



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
SEDE SANTO DOMINGO

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

Tesis de grado previa a la obtención del título de
INGENIERO AGROPECUARIO, MENCIÓN EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN EN VARIEDADES DE PASTO
ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Autor

FLAVIO BRUNO BARROS VALAREZO

Director

RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS, *M.s. Sc.*

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

ABRIL – 2014

**DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN EN VARIEDADES DE PASTO ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*) EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

Rodrigo Alberto Saquicela Rojas, *Ms. Sc.*

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Dr. Mario Augusto Fernández Morales

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Wilfrido Gusqui Vilema

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Miriam Natividad Recalde Quiroz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, Abril del 2014.

Autor: FLAVIO BRUNO BARROS VALAREZO

Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Título de Tesis: DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN EN VARIEDADES DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Fecha: ABRIL, 2014

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

Flavio Bruno Barros Valarezo
C.I. 1724275373

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo, de abril del 2014.

Dr. Mario Augusto Fernández Morales
COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
UTE, SEDE SANTO DOMINGO

Presente

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por el señor: **FLAVIO BRUNO BARROS VALAREZO**, cuyo tema es: **DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN EN VARIEDADES DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) EN EL TRÓPICO HÚMEDO**; 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,

Rodrigo Alberto Saquicela Rojas, *Ms. Sc.*
DIRECTOR DE TESIS

Dedicatoria

Esta investigación principalmente se la dedico a Dios, el que me ha brindado fortaleza y muchas ganas para continuar, y nunca bajar los brazos y enseñandome que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

De la misma manera le dedico este trabajo a mis padres Flavio Vicente Barros Astudillo y Gladys del Carmen Valarezo Vaca, por su trabajo y sacrificios que tuvieron que pasar por darme la educación, y brindarme su confianza gracias a ellos que me brindaron su apoyo incondicional.

Y a mis abuelitos Juan Barros y Rosa Astudillo que gracias a ellos que me hicieron amar mi carrera y que han sido mis pilares fundamentales en mi vida y les dedico a ellos por estar a mi lado toda mi vida como lo harían mis padres.

Y una dedicatoria muy especial a todos mis docentes que me han compartido sus conocimientos de la manera mas altruista. Y a mis amigos y compañeros que han estado en toda esta etapa de mi vida apoyandonos incondicionalmente.

Flavio Bruno Barros Valarezo

Agradecimiento

Principalmente agradecido con Dios y con la vida que me han dado mis padres, por toda la fuerza y la compañía que han brindado de la manera mas pura y sincera y el apoyo y la paciencia que me brindaron en mi vida estudiantil.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Rodrigo Saquicela, que con su apoyo y conocimiento contribuyo en la redacción de mi investigación, de igual forma a mis calificadores Ing. Miriam Recalde y el Ing. Luis Gusqui por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo en las aulas, por sus consejos y más que todo por su amistad.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron en los momentos difíciles y los ánimos que me dieron durante mi vida universitaria, Frank Goyes que aparte de ser mi compañero de aula tambien de tesis es un gran amigo y asi como a mis compañeros de aula con los que empezamos a Dianita Román, David Sandoval, Horacio Murillo, Alexi García con los que aparte del aula tambien compartimos el camino de la tesis como lo hicieron David Catota y Moisés Castro, que los conoci ya en la tesis y con los que trabajamos hombro a hombro durante varios meses, simplemente gracias.

Y a una mujer muy especial que me ayudado, acompañado en estos últimos años y que a brindado su total apoyo Marianella Baldeón, muchas gracias por todo, sin duda eres muy importante en mi vida.

Gracias a todos.

Flavio Bruno Barros Valarezo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

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	XIII
Abstract	XIV

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación	3
1.3. Alcance	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	5

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes	6
2.2. Fundamentos teóricos	7
2.2.1. Curvas de crecimiento	7
2.2.2. Adaptaciones fisiológicas de los pastos	7
2.2.3. Índices de crecimiento	8
2.2.4. Época de cultivo	8
2.2.5. Pastos y forrajes en el trópico	8

2.2.6. Sistemas de producción de pastos	8
2.2.7. Pastos de corte	10
2.2.8. Género <i>Pennisetum</i>	10

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio del estudio	12
3.2. Diseño experimental	13
3.2.1. Unidad experimental.....	13
3.2.2. Tratamientos	13
3.2.3. Modelo estadístico.....	13
3.3. Manejo del experimento	14
3.3.1. Instalación y manejo rutinario.....	14
3.3.2. Medición de variables.....	16

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta.....	19
4.2. Número de nudos y distancia entre nudos centrales	20
4.3. Relación hoja:tallo	21
4.4. Rendimiento de materia verde y seca totales.....	22

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	26
5.2. Recomendaciones	26

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza	31
Anexo 2. Reporte de análisis de suelos	33
Anexo 3. Fotos del experimento	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1.	Análisis de suelo.....	13
Cuadro 3.2.	Análisis de varianza para evaluar las variedades y edades de corte de los pastos.....	14
Cuadro 3.3	Regresiones para la altura de planta, número y distancia de nudos...	20
Cuadro 3.4	Relación hoja:tallo de las variedades de <i>Pennisetum</i> según la edad de la planta.....	23
Cuadro 3.5	Regresiones del peso de la materia verde y seca de las plantas para las épocas lluviosa y seca.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Medias mensuales de precipitación y temperatura (máxima y mínima)	12
Figura 3.2	Alturas de planta de las variedades de <i>Pennisetum</i> durante la época lluviosa y seca	19
Figura 3.3	Número de nudos y distancia entre nudos de los tallos	21
Figura 3.4	Producción de materia verde y seca en las épocas seca y lluviosa.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de varianza

Cuadro A1.1.	Cuadro de análisis de varianza Altura	31
Cuadro A1.2.	Cuadro de análisis de varianza NuNu	31
Cuadro A1.3.	Cuadro de análisis de varianza DiNuCe.....	32
Cuadro A1.4.	Cuadro de análisis de varianza PMVTot.....	32
Cuadro A1.5.	Cuadro de análisis de varianza PMSTot.....	32

ANEXO 2

Reporte de análisis de suelos

Foto A2.1.	Reporte de análisis químico de suelo del sitio experimental	33
------------	---	----

ANEXO 3

Fotos del experimento

Foto A3.1.	Programa Institucional de Mejoramiento Genético Ovino en el Trópico Húmedo del Ecuador.....	34
Foto A3.2.	Peso de macollas en las unidades experimentales	34
Foto A3.3.	Separación de muestras en tallos y hojas.....	35
Foto A3.4.	Muestras separadas en tallos y hojas de macollas corte y enfundado.....	35

RESUMEN

Se desconoce la dinámica de producción de variedades de *Pennisetum* en la zona de Santo Domingo. Se evaluó el rendimiento de biomasa a las edades de corte de 30, 45, 60, 75 y 90 d, en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (King grass, Maralfalfa, Camerún y Elefante) muestreadas en las épocas seca y lluviosa. Este estudio se realizó para determinar la edad óptima de corte de la planta según la época del año y su efecto en la altura de la planta, número de nudos y distancia entre nudos centrales, relación hoja:tallo y rendimiento de la materia seca total (MS). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar en análisis combinado con observaciones en el tiempo, el experimento se ejecutó en Santo Domingo, Ecuador, sobre un suelo Andisol. La edad de corte influyó en la altura de la planta muestreadas en las épocas seca y lluviosa, observándose un crecimiento cuadrático ($P < 0,0001$). No hubo diferencias ($P \geq 0,05$) del crecimiento entre las variedades de *Pennisetum*. En la época seca las variedades de *Pennisetum* alcanzaron una altura máxima de 284,2 cm a los 85 d de edad, con una fluctuación en la velocidad de crecimiento a los 30 d de $7,5 \text{ cm d}^{-1}$ y a los 88 d se detuvo el crecimiento. En la época lluviosa las variedades alcanzaron una altura máxima de 367,7 cm a los 90 d de edad. La cantidad de nudos alcanzaron un promedio de 12,2 nudos tallo⁻¹ en la época lluviosa y de 9,0 nudos tallo⁻¹ en la época seca; mientras que la distancia media de los nudos fue de 14,4 cm y 11,7 cm para la época lluviosa y seca, respectivamente. La mayor relación hoja:tallo estuvo definida por la época, en la lluviosa fue 1,4 y 0,50 en la seca. El mayor rendimiento de MS se obtuvo en la época lluviosa, registrándose 121,5 t ha⁻¹ a los 90 d de edad, con el punto de inflexión a los 60 d y una producción de 72,8 t ha⁻¹ de MS. El punto máximo de producción y de velocidad de crecimiento para las variedades de *Pennisetum* en las épocas seca y lluviosa estuvo entre los 60 y 70 d de edad, lo que indica que esta sería la edad óptima de corte para mejorar la eficiencia en los sistemas que utilizan pastos de corte en la zona.

