

UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS"  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES  
"INDIO HATUEY"

**CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE CINCO ACCESIONES  
DE *Pennisetum purpureum* Schum**

Autor: ING. *Arnaldo Caballero Gómez*

Tutores: Dra. C. *Marta B. Hernández Chávez*

Dr. C. *Ramón Omar Martínez*

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Pastos y Forrajes**

**Abril 2013**

## PENSAMIENTO

***.....hay que cuidar el pasto como ORO, y hay que  
cuidar los potreros como el MÁS productivo de  
nuestros cultivos.***

***FIDEL CASTRO RUZ, 1963***

## **DEDICATORIA**

A mis hijas LIBET y LIZET, por ser el mejor regalo que he recibido, esta tesis es mi empeño para ser ejemplo de sacrificio, dedicación y superación en ellas.

A mi esposa, porque juntos con amor hemos vivido y creado el camino, para alcanzar las metas propuestas.

A mis padres, por la exigencia para que me superara.

A mi familia, por el apoyo que siempre me dieron para que continuara.

## AGRADECIMIENTOS

- A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y a la máxima dirección del país, que me permitió estudiar y prepararme para la vida.
- A toda mi familia, por la ayuda recibida en mi formación y desarrollo como profesional.
- A mi compañera y esposa la M.Sc. Luz Marina Vera Pérez por toda la ayuda prestada desde mi formación profesional, hasta la culminación de la tesis.
- A la máxima dirección de esta prestigiosa Institución, por haber confiado en nosotros y permitirnos cursar la maestría a pesar de la heterogeneidad en la composición del grupo de maestrantes y la complejidad de nuestros trabajos.
- Al tutor, Dr.C. Ramón Omar Martínez, por la eficiente organización, montaje y conducción de todo el trabajo experimental.
- A la tutora Dr.C. Marta Hernández Chávez por el arduo trabajo en la revisión de estilo, corrección y composición de todo el material de tesis.
- Al Dr.C. César Padilla, por su colaboración oportuna en la siembra o plantación de las accesiones.
- Al Dr.C. Marcos Esperance Matamoros, por las iniciativas, gran preocupación y empeño que siempre tuvo en hacer realidad este curso de maestrantes.
- Al Dr.C. Rey Machado Castro, por la ayuda prestada en el ordenamiento de los resultados aspecto que le dio mayor validez.
- A las Dr.C. Marlen Navarro Boulandier e Dr.C. Hilda Wencomo Cárdenas, por el tiempo que me dedicaron en el trabajo del procesamiento estadístico de los datos.
- A los excelentes compañeros del equipo de trabajo de la Dirección de Pastos y Forrajes del ICA (Anita y el Guajiro), por la enseñanza prestada en la toma de la información de campo.
- A los integrantes del Comité Académico de la EEPF “Indio Hatuey”, quienes con sus sabias sugerencias y críticas oportunas, permitieron la mejor elaboración y presentación de la tesis.
- A la M.Sc. Suleiky, por la ayuda incondicional que prestó para poder escribir este trabajo.
- A mis compañeras(os), las M.Sc. Maida Lorenzo, Esther Sardiñas, Deisis González y muy especial a Troyita, Orisbel y Yony, que no vacilaron en prestarme la ayuda necesaria en el momento justo.
- A todos los que de una forma u otra me apoyaron y guiaron para hacer realidad este sueño, mis más sinceros agradecimientos.

