto a 40, 60 y 80 cm de altura a 45, 60 y 90 días. En cambio que los mayores contenidos de fibra y ceniza se dieron cuando se cortó a 60 cm de altura a los 45 y 90 días respectivamente, de igual manera sucedió con el contenido de grasa, el cual tuvo las mayores concentraciones cuando se cortó a 40 cm de altura a los 90 días.

- En la absorción de nutrientes, la extracción tanto de N, P, K como de Ca y Mg fueron incrementando a medida que aumenta la edad fenológica de la planta, mostrando las mayores cantidades de absorción a los 90 días.

5.2 Recomendaciones

- Es importante que se continúe con la investigación tanto para el cultivo de gandul como el de centrosema por un período más prolongado con la finalidad de poder determinar la persistencia de las especies y así poder establecer un manejo adecuado del cultivo y adaptarlo a un plan de alimentación ovina.

- Para el cultivo de centrosema se recomienda continuar con la investigación en cuanto a la calidad nutricional y absorción de nutrientes para su ciclo fenológico, para poder establecer un cronograma completo para el manejo de esta especie con fines forrajeros.

- La frecuencia y altura de corte tanto para gandul como para centrosema son factores que influyen en la producción de materia seca, es importante que se investigue también sus producciones a diferentes densidades de siembra.

- Para el cultivo de centrosema se recomienda investigar su producción sin realizar el tutorado a las plantas, puesto que también es considerada una planta rastrera.

BIBLIOGRAFÍA

- Aponte, A.; A. Pérez; H. Daza; J. Tablante; M. Salas. 1991. Evaluación de 20 líneas elite de quinchoncho en Quibor, Estado Lara, Venezuela. FONAIAP-DIVULGA. 9 (38): 23-25.
- Burbano, E.; G. Giraldo. 1988. Sistemas de soporte, densidad de siembra y fecha de cosecha de semillas de *Centrosema brasilianum*. Artículo científico. *Pasturas Tropicales*; Vol. 10 n° 2.
- Balseca D. 2013. Valor nutritivo de dietas con bracharias y leguminosas Forrajeras tropicales en un programa de mejoramiento Genético ovino en el trópico húmedo del Ecuador. Tesis de grado previo a la obtención del título de: Ingeniera agropecuaria, mención en producción pecuaria.
- Casanoves F., Di Rienzo J.A. Balzarini, M.G. Gonzalez, L. Tablada, M. Robledo C.W. (2012). InfoStat. User Manual, Córdoba, Argentina.
- Cedano, J. 2006. Guía técnica cultivo de gandul. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2006. 84 P. Consultado 20/01/2013.
- CIDICCO (Centro Internacional de Investigación sobre Cultivos de Cobertura). 2012. *Cajanus Cajan*. <http://www.cidicco.hn/especies/gandul.htm>
- Cienfuegos, E. 2012. Docente investigador de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Correa, K.; N. Rodríguez. 1999. Efecto de diferentes frecuencias de corte sobre el rendimiento y la calidad de la pasturas. Tesis Lic. a Zootecnista. Universidad Centroamericana 43 pag.
- Dembner, S., A. Perlis. 2000. Los arboles fuera del bosque. *Unasylva* 51. En FAO citan a M. Shelton. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. http://www.fao.org/docrep/x3989s/x3989s06.htm#P0_0
- Dirección de Aviación Civil Santo Domingo. 2013
- Espinosa, J. 2012. Docente investigador de la Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo.
- Fantz, P .R. 1996. Taxonomic notes on the *Centrosema pubescens* Benth complex in Central America (Leguminosae: Phaseolae: Clitorinae). *Sida* 17(2):321– 332. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Sistema de Información sobre Recursos de Piensos. B39 *Centrosema pubescens* Benth. Feed Resources Group (FRG), AFRIS (Animal Feed Resources Information System).
- Faría-Mármol, J. 1995. Potencial forrajero de accesiones de venezolanas de *Centrosema pubescens*. *Pasturas Tropicales*. 17(1):14-17.
- Ferguson, J.; J. Hopkinson; L. Humphreys; R. Andrade. 1997. Producción de semillas de especies de *Centrosema*. In *Centrosema: Biología, Agronomía y Utilización*. Schultze-Kraft, R., Clements, R.J. y Keller-Grein, G. (edt.). CIAT, Cali, Colombia. p. 255-281. (Consultado el 15 de enero del 2014).