Palabras claves: *Pennisetum purpureum*, rendimiento, edades de corte, épocas seca y lluviosa.

ABSTRACT

Is unknown the production's dynamic of *Pennisetum's* varieties in the zone of Santo Domingo. Was evaluated the biomass yield in the cutting ages of 30, 45, 60, 75 and 90 d, in four varieties of *Pennisetum purpureum* (King grass, Maralfalfa, Camerún and Elefante) sampled in the dry and rainfall season. This study was realized to determine the cutting optimum age of the plant accord to the year's season and its effect in the plant's height, knot's number and distance between central knots, leaf:stem relationship and total dry matter's yield (MS). Was used the completely randomized block design in combined analysis with observations in the time, the experiment was conducted in Santo Domingo, Ecuador, on an Andisol soil. The cutting age influenced in the height of the sampled plant in the dry and rainfall season, being observed a quadratic growth ($P < 0,0001$). There weren't differences ($P \geq 0,05$) of the growth between the *Pennisetum's* varieties. In the dry season the *Pennisetum's* varieties got a maximum height of 284,2 cm to the 85 d of age, with a fluctuation in the growth rate of 7,5 cm d⁻¹ to the 30 d and was stopped this one to the 88 d. In the rainfall season the varieties got a maximum height of 367,7 cm to the 90 d of age. The knot's amount got an average of 12,2 nudos tallo⁻¹ in the rainfall season and 9,0 nudos tallo⁻¹ in the dry season; while the average distance of the knots was 14,4 cm and 11,7 cm to the rainfall and dry season, respectively. The higher leaf:stem relationship was defined by the season, in the rainfall one it was 1,4 and 0,50 in the dry one. The higher MS yield was gotten in the rainfall season, being registered 121,5 t ha⁻¹ to the 90 d of age, with the inflection point to the 60 d and a production of 72,8 t ha⁻¹ of MS. The maximum point of production and the growth rate to the *Pennisetum's* varieties in the dry and rainfall season were between the 60 and 70 d of age, it indicates that these ages would be the optimum cutting age to improve the efficiency in the systems that use cutting grass in the zone.

Keywords: cutting ages, dry and rainfall seasons, *Pennisetum purpureum*, yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador tiene cerca de tres millones de hectáreas de pastos cultivados y un millón hectáreas de pastos naturales. En la región Costa existe una superficie aproximada de un millón y medio de hectáreas de pastos cultivados y 230 000 hectáreas de pastos naturales, mientras que en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se registra un total de 140 000 y 3950 hectáreas, respectivamente (ESPAC, 2011).

Según Argel (2005) el principal problema es la falta de planeación del manejo de pastos por parte del productor, debido a la producción de forrajes en el trópico es estacional, o sea depende de las lluvias, mientras que los requerimientos nutricionales del hato son constantes tanto en las épocas lluviosa como seca.

Existen varios factores internos y externos que limitan la producción de un material forrajero, entre los factores externos más importantes es el clima. Los países tropicales poseen una diferencia productiva forrajera en la estación seca con respecto a la estación lluviosa, y esto crea una necesidad de alimento en una forma estacional (Araya y Boschini, 2005).

Para una adecuada utilización del forraje en cuestión, se deben tomar en cuenta factores de la fisiología vegetal (acumulación de azúcares, madurez del cultivo entre otras) que va a definir en parte, el beneficio que se puede lograr del material durante cada corte (Sosa et al., 2006; Burns et al., 2007).

La introducción de materiales forrajeros de calidad y producción estable de biomasa durante todo el año, conforma una alternativa importante en diversas regiones tropicales (Martínez et al., 2009).

En Ecuador, se han introducido especies forrajeras con alto potencial para ser usados en sistemas de corte y pastoreo; de los cuales destacan los del género *Pennisetum* con materiales como pasto Elefante, King Grass morado o Camerún, King Grass, Gramalote y Maralfalfa (Rua, 2008).

Sin embargo, un aspecto a considerar para que cualquier pasto exprese su máximo potencial productivo, es el manejo; dentro del cual destaca la edad de corte, pues constituye una variable que determina en el rendimiento y calidad del forraje obtenido (Ramírez et al., 2010).

Existen estudios realizados en los que se evaluaron las edades de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum* cv. Camerún) para conocer su producción y digestibilidad en la materia seca *in vitro* en una época lluviosa. Considerándose desde el establecimiento hasta la evaluación de los tratamientos cada 15 d hasta los 125 d de edad, se obtuvo con el corte entre los 75 y 90 d, el pasto morado logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja:tallo y la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte (Madera, et al. 2009).

Además, se investigó la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica; en el cuál se comparó la producción forrajera, el contenido de materia seca, proteína cruda y cenizas de los pastos Taiwán, King Grass, Gigante, Elefante enano y Camerún establecidos en iguales condiciones y evaluados a diferentes edades de corte. Se concluyó que la edad óptima de cosecha para los *P. purpureum* evaluados excepto para el Elefante enano fue a los 70 d después del corte, esto debido a la producción y estado fisiológico de las plantas. Para el Elefante enano la cosecha se dio a los 98 y 112 d después del corte. Los pastos de la familia *P. purpureum* son de uso generalizado en los sistemas tropicales, pero no existe una caracterización productiva que defina la producción promedio de los cultivares específicos, por eso es de gran importancia conocer tales fuentes forrajeras, describir su comportamiento fisiológico y la producción de biomasa (Araya y Boschini 2005).

Por tanto, este trabajo tiene como objetivo caracterizar y comparar la producción de materia verde y materia seca, así como el contenido materia seca y relación tallo-hoja de cuatro variedades de *P. purpureum* utilizados en el Trópico húmedo del Ecuador.

1.2. Justificación

El presente proyecto de 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 fueron establecidos por el Dr. José Espinosa y la Dra. Eugenia Cienfuegos durante la estancia posdoctoral en la UTE-SD de la Dra. Cienfuegos docente investigador de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. En uno de los objetivos del Programa en la etapa 1, se consideró el establecimiento de cuatro genotipos de pastos de corte del género *Pennisetum* (*P. purpureum* Elefante común., *P. purpureum* King grass, *P. purpureum* Camerún y *Pennisetum* sp. Maralfalfa) para estudiar la dinámica de crecimiento en la producción de estos forrajes.

Debido a que existe una gran utilización de pastos del género *Pennisetum* en los sistemas intensivos de producción ha permitido incrementar la carga animal de las fincas ganaderas y, por esta razón, este género ha sido introducido en los sistemas de producción de un gran número de productores en la zona de Santo Domingo (Ortiz et al., 2010). Los pastos de corte del género *Pennisetum* de mayor aceptación en la última década son el King Grass, Maralfalfa, Camerún y Elefante; sin embargo, existe confusión con respecto al tiempo óptimo de corte, debido a que se corta ya muy tierno, obteniéndose cantidades bajas de materia seca (MS) o en avanzado estado de madurez cuando el pasto ha perdido valor nutricional (Pirela, 2005).

La producción de MS y la composición química de los pastos de corte varían con las prácticas de manejo (Ramírez et al., 2010). Estos cambios no han sido evaluados en las condiciones de clima prevalentes en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El presente estudio determinará el rendimiento forrajero del pasto de corte del género

Pennisetum muestreado a diferentes edades de corte para la identificación del punto óptimo de corte que permite acumular la mayor cantidad de MS.

El principal beneficiario de los resultados de este proyecto de tesis es el sector agropecuario de la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas. El impacto de la información recolectada puede extenderse positivamente a otros ámbitos de la población, generando mayores y mejores fuentes de empleo, propiciando la articulación de la producción agrícola con otros sectores (técnicos, educativos, económicos).