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la finca equina Los Limones dedicada a la cría y desarrollo del ganado equino de la Empresa Agropecuaria del Ministerio del Interior ubicada en Jagüey Grande. El objetivo general del presente trabajo de tesis fue evaluar en condiciones de producción durante 16 meses en un suelo Ferralítico Rojo cuarcítico el rendimiento integral de 5 accesiones de *Pennisetum purpureum*. Los tratamientos estuvieron formados por las accesiones King grass, OM-22, CT-169, Morado y CT-115, los que fueron sometidos a un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. Las mediciones realizadas fueron: altura de la planta, rendimiento de MS total, rendimiento en hojas, rendimiento en tallos, contenido de PB, de FB y digestibilidad. Inicialmente, se realizó un análisis de varianza utilizando los paquetes estadísticos Infostat y SPSS, a través del cual se pudo determinar que el CT-169 y King grass fueron significativamente superiores ( $p < 0,001$ ) en altura al resto de las accesiones. El King grass mostró diferencia significativa en el rendimiento de MS total y en el rendimiento de tallos con relación al resto de las accesiones tanto en el año como en el periodo poco lluvioso. El OM-22 y el Morado lograron el mayor porcentaje de PB en las hojas y los tallos y alcanzaron rendimientos de 0,95 y 0,91 t de PB/ha/año, respectivamente. Para hacer un análisis integral de los resultados se realizó un análisis factorial a través de componentes principales empleando el método Varimax; para ello se analizaron las accesiones que tenían un comportamiento similar a partir de los índices de impacto y se tuvo en cuenta el historial de conglomeración y el grado de asociación entre los elementos comparados. Desde el punto de vista productivo las mejores accesiones fueron OM-22 y Morado, que presentaron una mayor proporción de hojas con relación al rendimiento total de MS y se destacaron por su contenido de PB y presentar una digestibilidad aceptable. El comportamiento en rendimiento y calidad de las accesiones contribuyó a demostrar las potencialidades productivas de los *Pennisetum* en los suelos de la localidad.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	6
I.1 Generalidades .....	6
I.2 Características de los suelos cubanos .....	7
I.3 Características del clima de Cuba .....	8
I.4 Introducción y evaluación de la especie <i>Pennisetum purpureum</i> en el continente americano y en Cuba .....	11
I.5 Características generales de la especie <i>Pennisetum purpureum</i> .....	12
I.6 Taxonomía y sistemática de la especie <i>Pennisetum purpureum</i> .....	14
I.7 Características específicas de las variedades en estudio .....	16
I.7.1 King grass .....	16
I.7.2 CUBA OM-22 .....	17
I.7.3 Cuba CT-169 .....	19
I.7.4 Taiwán morado .....	21
I.7.5 Cuba CT-115 .....	22
I.8 Rendimiento de la especie <i>Pennisetum purpureum</i> .....	24
I.9 Factores que afectan el comportamiento productivo de los pastos y forrajes .....	27
I.9.1. Edad de rebrote y época del año .....	28
I.9.2 Fertilización .....	31
I.9.3 Riego .....	33
Capítulo II. MATERIALES Y METODOS .....	34
II.1 Ubicación y descripción del experimento .....	34
II.2 Diseño y procedimiento experimental .....	35
Análisis matemático .....	35
II.4 Características agroclimáticas .....	36
Capítulo III. RESULTADOS y DISCUSIÓN .....	38
CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES .....	49
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	50

## ABREVIATURAS UTILIZADAS

Abreviatura	Significado
°C	Grados Celsius
c mol/kg	Centimol por kilogramos
EEPF IH	Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”
FAD	Fibra ácida detergente
FND	Fibra neutra detergente
kg	Kilogramo
ICA	Instituto de ciencia Animal
IIPF	Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes
c	Ceniza
l	Litro
m	Metro
KCal	Kilocaloría
MINAGRIC	Ministerio de la Agricultura
mm	Milímetro
MS	Materia seca
PPLL	Periodo poco lluvioso
PLL	Periodo lluvioso
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
t/ha	Tonelada por hectárea
ACC	Academia de Ciencias de Cuba
M <sup>3</sup> /HA	Metros cúbicos por hectárea
CP-1	Componente principal Nro.1
CP-2	Componente principal Nro. 2
ImpCP-1	Impacto componente principal -1
ImpCP-2	Impacto componente principal -2
K-G	King grass
CT-115	Cultivar de tejido-115
CT-169	Cultivar de tejido-169
OM-22	Omar Martínez-22
CV	Cultivar
t	Tonelada
t/ha/año	Tonelada por hectárea por año
PC	Proteína cruda
FC	Fibra Cruda
kg/ha	Kilogramo por hectárea
mj/KgMS	Megajoule por kilogramos de materia seca
kgN/HA	Kilogramos de nitrógeno por hectárea
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Lux	Intensidad natural de luz

## **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), en el 2008, en todo el planeta la cantidad de cereal destinado a la producción de biocombustibles fue el 13% de la cantidad destinado para alimentar a los animales; si la mayoría del mundo cambiara su dieta basada en carne habría suficiente tierra para producir comida para todas las personas del planeta, debiendo ser la prioridad indiscutible. En América Central las cosechas de primera necesidad han sido reemplazadas por la cría de ganado vacuno, la cual ocupa dos tercios de la tierra arable (Laurie, 2010).