- Fernández, J. 2006. Alternativas para la producción de semillas de *Centrosema pubescens* ecotipo Villanueva. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Las Tunas". Las Tunas. Cuba.
- Gonzalez, R.; A. Anzules; A. Vera; L. Riera. 1997. Manual de Pastos Tropicales para la Amazonía Ecuatoriana. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Manual n° 33. Quito-Ecuador.
- Grof, B.; A. Flores; P. Mendoza; A. Pizarro. 1997. Experiencia regional con *Centrosema*: norte de América del Sur. In R. Shultze-Kraft, R. Clements, y G. Keller Grein. *Centrosema: Biología, Agronomía y Utilización*. CIAT, Cali, Colombia. 455-488. 1997.
- Guarachi C.; T. Rojas; A. Joaquin. 2006. Producción de biomasa y contenido nutritivo de tres leguminosas durante la época seca. Santa Cruz- Bolivia.
- Higuera, A. 1985. Posibilidades de mejoramiento genético de nueve variedades de quinchoncho en las condiciones agroecológicas de la Planicie de Maracaibo. La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso. 198 pp.
- Higuera, A.; A. Castillo; C. García; I. Soto; L. Sandoval; R. Lobo. 1988. Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el rendimiento y calidad del forraje de diferentes variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Revista Facultad de Agronomía*. LUZ 15: 188-198. Universidad de Zulia. Maracaibo- Venezuela.
- Higuera, A.; O. Ferrer; D. Boscán; A. Canelón; M. Montiel; C. Castro. 2001. Efecto de la altura y el tiempo de corte sobre el contenido mineral de hojas y tallos de tres variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* con fines de alimentación animal. *Revista científica, FVC-LUZ*, 11(6): 491-500. Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia Maracaibo-Venezuela. (Consultado el 18 de octubre del 2012).
- Higuera, A.; A. Castillo; C. García; I. Soto; L. Sandoval; R. Lobo. 1998. Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el rendimiento y calidad del forraje de diferentes variedades de Quinchoncho. *Revista Facultad de Agronomía LUZ*: 15: 188-198.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1992. Manual de Pastos Tropicales de la Amazonía Ecuatoriana n° 33, Estación Experimental Napo-Payamino. Quito-Ecuador. Ed. Imprimax. Pag. 11-13.
- Jarillo, J.; Castillo, E.; Valles, M.; Hernández, R. 1998. Grain production and tannin contents on lines of *Cajanus cajan* (pigeon pea) in the humid tropic of México. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 15:123-134.
- Lascano, C. E. y P. Ávila. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales* 13(3):210. (Consultado el 15 de enero del 2014).
- Martínez, R. 2002. Caracterización nutricional del gandul (*Cajanus cajan*), basados en sus componentes químicos, desaparición in situ y cinética digestiva. Tesis (Maestra en Ciencias Pecuarias). Universidad de Colima, Colima-México.
- Murillo, H. 2013. Producción y calidad de cinco genotipos de *brachiaria* en el Trópico húmedo del ecuador. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo-Ecuador.
- Núñez, M. 2010. Evaluación del comportamiento agronómico de cinco líneas de gandul (*cajanus cajan* l. millsp) en tres comunidades Tsimane', Provincia Ballivian,

- Departamento del Beni. Tesis de Grado (Ingeniería Agrícola). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, 2010. (Consultado el 21 enero del 2013).
- Padilla, C.; C. Suyén; M. Díaz; F. Curbelo; A. Gonzáles. 2003. Altura y momento de corte en gandul (*Cajanus cajan*) para la producción de forraje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 37, núm. 1, 2003, pp. 91-95 Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. (Consultado el 18 de octubre del 2012).
- Pirela-León M.; D. Morillo; J. Faría-Mármol.; 1997. Evaluación del rendimiento de materia seca de accesiones de *Centrosema* sp. en una zona de bosque húmedo tropical. *Revista Científica, FONAIAP. Estado de Zulia, Venezuela. Apartado 1316. Facultad de Agronomía a Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.*
- Razz, R.; N. Faría. 1996. Características botánicas de especies de *Centrosema* (L.) Benth. *LUZ 13:533-538. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia. Maracaibo-Venezuela. (Consultado el 13 de enero del 2013).*
- Robledo L. 2004. *Gandul Cajanus cajan* (L.) Mill Leguminosea. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía Área Tecnológica Pastos y Forrajes.
- Rodríguez, I., A. Flores, R. Schultze-Kraft. 2003. Potencial agronómico de *Centrosema pubescens* en condiciones de sabana bien drenada del estado Anzoátegui, Venezuela. *Zootecnia Tropical. 21(2):197-217. 2003.*
- Rodríguez-Ramírez MR; González-Sotelo A; Yáñez- Muñoz A; Silva-Luna M; Gómez-Escobar CI. 2013. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima, México. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Folleto técnico No.3 Tecomán, Colima. México.
- Román, D. 2013. Asociación entre la absorción de nutrientes y la acumulación y distribución de biomasa en las hojas y tallos de cinco variedades del género *brachiaria*. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo-Ecuador.
- Rojas S.; J. Olivares; R. Jiménez; E. Hernández. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. VI, núm. 5, mayo, 2005. Veterinaria Organización. Málaga, España. (Consultado el 15 de enero del 2013).
- Sangronis E.; C. Machado; R. Cava. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. *29(2): 80-85.*
- Teitzel, J. K. y Burt, R. L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. *Tropical Grasslands, 10(1): 5-14. 1976.*
- Tropical Forages. Disponible en:
<http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Cajanus%20cajan.htm>. (Consultado 06 de febrero del 2013).
- Villanueva, J.; F. Herrera; R. Plascencia. 2010. Leguminosas forrajeras: Un recurso sustentable para el Trópico Mexicano. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 14. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 56 p.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para altura de planta en gandul.