La información desarrollada determinó la acumulación de biomasa en las cuatro variedades en los pastos de corte del género *Pennisetum* en las épocas de lluvia y seca en el trópico húmedo. Estos datos sirven para decidir que variedades del pasto son las de mayor producción en la región y cuáles son más recomendables a cultivar dependiendo de las edades de corte.

Esta investigación fue enfocada en la búsqueda de una alternativa para mejorar el rendimiento forrajero de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* en el trópico húmedo. Debido a que se va a realizar el proyecto en la granja experimental Oasis de la UTE y es viable debido a que se cuenta con el terreno, personal y todos los materiales necesarios para llevar a cabo esta investigación.

1.3. Alcance

Este proyecto se realizó en la granja experimental Oasis de la UTE y se estudió la producción de los forrajes en términos de materia seca, para lo cuál se definieron tratamientos de cinco edades de corte para determinar la edad óptima de corte en las épocas lluviosa y seca. Se analizó hasta la producción de materia seca de hojas y tallos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la relación entre la acumulación de biomasa y las edades de corte de cuatro variedades del género *Pennisetum purpureum* (King grass, Maralfalfa, Camerún, Elefante común) durante las épocas de lluvia y seca cultivadas en el trópico húmedo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variedad del género *Pennisetum* (King grass, Maralfalfa, Camerún, Elefante común) con mayor producción de material forrajero en la época lluviosa y seca en el trópico húmedo.
- Evaluar el efecto de la edad de corte de tallos y hojas sobre el máximo rendimiento de los pastos de corte (King grass, Maralfalfa, Camerún, Elefante común) en la época lluviosa y seca en el trópico húmedo.

1.5. Hipótesis

H₀: La edad de corte no incide en la acumulación de biomasa en las variedades de pastos de corte en el trópico húmedo.

H₁: La edad de corte incide en la acumulación de biomasa en las variedades de pastos de corte en el trópico húmedo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Se realizó un trabajo similar en México en el período de diciembre del 2008 a junio del 2009, en el que se evaluaron edades de corte (45, 60, 75, 90, 105, 120 d) para conocer la influencia de la edad del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción de la materia seca. Se observó que con el aumento de la edad de corte, se incrementa la altura y circunferencia de la cepa, largo y ancho de la hoja, diámetro basal del entrenudo y producción de forraje. En la relación hoja:tallo se encontró una disminución al aumentar la edad de corte. Se concluye que con el corte entre los 75 y 90 d, el pasto morado logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja:tallo, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte (Madera et al., 2009).

Otro estudio similar realizado en Costa Rica durante el segundo semestre del 2007 donde se investigó el consumo de *P. purpureum* cv. King Grass a tres edades de cosecha (60, 75 y 90 d) en caprinos. Se observó mayor consumo de materia verde cuando el forraje fue cortado a los 60 d y una disminución gradual en el consumo de materia seca, conforme aumentó la edad de la cosecha y la proporción de tallos en el forraje. A menor edad del material y mayor relación hoja:tallo, las cabras aumentaron el consumo de forraje y el aprovechamiento de los nutrientes del mismo (Chacón y Vargas 2010).

En una investigación realizada en Ecuador donde se evaluó el potencial forrajero del pasto Maralfalfa (*P. purpureum*) con niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo (60, 90 y 120 kg ha⁻¹), y una dosis igual de potasio (30 kg ha⁻¹). Se identificó que el mejor tratamiento fue al fertilizar con 90 kg N ha⁻¹ y 120 kg P ha⁻¹ y se registraron las mayores alturas de planta, de 133,17 cm a los 75 d; 173,50 cm a los 105 d y 212,67 cm a los 135 d, con producciones de forraje verde de 38 t ha⁻¹ a los 75 d, 55,33 t ha⁻¹ a los 105 d y 212,67 t ha⁻¹ a los 135 d. La edad propicia de corte del *Pennisetum* se recomienda a los 75 d, ya que a

esta edad existe una relación positiva entre la cantidad ($184,93 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de materia verde) y calidad (16,70 % de MS y 15,30 % de proteína cruda) del forraje. Finalmente, se observó que los valores encontrados en esa investigación son inferiores a los que reportan otros autores, lo que sin duda se debe, a la diferencia de los ecosistemas en donde se realizaron tales investigaciones (Cruz, 2011).

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Curvas de crecimiento

En forma generalizada el crecimiento de una planta puede expresarse mediante una curva que presenta cinco fases (Bertsch, 1995):

- Una fase inicial durante la cual ocurren cambios internos que son preparatorios para el crecimiento.
- Una fase de rápido incremento en el crecimiento.
- Una en la cual la tasa de crecimiento disminuye gradualmente.
- Un punto en el que el organismo alcanza la madurez y el crecimiento terminal.
- Una fase de senescencia y muerte.

2.2.2. Adaptaciones fisiológicas de los pastos

La apariencia externa de las plantas forrajeras determina el tipo de uso. Las plantas altas, de crecimiento erecto, se utilizan principalmente para corte, heno o ensilaje. El tipo de manejo, corte o pastoreo, está determinado por cuatro características fisiológicas de la planta (Bernal y Espinosa, 2003):

1. Carbohidratos no estructurales.
2. Área foliar.
3. Interacción entre los carbohidratos no estructurales y el área foliar.
4. Origen del nuevo crecimiento.

2.2.3. Índices de crecimiento

Es la cuantificación de los efectos nutricionales por medio de índices de crecimiento, que implican muestreos a lo largo del ciclo del cultivo, debe ser más sensible para señalar los beneficios de la fertilización y los efectos de las edades de corte (Bertsch, 1998).

2.2.4. Época de cultivo

Para decidir las épocas de aplicación de fertilizaciones y de cosechas es necesario considerar las condiciones climáticas. La humedad relativa es muy importante y debería ser superior a un 70 %. Debe buscarse las hora del día, temprano en la mañana o avanzada la tarde, especialmente durante la época seca (Bertsch, 1998).

2.2.5. Pastos y forrajes en el trópico

La introducción de materiales forrajeros de calidad y producción estable de biomasa, durante todo el año, conforma una alternativa importante en diversas regiones tropicales (Martínez et al., 2009).

En el trópico, los pastos constituyen el principal recurso para la alimentación de rumiantes y a su vez son los de menor costo. Sin embargo, uno de los factores limitantes de los pastos tropicales, al ser gramíneas, es su bajo contenido de proteína y su baja digestibilidad, factores que influyen negativamente en el consumo y la productividad de los animales (Jervis, 2010).

2.2.6. Sistemas de producción de pastos

El desempeño de los animales en pastoreo está determinado, fundamentalmente, por la eficiencia y sostenibilidad del sistema pastoril, ya que el resultado, medido como producto animal por unidad de área de pastoreo, dependerá de la productividad de las pasturas, que a su vez es afectada por el manejo del pastoreo (González et al., 2011). El reto de la empresa ganadera es lograr ser eficiente en términos de productividad y rentabilidad de la operación

por unidad de área con la introducción de especies forrajeras mejoradas y con el incremento en el rendimiento y valor nutricional de estas pasturas (Jervis, 2010). Existen varios sistemas de producción de pastos que se discuten a continuación.

Sistema extensivo

Los sistemas extensivos de producción animal comparten tradicionalmente características comunes como número limitado de animales por unidad de superficie, uso limitado de los avances tecnológicos, baja productividad por animal y por hectárea, alimentación basada principalmente en pastoreo natural, uso de subproductos de la explotación y uso reducido de energía fósil (Sánchez et al., 1998). Además, estos sistemas generalmente se asientan en suelos no aptos para agricultura convencional y el pastoreo es la base del sistema (Martín et al., 2001).

En términos generales, los sistemas extensivos emplean pastos naturales o nativos y en pocos casos estos pastos se asocian con pastos mejorados. La producción de biomasa disponible para el animal por unidad de área y por año es baja por las características intrínsecas del sistema por lo que existen variaciones importantes en la producción y valor nutritivo del pasto a lo largo del ciclo productivo y la carga animal suele ser menor a un animal por hectárea (Murgueitio, 1999).

Sistema intensivo

El rendimiento de un sistema productivo es el resultado de la producción individual, del número y de la relación entre animales productivos e improductivos. En éste sentido, la producción de un animal está condicionada por sus características genéticas, al medio que le rodea y a la nutrición (Hernández et al., 2000).