El cambio climático, los inestables precios del petróleo y de los alimentos en los mercados internacionales, la toma de conciencia sobre la necesidad de sustituir alimentos importados, así como las recientes decisiones del gobierno de cultivar todas las tierras improductivas abren un amplio espectro de posibilidades para adaptar tecnologías alternativas que mejoren el uso de los pastos y el autoabastecimiento alimentario para reducir las importaciones de granos.

Los pastos contribuyen a la subsistencia de más de 800 millones de personas y al menos 200 millones de ellas viven en áreas marginales, particularmente en regiones áridas y semiáridas (White, Murray y Rohweder, 2000); se estima que la proporción de la tierra cubierta de pastos varía entre 20 y 40%, y en dependencia de la definición de superficie total o tierra arable, las áreas dedicadas a pasturas cultivables cubren más del doble del área cultivable del mundo (Reynolds et al., 2005).

En el trópico estacional se manifiestan épocas de sequía de 4 a 7 meses de duración; en estas condiciones se desarrolla el 60% de los bovinos de América Latina. En el periodo seco, el rendimiento de los pastos tropicales disminuye drásticamente; por esta razón, en los animales ocurren pérdidas de peso, muertes y apreciable disminución de la continuidad del proceso productivo. La alimentación animal requiere de atención especial durante esta etapa y existen diferentes formas de enfrentar el periodo poco lluvioso, desde el empleo de ensilaje hasta el forraje verde. Es conocido que bajo nuestras condiciones climáticas ocurre un gran déficit de alimentos en el periodo seco o poco lluvioso entre noviembre y mayo (Funes, 1977). Por tal motivo, el manejo de los pastizales y su utilización para lograr una máxima producción de leche o carne, es el reflejo de la producción del sistema suelo-planta-animal (García, 1996); por ello sembrar pastos y forrajes o conservar alimento para la época poco

lluviosa es una necesidad permanente en la ganadería, ya que constituye el recurso principal para la alimentación de los rumiantes. Por diferentes razones productivas y sin restar importancia a las bondades del pastoreo directo, se ha ido incrementando en Cuba la necesidad de alimentar a los animales en condiciones de estabulación.

Uno de los problemas actuales más importantes para el desarrollo de la Revolución Cubana es la producción de alimentos incluyendo la ganadería. En los últimos 10 años han ocurrido cambios importantes en el uso de la tierra debido a acciones y leyes que favorecen la utilización de éstas para la producción animal. La reconversión de la industria azucarera aumentó el área dedicada a la ganadería y la ley 269 que aporta tierras en usufructo para la actividad agrícola y la ganadería por ser las principales medidas tomadas, ayudan a reconstruir o crear una base alimentaria eficiente para la alimentación animal.

Cuba después del triunfo de la revolución, en 1959, emprendió el desarrollo de la ganadería, con la implantación de sistemas de alimentación y manejo basados en la utilización de los pastos, como la principal fuente de alimento para el ganado vacuno y los concentrados como suplemento; sustentada en sólidos principios científico-técnicos, la introducción de especies de pastos y forrajes (naturales o artificiales), debe garantizar una elevada producción con calidad, adaptabilidad, económicamente viable y resistente a las más variadas condiciones ambientales.

Sembrar pastos y forrajes y conservar alimento para la época de seca es una necesidad, garantizar heno y biomasa para los terneros es una obligación de los ganaderos, ya que constituyen el reemplazo del rebaño adulto de carne y leche; teniendo en cuenta que los pastos son el recurso principal para la alimentación de los rumiantes es necesario no sembrar por sembrar sino sembrar nuevas especies que cubran los requerimientos o necesidades alimentarias del ganado y poder contar en el análisis de la ración, con un balance forrajero adecuado, no solo para el periodo de escasez de alimento, sino para todo el año, especialmente en empresas lecheras, donde las necesidades del ganado son superiores a la que los pastos les pueden garantizar.

El género botánico *Pennisetum* se encuentra muy extendido por toda la zona tropical y es utilizado como base forrajera en la alimentación de vacas, ovejas y cabras. Este pasto, al pertenecer a la familia de las gramíneas, tiene delimitado su valor nutritivo por su contenido de proteína y energía. Las variedades de *Pennisetum*, convierten el 23% de la radiación solar

que reciben, algo más que una caña energética y que el resto de las gramíneas y su ciclo de crecimiento acumula biomasa hasta los 6 meses de edad (Milera, 2008); se ha comprobado que una ha de CT-115 es capaz de almacenar entre 12 y 25 t de materia seca desde el periodo lluvioso para el periodo seco con 90 a 120 días de descanso; en las otras dos rotaciones de la seca, los rendimientos varían entre 4 y 8 t de materia seca en dependencia de las precipitaciones, la categoría productiva del suelo y el tiempo de establecido el pasto; la fertilización química y orgánica pueden modificar este comportamiento y renovar el vigor de los campos (Martínez *et al.*, 2010).