F de V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28729,92	10	2872,99	14,92	
Rep	2657,33	2	1328,67	6,9	
A	12765,19	2	6382,6	33,14	<0,0001**
B	11017,64	2	5508,82	28,6	<0,0001**
A*B	2289,76	4	572,44	2,97	0.0518 ns
Error	3081,85	16	192,62		
Total	31811,77	26			

Anexo 2. Análisis de varianza para materia seca total en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	145104,17	10	14510,42	5,35	
Rep	6927,75	2	3463,88	1,28	
A	53469,73	2	26734,87	9,85	0,0016 **
B	75571,94	2	37785,97	13,92	0,0003**
A*B	9134,75	4	2283,69	0,84	0,519ns
Error	43426,38	16	2714,15		
Total	188530,55	26			

Anexo 3. Análisis de varianza para materia seca hojas en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22076,24	10	2207,62	4,21	
Rep	2487,73	2	1243,87	2,37	
A	5530,79	2	2765,39	5,27	0,0174 *
B	12394,82	2	6197,41	11,82	0,0007 **
A*B	1662,91	4	415,73	0,79	0,5468
Error	8389,39	16	524,34		
Total	30465,63	26			

Anexo 4. Análisis de varianza para materia seca tallos en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24727,83	10	2472,78	7,58	
Rep	1512,7	2	756,35	2,32	
A	11853,27	2	5926,63	18,16	0,0001 **
B	9866,32	2	4933,16	15,12	0,0002 **
A*B	1495,54	4	373,89	1,15	0,3707 ns
Error	5220,52	16	326,28		
Total	29948,36	26			

Anexo 5. Análisis de varianza para proteína en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33,31	10	3,33	1,04	
Rep	5,06	2	2,53	0,79	
A	10,43	2	5,21	1,62	0,2281
B	10,37	2	5,19	1,61	0,2298
A*B	7,45	4	1,86	0,58	0,6817
Error	51,4	16	3,21		
Total	84,71	26			

Anexo 6. Análisis de varianza para fibra en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	230,54	10	23,05	10	
Rep	0,09	2	0,04	0	
A	150,19	2	75,09	31	0,0000
B	41,55	2	20,78	9	0,0028
A*B	38,71	4	9,68	4	0,0189
Error	38,35	16	2,4		
Total	268,89	26			

Anexo 7. Análisis de varianza para grasa en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79,63	10	7,96	20	
Rep	4,04	2	2,02	5	
A	7,68	2	3,84	10	0,0017
B	62,34	2	31,17	79	0,0000
A*B	5,56	4	1,39	4	0,0306
Error	6,33	16	0,4		
Total	85,96	26			

Anexo 8. Análisis de varianza para ceniza en gandul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23,42	10	2,34	9	
Rep	1,51	2	0,75	3	
A	12,56	2	6,28	24	0,0000
B	1,88	2	0,94	4	0,0526 ns
A*B	7,47	4	1,87	7	0,0018
Error	4,23	16	0,26		
Total	27,65	26			

Anexo 9. Análisis de varianza para altura de planta en centrosema.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44132,57	7	6305	2	
Rep	9783,72	2	4892	1	
A	30546,5	1	30547	8	0,0157
B	1068,79	2	534	0	0,8645 ns
A*B	2733,56	2	1367	0	0,6948 ns
Error	36178,78	10	3618		
Total	80311,35	17			

Anexo 10. Análisis de varianza para materia seca total en centrosema.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25165,37	7	3595,05	20	
Rep	738,77	2	369,39	2	
A	17311,02	1	17311,02	96	<0,0001 **
B	5906,13	2	2953,06	16	0,0007 *
A*B	1209,45	2	604,73	3	0,0770 ns
Error	1805,34	10	180,53		
Total	26970,71	17			

Anexo 11. Análisis de varianza para materia seca hojas en centrosema.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8894,08	7	1270,58	17	
Rep	290,21	2	145,1	2	
A	5894,81	1	5894,81	78	<0,0001 **
B	2339,91	2	1169,95	15	0,0009 *
A*B	369,15	2	184,58	2	0,1373 ns
Error	757,19	10	75,72		
Total	9651,27	17			

Anexo 12. Análisis de varianza para materia seca tallos en centrosema.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3979,01	7	568,43	23	
Rep	93,16	2	46,58	2	
A	2823,26	1	2823,26	113	<0,0001 **
B	729,42	2	364,71	15	0,0011 *
A*B	333,17	2	166,58	7	0,0146 *
Error	250,76	10	25,08		
Total	4229,77	17			

Anexo 13. Establecimiento y manejo de parcelas.



Anexo 14. Cortes realizados a centrosema y gandul.