El sistema de pastoreo intensivo se utiliza en aquellas regiones donde las condiciones ambientales favorecen el crecimiento de los pastos durante todo el año. A diferencia de los sistemas extensivos, la carga ganadera es alta y se fundamentan básicamente en

alimentación en corral, o en una combinación de pastoreo con alimentación estabulada (Macedo, 2004).

2.2.7. Pastos de corte

Mientras mayor sea la cantidad de alimento total producido, mayor será también la carga animal; por esta razón, el cultivo de pastos de corte es de gran interés en los sistemas de producción pecuaria. Las especies forrajeras de corte son plantas altas que tienen la capacidad de producir mayor cantidad de biomasa por unidad de área que las especies utilizadas para pastoreo (Rua, 2008).

La implementación de un sistema de producción basado en pastos para corte minimiza el desperdicio de forraje, elimina el pisoteo y la compactación del suelo, evita el gasto de energía por parte de los animales durante el pastoreo y disminuye la selección del animal que normalmente deja un residuo considerable en los potreros. Se considera que la utilización de pastos de corte es una herramienta importante para incrementar la producción pecuaria sin afectar el ambiente (Herrera et al., 2002).

Los pastos de corte que producen bien en el trópico se identifican principalmente con el género *Pennisetum* con materiales como pasto Elefante, King Grass morado o Camerún, King Grass, Gramalote y Maralfalfa (Rua, 2008).

2.2.8. Género *Pennisetum*

El género *Pennisetum* se encuentra extendido por toda la zona tropical de Latinoamérica y es utilizado como base forrajera en la alimentación de vacas, ovejas y cabras. Este género pertenece a la familia de las gramíneas y su valor nutritivo está determinado por su contenido proteico y su valor energético, pero el contenido en proteína como el de energía pueden variar según el estado vegetativo de la planta. Estudios realizados en Brasil con varios ecotipos de *Pennisetum* demostraron que la máxima cantidad de proteína se concentra en la hojas y esta condición se alcanza a los 28 d de crecimiento, esta

concentración se reduce al 60 % del total a los 56 d y al 40 % a los 126 d (CAPRAISPANA, 2007).

La mayoría de las especies del género *Pennisetum* presentan rendimientos de hasta 50 t de materia verde (MV) ha⁻¹ corte⁻¹, llegando a producciones anuales de 200 a 250 t de MV ha⁻¹ con porcentajes de proteína que oscilan entre 6 y 8,5 % (Cardarelli, 1999). Se han encontrado rendimientos de MS que oscilan entre 72 y 85 t ha⁻¹ año⁻¹ (Alonso, 2010) y gran sensibilidad a la baja fertilidad del suelo, por lo que exigen una buena fertilización, especialmente con N (Araya, 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio del estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Granja experimental “El Oasis”, propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo, cantón de Santo Domingo, Ecuador, ubicada a 0°13,29' de latitud sur, 79° 15,83' de longitud oeste y a 416 m de altitud sobre el nivel del mar (Aviación Civil Santo Domingo, 2013). El período de evaluación del material cosechado fue en las épocas lluviosa y seca del 2013.

El clima prevalente es trópico húmedo y se caracteriza por tener una temperatura media anual de 23,5°C y precipitaciones anuales de 2600 a 6400 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. La heliofanía fue de 2 a 4 h d⁻¹. Los valores se indican en la siguiente figura 1.

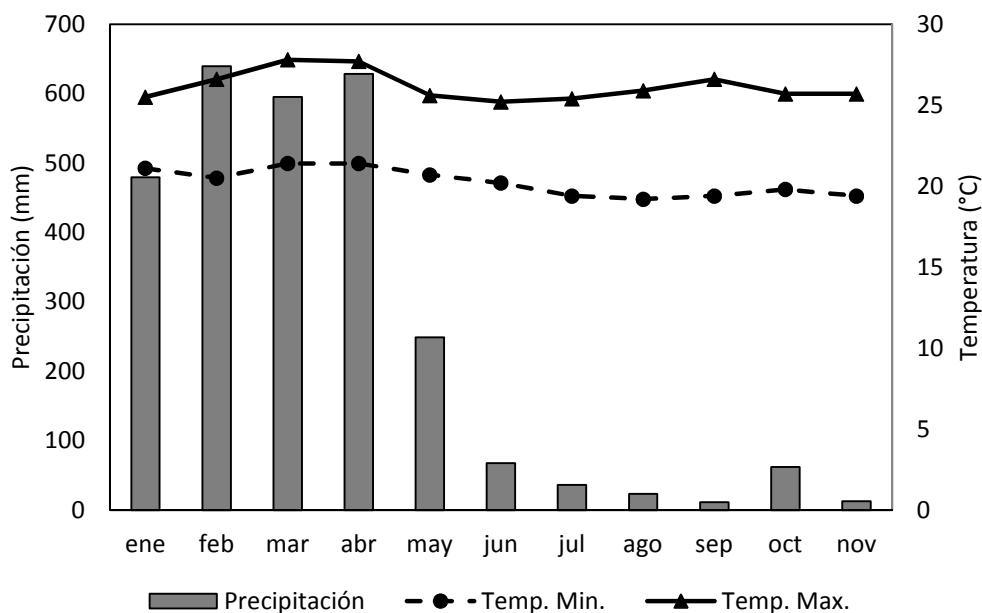


Fig. 1. Medias mensuales de precipitación, y temperaturas mínima y máxima de enero a noviembre del año 2013. Dirección General de Aviación Civil, estación climatológica del Aeródromo Nacional “Santo Domingo”

3.2. Diseño experimental

3.2.1. Unidad experimental

Se utilizaron cuatro cultivares de *P. purpureum* (Elefante común, King Grass, Camerún, Maralfalfa), sembradas por vareta en una parcela de 50 m² que contiene 60 macollos, de las cuales se seleccionarán tres macollos al azar para su muestreo y evaluación. El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo. Los suelos se formaron sobre depósitos de ceniza volcánica y son clasificados como Andisoles, según la Soil Taxonomy (USDA, 2010). El análisis químico se reporta en el siguiente cuadro 1.

Cuadro1. Reporte de análisis de suelo de la finca “El Oasis”. Universidad Tecnológica Equinoccial, Laboratorio de Química

pH	MO	NH ₄	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	K	Ca	Mg
	%				Ppm						meq/100 g	
5,9	2,2	41,0	6,5	6,3	42,0	5,6	1,9	2,8	0,3	0,3	7,5	2,9

3.2.2. Tratamientos

Los tratamientos se ejecutaron en arreglo factorial completo. Se evaluaron edades de corte de 30, 45, 60, 75 y 90 d en las variedades de *Pennisetum* King Grass, Maralfalfa, Camerún y Elefante. Se evaluaron las producciones de materia seca y verde totales, la relación hoja:tallo, la altura de planta, número y distancia entre nudos.

3.2.3. Modelo estadístico

Se utilizo el diseño de bloques completos al azar en análisis combinado con observaciones en el tiempo (Gomez y Gomez, 1984). Se utilizó el programa InfoStat versión 2010 para analizar los datos (di Rienzo et al., 2010) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza para evaluar las variedades y edades de corte de los pastos

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	59
Repeticiones	2
Variedades (A)	3
Error (a)	6
Edades de corte (B)	4
Lineal	(1)
Cuadrática	(1)
Cúbica	(1)
A x B	12
Error (b)	35

3.3. Manejo del experimento

3.3.1. Instalación y manejo rutinario

Siembra del pasto

El experimento se encontraba establecido en campo con una marco de plantación de 0,5 m por 1,0 m. entre planta y surco respectivamente (densidad 20 000 plantas ha⁻¹) los tratamientos estan distribuidos aleatoriamente a las unidades experimentales que fueron parcelas de 5 m por 10 m con tres repeticiones.

Cada una de las repeticiones se dividio en 4 áreas experimentales de 5 m por 10 m con pasillos de 2 m para facilitar las labores de cultivo y paso de los técnicos evaluadores.

Análisis de suelo

Se muestreó el suelo del sitio experimental a una profundidad de 5 cm. La muestra se homogenizó, se seco al ambiente y se envió al laboratorio. El análisis para determinar el contenido de nutrientes en el suelo se realizó el método de Olsen modificado que utiliza como extractante una solución de bicarbonato de sodio y EDTA ajustada a pH 8,5 con NaOH 10 N. El análisis de materia orgánica se realizó utilizando el método de Walkley Black, adecuado para las condiciones de Ecuador. En base a los resultados obtenidos del análisis de suelo se realizaron los cálculos de requerimientos de nutrientes y dosis de fertilización.