Estudios realizados en Cuba con otros clones han demostrado que las variedades mejoradas de *P. purpureum*, pueden tener mayor producción y digestibilidad de sus componentes (hoja, tallo, planta completa); estas variedades tienen menor contenido de lignina y paredes celulares. La evaluación de nuevas variedades y su comportamiento específico bajo las condiciones climáticas y productivas de un territorio o una empresa será siempre de utilidad para establecer una adecuada estructura de pastos, forrajes de corte u otros alimentos. Los investigadores y productores agropecuarios del siglo XXI tienen ante sí el gran reto de trabajar en la obtención y adopción de tecnologías integrales de producción de leche y carne basadas en la utilización eficiente de los pastos y forrajes con favorable impacto productivo, económico, social y ambiental, que garantice la supervivencia actual y futura de la vida en el planeta.

Desde 1981 el ICA comenzó a liberar variedades obtenidas por cultivo de tejidos o por cruzamiento como es el caso de las variedades Cuba CT-115, Cuba CT -169 y el híbrido OM-22 (Martínez *et al.*, 2010); en el registro de variedades comerciales de Cuba del Ministerio de la Agricultura, en el año 2009, solo se contaba con 6 variedades liberadas comercialmente. No obstante, se tramitó la liberación de CT-169 y OM-22. Sería de mucha utilidad conocer el comportamiento de las variedades de hierba elefante de más reciente liberación bajo las condiciones climáticas del este occidental donde están enclavadas empresas ganaderas importantes para los Ministerios del Interior y de la Agricultura.

## Problema

La alimentación del ganado, por la insuficiente producción de pastos y forrajes es el principal problema de la ganadería cubana, ocasionando elevada mortalidad y pérdidas en la producción de leche y carne.

Ante el problema expuesto se propuso la siguiente hipótesis.

### Hipótesis

Conocido el comportamiento de las cinco accesiones de *Pennisetum purpureum* Schum. será posible mejorar la estructura varietal y la producción de forraje en empresas con características edafoclimáticas semejantes a la del presente estudio.

### Objetivo general

- Evaluar el comportamiento productivo y algunas características morfológicas y bromatológicas de cinco accesiones de *Pennisetum purpureum* Schum.

### Objetivos específicos

- Conocer por año y época, las características morfológicas y bromatológicas, así como el rendimiento de cinco accesiones de *Pennisetum purpureum*.
- Determinar la mejor accesión en la zona objeto de estudio.

La Novedad Científica de esta tesis es:

Por primera vez se caracterizaron cinco accesiones de *Pennisetum purpureum* en la provincia de Matanzas.

## Capítulo I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### I.1 Generalidades

Los pastos y los forrajes ocupan un lugar cimero a nivel mundial, como base de la alimentación del ganado y constituyen el cultivo más extendido en la agricultura cubana debido al elevado número de especies que pueden ser utilizadas, por la posibilidad de cultivarlos todo el año y de utilizarlos como alimentos fibrosos, además de no competir con el alimento para el ser humano (Funes y Paretas, 1986; Crespo, 2006). Contrario a otros cultivos que se explotan en condiciones homogéneas y con prácticas fitotécnicas muy similares, estas plantas, por su condición de cultivos permanentes, tienen que enfrentarse a una infinita diversidad de condiciones que le imponen el medio, la economía y el hombre (Paretas, 1990), las cuales determinan una alta variabilidad en su comportamiento individual. Según Anon (citado por Padilla y Ayala, 2005), la hierba elefante (*P. purpureum*) constituye la especie que más se planta en Cuba en los últimos años, para cubrir el desbalance de alimentos que se produce en el período seco en las empresas ganaderas.

La productividad de los sistemas basados en los pastos, su alta diversidad y adaptación a diferentes condiciones, son entre otras las ventajas del trópico, por disponer de luminosidad, temperatura y humedad adecuada para el desarrollo de las especies vegetales.

Cuba, después del triunfo de la Revolución en 1959, emprendió el desarrollo de la ganadería, con la implantación de sistemas de alimentación y manejo basados en la utilización de los pastos y otros insumos estables como los fertilizantes y el riego y suplementos basados en concentrados. Para ello importó animales de la raza Holstein del Canadá, capaces de producir altos volúmenes de leche, los cuales se cruzaron con las razas autóctonas existentes en el país, produciéndose mejoras genéticas y creando nuevas razas, capaces de adaptarse mejor a las condiciones del trópico y mantener niveles aceptables de producción. La raza Siboney, por ejemplo, está mucho mejor adaptada y es capaz de alcanzar una producción de leche entre 2 323 y 2 800 kg, en 244 días de lactancia (Ribas *et al.*, 1999).

La ganadería cubana, sustenta la alimentación de los bovinos en la utilización de los pastos y los forrajes pero no escapa a la necesidad de encontrar sistemas que sean eficientes aún en condiciones de bajos insumos (Funes, 2002).

## I.2 Características de los suelos cubanos

Cuba es la mayor de las islas del Caribe, con un área total de 110 860 km. El país está dominado por extensas planicies, que ocupan alrededor del 80% de su superficie, y tres sistemas montañosos principales y bien definidos: uno en el occidente; otro al centro y otro al oriente (Funes-Monzote, 2009).

Está ubicada dentro del gran cinturón de las Antillas Mayores, caracterizada como una estructura geológica compleja, por la superposición de secuencias rocosas formadas en diferentes ambientes geodinámicos. Se encuentra constituida casi completamente por rocas carbonatadas, donde predomina la topografía cálcica y presenta gran variabilidad morfológica. El relieve de la Isla está condicionado por su posición en la zona de interacción de las placas de América del Norte y del Caribe, por su ubicación en el borde septentrional de la zona de los bosques tropicales periódicamente húmedos y por la influencia de las oscilaciones paleo climáticas del cuaternario. En el territorio nacional prevalecen las llanuras, que ocupan el 75%, seguido por las alturas bajas y montañas y el 4% del territorio está cubierto por humedales (CITMA, 2003). Esta misma fuente plantea, que los factores limitantes de los suelos cubanos son: el escaso contenido de materia orgánica, la baja fertilidad, la erosión y el pobre drenaje.

Las áreas dedicadas a los pastos en nuestro país, se distribuyen en una amplia gama de suelos que van desde los fértiles hasta los medianamente fértiles y con variable topografía, textura, drenaje y profundidad (ACC, 1973). Éstos en gran medida, están fuertemente lixiviados. Desde el punto de vista físico es importante considerar que el drenaje interno y superficial de los suelos dedicados a los pastos no siempre es bueno, especialmente, hacia la parte sur y las áreas costeras de la Isla.

En la figura I.1 se muestran las categorías Agroproductivas de los suelos cubanos y su porcentaje, según lo informado por el MINAGRI (Anón, 2005).

Los suelos cubanos son heterogéneos, la fertilidad del área cultivable total, de acuerdo con los nutrientes disponibles, se clasifica como: 15% alta, 24% media, 45% baja y 14% pobre (CITMA, 1998).

La ganadería cubana, se desarrolla en suelos esquilados por los cultivos que antecedieron a los pastos y por el bajo retorno de los nutrientes mediante la excreta de los animales o por

la vía de la fertilización. La pérdida de pastos de buena calidad y de los insumos necesarios para mejorarlos (fertilizantes y riego) también ha afectado la producción ganadera del país; por ello se necesitan pastos que respondan de forma favorable a las condiciones de los suelos, con el empleo de pocos insumos, lo cual constituye una meta de los ganaderos e investigadores del país.