Cortes de igualación

Se realizaron dos cortes de igualación de todas las parcelas experimentales se hizo de manera mecánica para cada época a una altura de 5 cm del suelo para que todos los pastos inicien su rebrote al mismo tiempo de una manera homogénea.

Fertilización

La fertilización para los tratamientos de las edades de corte, fue dirigida a la superficie del suelo a los 15 d después del corte de igualación, para lo cual, las dosis y mezclas de fertilizante. Se aplicó 272 kg ha⁻¹ de sulphomag y 180 kg ha⁻¹ de urea en forma localizada con espeque a 10 cm a un solo costado de cada uno de los macollos sembrados mediante chorro continuo en surcos delgados a 15 cm a un costado de las hileras de siembra y 450 kg ha⁻¹ de Fertiphos en forma localizada con espeque en hoyos a 15 cm al otro costado de las mismas hileras, en ambos casos a una profundidad de 10 cm. La distancia entre hoyos realizados con espeque es de 25 cm.

Control de malezas

Para eliminar las malezas desarrolladas y reducir cualquier competencia que pudiera alterar el crecimiento normal del pasto se realizó una aplicación de herbicida a base de Ion Paraquat (ASF 378) en una dosis de 2,5 l ha⁻¹ (Márquez et al., 2007).

3.3.2. Medición de variables

Se realizaron cinco cortes del pasto, cada 15 d a partir de los 30 d del corte de igualación, (edades de 30, 45, 60, 75 y 90 d), para determinar la acumulación de biomasa y la edad óptima de corte para evaluar el rendimiento de las variedades de pasto de corte, sometidas a distintos tratamientos de diferentes edades de corte.

Se tomaron tres plantas al azar donde se midió la altura de planta desde el suelo hasta la parte más alta.

En el corte evaluativo se muestrearán los tres macollos de pasto de cada una de las diferentes variedades en estudio, que integran cada una de las parcelas experimentales de 50 m², luego se cosecho el forraje realizando el corte a una altura de 15 cm.

El forraje cosechado se pesó inmediatamente en una balanza de campo con la finalidad de determinar la cantidad de materia verde producida. Luego se procedió a tomar dos submuestras del material cosechado.

La primera submuestra, de dos plantas enteras, se utilizó para determinar el porcentaje de humedad de la planta, y la segunda submuestra de tres plantas, para separar los diferentes componentes como hojas y tallos. Se procedió a determinar el peso de materia verde de cada una de las submuestras llevando inmediatamente al umbráculo para eliminar el exceso de humedad y posteriormente se llevaron al laboratorio para colocar en una estufa de aire forzado a 65 °C hasta lograr peso constante AOAC (1995).

Luego de terminar la primera etapa de muestreo durante la época de lluvia, se continuó con las observaciones en la época de verano, con el mismo procedimiento.

Peso de la materia verde total

Se cortaron los tres macollos completos por muestra de cada parcela, se pesaron en el campo y se calculó la producción en $t\ ha^{-1}$.

Peso de la materia verde y seca totales de tallos y hojas

Se muestrearon las tres plantas representativas de cada parcela experimental, separándolas en tallos y hojas, tomando en cuenta el cálculo del rendimiento total de pasto y su proporción de MS, para calcular el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ de las fracciones hoja y tallo.

Número de nudos

Después de separar las hojas del tallo, se evaluó el conteo de nudos del tallo y se anota, cada 15 d.

Distancia entre los nudos centrales

La distancia entre nudos se midió y promediaron los dos entrenudos centrales para los tallos con número par de nudos y para los tallos con número impar de nudos, se midió el entrenudo central. Las mediciones se tomaron en cm y se hicieron cada 15 d.

Peso de la materia seca de la submuestra

Se secó la submuestra de dos plantas en una estufa a $65\ ^\circ C$ hasta peso constante y pesar el material seco (AOAC, 1995). Con el peso húmedo y seco de la submuestra se calculó el peso de la materia seca total en $t\ ha^{-1}$.

Materia seca

Para calcular la materia seca se colocó la muestra de materia verde en fundas de papel etiquetadas de acuerdo al tratamiento y se secó en una estufa a 65 °C (AOAC, 1995) hasta obtener un peso constante en t ha⁻¹.

Relación hoja-tallo en la planta seca

Se calculó el valor que representa la relación hoja-tallo (Paccapelo, Molas y Saluzzi, 1999) en la planta seca con la ecuación (1).

$$RHoTa = \frac{PMSTotHo}{PMSTotTa} \quad (1)$$

Donde:

- RHoTa = Coeficiente de la relación hoja-tallo en la planta seca. Para el cálculo se usaron los dos órganos a la vez, ambos en materia seca,
- PMSTotHo = Peso de la materia seca total de las hojas (t ha⁻¹),
- PMSTotTa = Peso de la materia seca total de los tallos (t ha⁻¹).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta

En la época seca y lluviosa la altura de la planta tuvo un crecimiento cuadrático ($P < 0,0001$). Las variedades de *Pennisetum* alcanzaron una altura máxima de 284,2 cm a los 85 d de edad, con una fluctuación en la velocidad de crecimiento a los 30 d de 7,5 cm d⁻¹ y a los 88 d dejó de crecer, en la época seca (Fig. 2 y Cuadro 3). Las variedades alcanzaron una altura máxima de 367,7 cm a los 90 d de edad. Los factores climáticos de la zona como las altas temperaturas y la humedad aceleran la velocidad de crecimiento y aumentan proporcionalmente la síntesis de tejidos de reserva o sostén (Manrique, 1996). Este estudio supera a los resultados de Ibarra y León (2000) quienes evaluaron tres edades de corte y su altura máxima fue de 76,7 cm a los 70 d de edad en el cv. CRA-265 en las condiciones de secano.

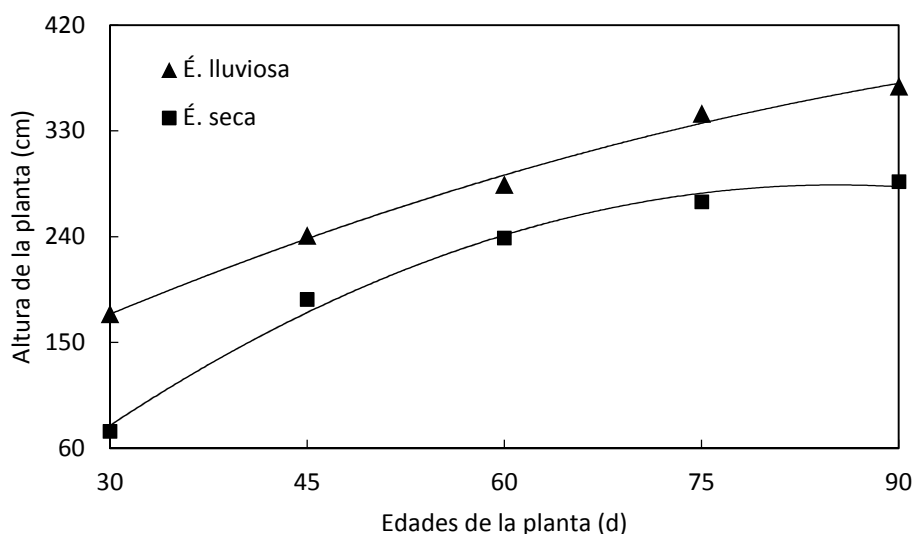


Fig. 2. Alturas de planta de las variedades de *Pennisetum* durante la época lluviosa y seca

En otro experimento realizado en Cuba por Casanovas et al. (2006) sobre la frecuencia de corte de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 en el período poco lluvioso, se alcanzó la mayor altura a los 120 d de edad con 78,43 cm ya que una de las cualidades de este pasto es su bajo porte.

Cuadro 3. Regresiones para altura de planta, número y distancia de nudos para la época seca y lluviosa

Ecuación de regresión ^a	R ²
AlturaPlantaLluvia = $-0,0223x^2 + 5,60x + 15,43$	0,9941*
AlturaPlantaSeca = $-0,0671x^2 + 11,44x - 203,62$	0,9923*
NúmeroNudosLluvia = $0,20x - 0,10$	0,9924*
NúmeroNudosSeca = $0,18x - 1,97$	0,9851*
DistanciaNudosCentralesLluvia = $0,071x + 10,17$	0,6234*
DistanciaNudosCentralesSeca = $-0,0036x^2 + 0,62x - 10,29$	0,9742*

^a Valores de x son las edades de la planta entre 30 y 90 d.

* Valores significativos con $P < 0,05$ según la prueba F.

4.2. Número de nudos y distancia entre nudos centrales

Para el número de nudos en el tallo no se encontró diferencias ($P = 0,1063$) entre las variedades, pero si entre las edades que tuvieron un incremento lineal ($P < 0,0001$). Las variedades de *Pennisetum* alcanzaron un promedio de 12,2 nudos tallo⁻¹ en la época lluviosa y para la época seca, de 9,0 nudos tallo⁻¹ (Fig. 3A). Mientras que la distancia entre nudos tuvo una tendencia lineal ($P = 0,0004$) para las edades (Fig. 3B).

Para la época lluviosa la distancia media de los nudos fue de 14,4 cm y 11,7 cm para la época seca. Esto indica que los factores ambientales influyen directamente y afectan el desarrollo del tallo, de igual forma, para la máxima diferencia de altura (83,5 cm) de las variedades de *Pennisetum* en las dos épocas (Fig. 3).

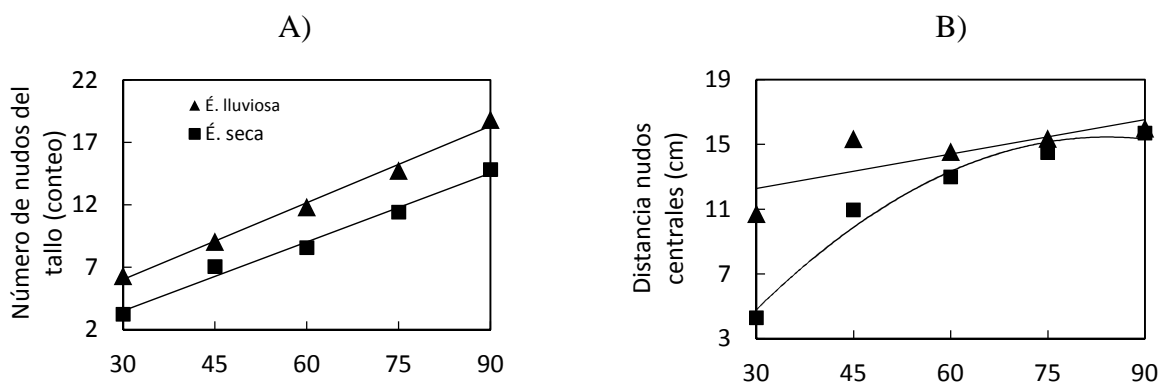


Fig. 3. Nudos y distancia entre nudos de los tallos. A) Número de nudos del tallo de las variedades de *Pennisetum* durante la época lluviosa y seca, B) Distancia entre nudos del tallo de las variedades de *Pennisetum* durante la época lluviosa y seca

4.3. Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo estuvo definida según la época, en la lluviosa se obtuvo una relación de 1,4 mientras que en la época seca fue de 0,50 (Cuadro 4). Esto es similar a lo reportado con Araya y Boschini (2005) en un estudio realizado en Costa Rica en donde evaluaron la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum*, que obtuvieron una relación de 0,65 a los 75 d de edad, excepto el Pasto Elefante o Mott, que tuvo una relación de 1,73.

En otro experimento realizado en Cuba por Casanovas et al. (2006) el cv. Cuba CT-115 en el período poco lluvioso, se obtuvo la mejor relación hoja:tallo, de 1,24 y la menor fue de 0,59 a los 120 d. Esto demuestra el efecto de la relación entre el crecimiento y la senescencia foliar.

Mientras que Chacón y Vargas (2009) hicieron un estudio en King Grass a tres edades de rebrote, obtuvieron una relación de hoja:tallo a los 60, 75 y 90 d de edad de 1,34; 1,33 y 1,31 para la época lluviosa, respectivamente. Se demostró que al aumentar la edad del material se redujo la relación hoja:tallo y la materia seca se incrementó, como en el presente experimento; además, el valor nutricional disminuyó más en las hojas que en los tallos, por la cubierta sensible de las hojas que producen pérdida de agua y se mueren rápidamente; mientras que los tallos se lignifican.

4.4. Rendimiento de materia verde y seca totales

Para la época seca y lluviosa se ajustó el modelo cúbico (Cayré, Garro y Vignolo; 2007). Este modelo de comportamiento es similar al sigmoideal porque forma una curva sigmoidea que se ajusta al crecimiento típico de las plantas (Pérez, 2004).

Este comportamiento se debe a que en el período lluvioso existen temperaturas más altas, mayor humedad del suelo y duración del día, lo que propicia que las plantas acumulen mayor cantidad de biomasa, y expresen su potencial de crecimiento y variabilidad de forma dinámica (Berstch, 1998).

Se observó que en la época lluviosa las variedades tuvieron mayor velocidad de crecimiento, expresada en las variables rendimiento materia seca. Se obtuvo su máxima producción de 121,5 t ha⁻¹ a los 90 d de edad, y alcanzó su punto de inflexión a los 60 d con 72,8 t ha⁻¹ (Fig. 4A y 4B, Cuadro 4).

Estos resultados sugieren realizar los cortes entre 60 y 70 d de edad de la planta, que coincide con la recomendación de Chacón y Vargas (2009), en Costa Rica, donde encontraron resultados similares en King Grass, al estudiar tres edades de corte (60, 75 y 90 d). Dichos investigadores recomiendan que la edad óptima de corte para la cosecha de King Grass debe ser a los 60 d de edad, porque la calidad del pasto fue mayor.

Otro estudio en Cuba conducido Rodríguez et al. (2011), que estudiaron los modelos para estimar la dinámica de crecimiento del *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169, de 12 edades de corte durante el período lluvioso y 10 edades en el período lluvioso recomiendan cortar el forraje a la edad de 70 y 160 d en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente.

Para la época seca se identificó que las tasas de crecimiento fueron inferiores expresadas en términos de rendimiento materia seca, con una producción de 70,4 t ha⁻¹ a los 75 d de edad y un punto de inflexión fue a los 52 d; con 36,9 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Relación hoja:tallo de las variedades de *Pennisetum* según la edad de la planta durante las épocas lluviosa y seca

Edad (d)	Época lluviosa				Época seca			
	Camerún	Elefante	King Grass	Maralfalfa	Camerún	Elefante	King Grass	Maralfalfa
30	3,88 a	1,82 a	4,31 a	1,80 a	2,96 a	1,30 a	4,07 a	0,60 a
45	1,35 b	0,96 a	1,51 b	1,08 a	0,14 b	0,06 a	0,19 b	0,09 a
60	0,99 b	0,67 a	1,00 b	0,76 a	0,11 b	0,09 a	0,10 b	0,08 a
75	1,03 b	0,88 a	1,03 b	0,74 a	0,03 b	0,04 a	0,03 b	0,03 a
90	0,70 b	0,73 a	1,61 b	0,57 a	0,03 b	0,02 a	0,04 b	0,05 a

^{a,b,c} Letras distintas indican diferencias significativas con Tukey 5 %. Las letras se leen para cada época en filas y columnas.

Estos datos demuestran que las diferencias en la producción de forraje se deben a la menor humedad del suelo y duración del día con respecto a la época lluviosa (Rodríguez et al., 2011).

Araya y Boschini (2005) obtuvieron la producción de forraje verde y material seco de los pastos King Grass y Taiwán de 15,3 y 13,9 t ha⁻¹, respectivamente. Por tanto, el autor recomienda que la edad óptima de cosecha para los *Pennisetum purpureum* sea a los 70 d de edad, debido a la producción y estado fisiológico de la planta, recomendación que coincide con la investigación propuesta en esta tesis.

Para las condiciones ambientales del lugar de este estudio se sugiere cortar entre los 60 a 70 d de edad para ambas épocas.

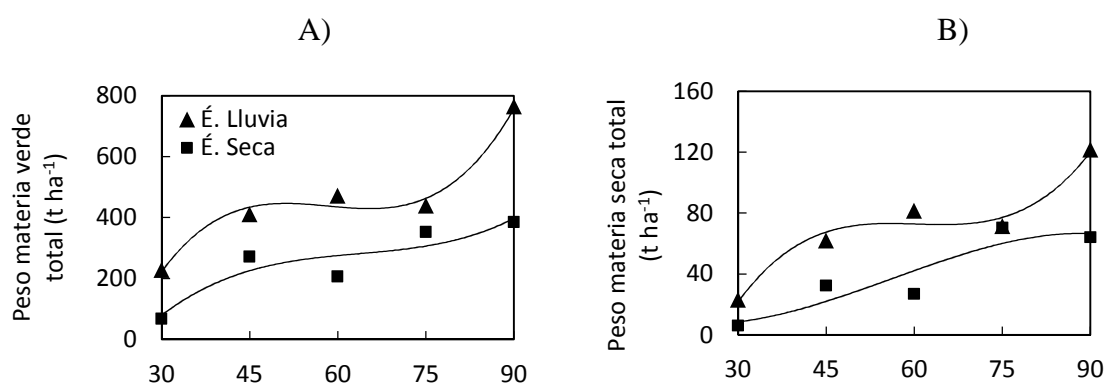


Fig. 4. Producción de materia verde y seca en la época seca y lluviosa. A) Peso de la materia verde de las variedades de *Pennisetum*, B). Peso de la materia seca total

En la época lluviosa se expresó la mayor velocidad de crecimiento en materia seca, con el punto de inflexión de 72,8 t ha⁻¹ a los 60 d de edad.

En la época seca se observaron tasas de crecimiento de materia seca menor a los de la época lluviosa, con un punto de inflexión de 36,93 t ha⁻¹ a los 52 d de edad.

En la investigación de Rodríguez et al. (2011) con modelos para estimar la dinámica de crecimiento de la variedad Cuba CT-169, obtuvo un punto de inflexión de 29,4 t ha⁻¹ de

materia seca a los 70 d para el período lluvioso; mientras que para el período poco lluvioso el punto de inflexión ocurrió a los 106 d de edad con 8,48 t ha⁻¹ de materia seca.

Cuadro 5. Regresiones del peso de la materia verde y seca de las plantas para las épocas lluviosa y seca

Ecuación de regresión ^a	R ²
PMVTotalSeca = -816,8+48,42x-0,73x ² +0,0039x ³	0,9254*
PMVTotalLluvia = -1795,4+118,50x-2,06x ² +0,012x ³	0,9911*
PMSTotalSeca = 38,92-2,89x+0,076x ² -0,00045x ³	0,9159*
PMSTotalLluvia = -350,76+21,29x-0,35x ² +0,0020x ³	0,9859*

^a Valores de x son las edades de la planta entre 30 y 90 d.

* Valores significativos con P < 0,05 según la prueba F.

Estos resultados se deben a la fisiología de las gramíneas tropicales, la duración de las hojas depende principalmente de la disponibilidad de agua y temperatura. En la época seca, con altas temperaturas las hojas alcanzan su máxima expansión en un tiempo relativamente corto, pero empiezan a morir rápidamente (Wilson y Mannetje, 1978).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Existen diferencias entre las edades de corte y las épocas de estacionales para la altura de la planta, relación hoja:tallo, y rendimientos de materia seca, pero no entre variedades de *Pennisetum*.
- La edad de corte ideal para los *Pennisetum* estudiados podría ser entre 60 y 70 d de edad, debido a que estas variedades tienen su mayor velocidad de crecimiento expresadas en las variables de rendimiento de materia seca y altura.

5.2. Recomendaciones

- Profundizar en el comportamiento de los indicadores bromatológicos en investigaciones futuras para evaluar el comportamiento del género *Pennisetum* en diferentes condiciones ambientales y de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (1995) *Association of Official Analytical Chemists*. 16th ed. Arlington, UA.
- Argel, P. 2005. Manejo y producción de pastos y forrajes en el trópico. Recuperado de http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/calidad_de_forrajes_en_el_tropico.pdf (consultado el 09 de septiembre del 2013).
- Bernal, J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo*. 3^{ra} ed. Bogotá, Colombia.
- Bertsch H., F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. 1^a ed. San José, Costa Rica.
- Cayré, M.; Vignolo, G. y Garro, O. (2007). *Selección de un Modelo Primario para Describir la Curva de Crecimiento de Bacterias Lácticas y Brochothrix thermosphacta sobre Emulsiones Cárnicas Cocidas*. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642007000300004&script=sci_arttext . (consultado el 18 de noviembre del 2013).
- CAPRAISPANA.(2007). *El uso de los pastos de Pennisetum como base de alimentación en cabras*. Recuperado de <http://www.capraispana.com/destacados/pasto/pasto.htm> (consultado el 21 de Marzo del 2013)
- Chacón, P. y Vargas C. (2010). *Consumo de Pennisetum purpureum Cv. King grass a tres edades de Cosecha en Caprinos*. Estación experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de ciencias agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Cruz, D. (2012). *Evaluación del Potencial Forrajero del Pasto MARALFALFA Pennisetum violaceum con Diferentes Niveles de Fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una Base Estándar de Potasio*. Escuela Politecnica del Chimborazo, Facultad de ciencias pecuarias, cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, Ecuador.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G, Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2010). *InfoStat versión 2010*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dirección General de Aviación Civil. (2013). *Resumen mensual de medias diarias: Aeropuerto Santo Domingo*. Quito, Ecuador: DGAC, Climatología Aeronáutica.
- ESPAAC. (2011a). *Características uso de suelo: resumen general de categorías de uso de suelo*. Recuperado de INEC http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html?TB_iframe=true&height=530&width=1100 (consultado el 21 de marzo del 2013).

- ESPAC. (2011b). *Ganado vacuno (bovino): resumen general de existencia*. Recuperado de INEC http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html?TB_iframe=true&height=530&width=1100 (consultado el 22 de marzo del 2013).
- Espinosa, J. y Bernal J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. INPOFOS
- García, C.R., Martínez, R.O., Tuero, R., Cruz, A.M., Romero, A., Estanquero, L. y Noda, (2007). *Caracterización de la dinámica de crecimiento y calidad del Panicum maximum cv. Mombaza en un suelo ferralítico de provincia La Habana*. II Congreso de Producción Animal Tropical. . Eds. M.F. Díaz, R.S. Herrera, T. Ruíz. Cuba. p. 231
- Gomez, K.A., y A.A. Gomez. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. Jhon Wiley & Sons, Singapore.
- Guerrero Peñafiel, J.M. (2012). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte king grass (Pennisetumpurpureum x Pennisetum typhoides), king grass morado (Pennisetum spp) y maralfalfa (Pennisetum hybridum) en el recinto la Independencia del cantón Ponce Enríquez, provincia del Azuay*. Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Herrera, R. y Ramos, N. (2006). Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. En: *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Eds. R.S. Herrera, G. Febles, G. Crespo. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
- Ibarra, G. y León, J. (2000). *Pennisetum purpureum cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo*. *Producción Animal*, 12.
- INEC. (2011). *Características uso de suelo: resumen general de categorías de uso de suelo* Recuperado de INEC http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html?TB_iframe=true&height=530&width=1100 (consultado el 21 de marzo del 2013).
- Lira, M.A., Eux, J. & Oliveira, C.F. (1998). *Competição de cultivares de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schum) e de seus híbridos com milho (P. americanum (L.) Leake), sob pastejo*. Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Madera, N. B.; Ortiz, B.; Bacab, H. M. y Magaña, H. (2009). *Influencia de la edad de corte del pasto morado (Pennisetum purpureum) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca* Instituto Tecnológico de Conkal. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Mérida, Yucatán; México. 41, 42 p.
- Manrique, U.; Carrillo, V.; Vásquez, D.; Rodríguez, M. y Rivas, E. (1996). Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el rendimiento de materia seca de *Andropogon gayanus*. *Zootecnia Trop*. 14: 149-166.

- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. y Padilla, C. R. (2009). Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp). *Revista de la ACPA*. 2: 44.
- Martínez, A., Rodríguez, P., Jiménez, A. y Manrique, C. (2010). *Descripción matemática de la función Gompertz aplicada al crecimiento de animales*. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/16169>. (consultado el 10 de noviembre de 2013).
- Márquez, F; Sánchez, J; Urbano, D; Dávila, C. (2007). Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetumpurpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Tropical* 25(4):253-259
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). *Alternativas para enfrentar una sequía prolongada en la Ganadería prolongada*.
- Ortiz, R. B.; Sosa, R. E. y Zavaleta, C. (2010). *Manual del pasto morado*. Follero Técnico No. 1.Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C. Instituto Tecnológico de Conkal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal, Quintana, Roo. México.
- Paccapelo, H., Molas, L., y Saluzzi, L. (1999). Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays* L. x *Zea diploperennis* I. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa*. 10(2): 59-64.
- Pérez, J., García, E., Enríquez, F., Quero, R., Pérez, J. y Hernández, A. (2004). A growth analysis, specific leaf area and leaf nitrogen concentration in “mulato” grass (*Brachiaria* híbrido, cv). *Rev. Téc. Pec. Méx.* 42:447.
- Pirela, M. F. (2005). *Valor nutritivo de los pastos tropicales*. Manual de ganadería doble propósito
- Ramírez, O., Hernández, A., Carneiro da Silva, S., Pérez, J., Jacaúna de Souza, S., Castro, R., y Enríquez, F. (2010). Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 12: 303-311.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, O., Herrera, M., Noda, A. y Jay, O. (2007). *Modelación matemática de la dinámica de producción del pasto Pennisetum purpureum Cuba CT-115 en época de lluvia*. II Congreso de Producción Animal Tropical. I Taller de Informática y Bioestadística Aplicada a las Ciencias Agropecuarias. Eds. M.F. Díaz, R.S. Herrera, T. Ruíz.

- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, O., Herrera, M., Noda, A. y Jay, O. (2011). Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. *Revista cubana de ciencia agrícola*.
- Rodríguez, C., y E. Blanco. (1970). Composición química de hojas y tallos de 21 cultivares de elefante (*Pennisetum Purpureum*, Schumacher). *Agronomía Tropical* 3(6):383-396.
- Rua, M. 2008. *Pastos de corte para el trópico*. Recuperado de Engormix <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/pastos-corte-tropico-t2047/p0.htm> (consultado el 21 de marzo del 2013).
- Wilson, J. y L. Mannetje. (1978). Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel grass and Green panic leaves in sward. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 503-5.

ANEXOS

Análisis de varianza

Cuadro A1.1 Análisis de la Varianza Altura época seca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura época seca	60	0,96	0,92	7,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	332359,69	27	12309,62	25,68	<0,0001	
Repetición	1448,42	2	724,21	0,51	0,624	(Variedad*Repetición)
Variedad	16712,38	3	5570,79	3,93	0,0725	(Variedad*Repetición)
Variedad*Repetición	8509,91	6	1418,32	2,96	0,0206	
Edad	295416,15	4	73854,04	154,08	<0,0001	
Edad*Variedad	10272,82	12	856,07	1,79	0,094	
Error	15338,43	32	479,33			
Total	347698,12	59				

Cuadro A1.2 Análisis de la Varianza NuNu

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NuNu	60	0,94	0,9	12,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1197,13	27	44,34	19,93	<0,0001	
Repetición	2,23	2	1,12	0,22	0,8093	(Variedad*Repetición)
Variedad	13,93	3	4,64	0,91	0,4893	(Variedad*Repetición)
Variedad*Repetición	30,57	6	5,09	2,29	0,0596	
Edad	1137,17	4	284,29	127,77	<0,0001	
Edad*Variedad	13,23	12	1,1	0,5	0,902	
Error	71,2	32	2,22			
Total	1268,33	59				

Cuadro A1.3 Análisis de la Varianza DiNuCe

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DiNuCe	60	0,85	0,72	12,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	620,55	27	22,98	6,74	<0,0001	
Repetición	7,23	2	3,62	1,03	0,4114	(Variedad*Repetición)
Variedad	305,67	3	101,89	29,12	0,0006	(Variedad*Repetición)
Variedad*Repetición	21	6	3,5	1,03	0,4261	
Edad	215,59	4	53,9	15,81	<0,0001	
Edad*Variedad	71,06	12	5,92	1,74	0,1047	
Error	109,07	32	3,41			
Total	729,62	59				

Cuadro A1.4 Análisis de la Varianza PMVTot

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMVTot	60	0,81	0,65	32,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)


F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	3016118,92	27	111708,11	5,09	<0,0001	
Repetición	176038,98	2	88019,49	1,47	0,3016	(Variedad*Repetición)
Variedad	389354,35	3	129784,78	2,17	0,1923	(Variedad*Repetición)
Variedad*Repetición	358454,44	6	59742,41	2,72	0,0299	
Edad	1790589,05	4	447647,26	20,39	<0,0001	
Edad*Variedad	301682,1	12	25140,17	1,15	0,3611	
Error	702528,79	32	21954,02			
Total	3718647,71	59				

Cuadro A1.5 Análisis de la Varianza PMSTot

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMSTot	60	0,85	0,72	30,58

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	86595,86	27	3207,25	6,65	<0,0001	
Repetición	1654,51	2	827,25	0,85	0,4742	(Variedad*Repetición)
Variedad	10891,11	3	3630,37	3,72	0,0804	(Variedad*Repetición)
Variedad*Repetición	5860,04	6	976,67	2,02	0,0913	
Edad	60436,52	4	15109,13	31,31	<0,0001	
Edad*Variedad	7753,68	12	646,14	1,34	0,2458	
Error	15442,39	32	482,57			
Total	102038,25	59				

Análisis de suelo



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
CAMPUS SANTO DOMINGO
ARTURO RUIZ MORA


REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
NOMBRE: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		NOMBRE: FINCA EL OASIS		CULTIVO ANTERIOR: PASTO	
DIRECCIÓN: KM 4 1/2 VIA CHONE		PROVINCIA: TSACHILA		CULTIVO ACTUAL: PASTO	
UBICACIÓN: SANTO DOMINGO		CANTÓN: SANTO DOMINGO		LOTE: ENSAYO DE LEGUMINOSAS	
TELÉFONO:		DIRECCIÓN: VIA A SAN JACINTO DEL BUA		VARIEDAD:	
		UBICACIÓN:		EDAD:	
				AREA QUE REPRESENTA: 1364 cm ²	
				PROFUNDIDAD: 10 cm	
				F. MUESTREO: 25/01/2012	
				F. INGRESO: 27/01/2012	
				F. SALIDA: 29/02/2014	


N° LAB.	DATOS LOTE	pH	ds/m C.E	ppm										
				% M.O	NH4	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B		
4426	LOTE#1	5,96		2,24	41,00	6,47	6,31	42,0	5,60	1,90	2,80	0,26		
		MeAc		B	A	B	M	A	A	B	B	M		

R1 Fe/Mn	R2 Ca/Mg	R3 Ca/K	R4 Mg/K	R5 Ca+Mg/K	meq/100 g								
					K	Ca	Mg	Na	Al+H	Al	Σ Bases	C.I.C.E	
15,00	2,59	23,44	9,06	32,50	0,32	7,50	2,90					10,72	
	M	M	M	M	M	M	A					M	

METODOLOGIA USADA	EXTRACTANTES	INTERPRETACION
pH: Suelo: Agua 1:2.5	Disen Modificado	Elementos:
N,P,B,S: Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Fe,Cu, Mn,Zn	B = Bajo
K,Ca,Mg,Fe,Cu,, Mn,Zn: Absorción Atómica	Fosfato de Calcio	M = Medio
C.E: Conductímetro	Monobásico B, S	A = Alto
M.O: Titulación Welkley Black		O = Optimo
		pH:
		Ac. = Ácido
		Me.Ac.= Medianamente Ácido
		LAc. = Ligeramente Acido
		P. N. = Practicamente Neutro



ING. ELSA BURBANO C.
LABORATORIO DE QUIMICA



LABORATORIO DE QUÍMICA
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA

Foto A2.1. Reporte de análisis químico de suelo del sitio experimental.

Fotos



Foto A3.1. Programa institucional de mejoramiento genético ovino en el trópico Húmedo del Ecuador.



Foto A3.2. Pesaje de macollas en las unidades experimentales y separación de muestras en tallos y hojas.



Foto A3.3. Separación de muestras en tallos y hojas, corte y enfundado.



Foto A3.4. Muestras separadas en tallos y hojas de macollas.