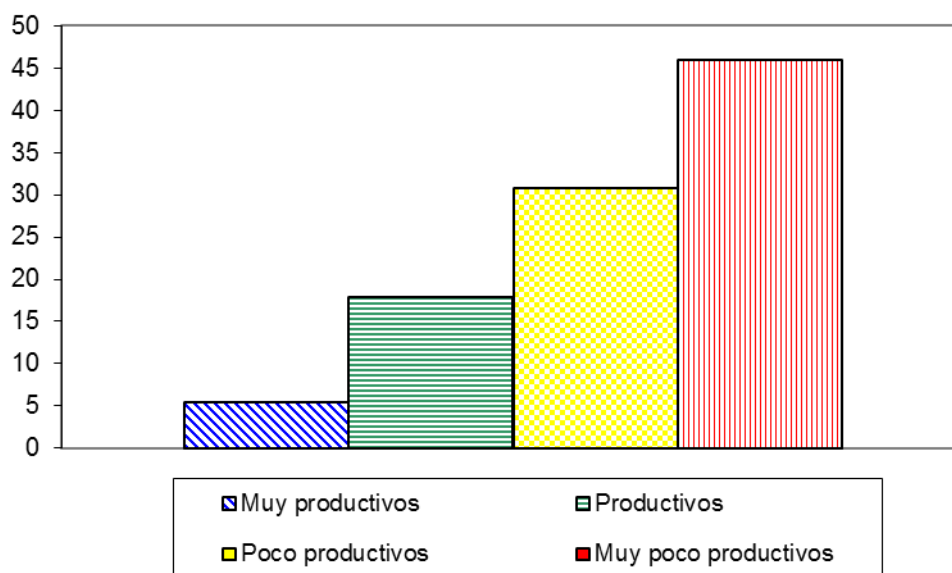


Figura I.1. Categorías agroproductivas de los suelos cubanos.

La fertilidad y la capacidad agroproductiva de los suelos se hace corresponder con sus categorías Agroproductivas. Para las condiciones climáticas del país el rendimiento de biomasa se encuentra entre los rangos de 11-25 t de MS/ha/año en los suelos con clasificación I y II, mientras que es menor de 10 t de MS/ha/año en los suelos del resto de las categorías (Crespo, Herrera y Martínez, 2003).

En estudios realizados por varios autores en distintas zonas del país, se pudo comprobar que el género *Pennisetum* necesita para desarrollarse bien, un suelo profundo, de buen drenaje superficial e interno y que no tenga limitaciones nutricionales.

### I.3 Características del clima de Cuba

El clima, es el conjunto de las condiciones meteorológicas que suelen darse en una región, más o menos extensa del globo terráqueo y es el resultado de la combinación de varias propiedades físicas de la atmósfera (temperatura, humedad, vientos, radiaciones, estado

eléctrico), que suelen concurrir en la misma y perduran durante un período de tiempo a pesar de las modificaciones frecuentes provocadas por fenómenos atmosféricos transitorios (Herrera y Ramos, 2005)

Según la FAO (citado por Funes-Monzote, 2009), el clima de Cuba es tropical de sabana. Excepto en algunas áreas específicas, toda la isla tiene la influencia del Océano Atlántico y recibe los efectos destructivos de las tormentas tropicales y de los huracanes, así como severas sequías que afectan directamente la actividad agrícola y la infraestructura en general.

Es conocido que en las áreas tropicales de América Latina, se desarrolla el 60% de los bovinos de la región, en unos 1 500 millones de ha, y en el trópico las lluvias se concentran en períodos de 5 a 8 meses del año, por lo que se manifiestan épocas poco lluviosas de 4 a 7 meses de duración de forma ininterrumpida, que constituyen etapas de penuria para la ganadería. En estos periodos pocos lluviosos, el rendimiento de los pastos tropicales disminuye drásticamente; en Cuba durante este periodo, el pasto solo produce el 30% del rendimiento anual (Funes, 1977), aunque también depende de la especie y región donde se produce (Senra, 2000). La producción de alimentos para el período poco lluvioso, encarece los sistemas productivos y es la causa fundamental de los bajos niveles de producción de leche en Cuba, por lo que las empresas son poco competitivas y productivas.

El archipiélago cubano con un promedio anual de precipitaciones de 1 300 mm tiene una época poco lluviosa y una lluviosa bien definida; el período correspondiente a noviembre-abril se caracteriza por bajas temperaturas, días de corta duración e intensidad lumínica y bajas precipitaciones; las variaciones del tiempo y el clima se hacen más notables, con cambios bruscos en el tiempo diario, vinculados al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extra tropicales. Mayo-octubre, se distinguen por altas temperaturas, días largos con alta intensidad lumínica y elevadas precipitaciones y por el contrario, se presentan pocas variaciones en el tiempo, con la influencia más o menos marcada del Anticiclón Norte. Los cambios más importantes se relacionan con la presencia de disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales) (Instituto de Meteorología, 2005).

El elemento que más varía del clima, es la lluvia con un acumulado anual histórico de 1 375 mm (CITMA, 2003). El origen de las lluvias desde mayo hasta agosto se debe,

fundamentalmente a la actividad convectiva de la atmósfera, mientras que en septiembre y octubre se relaciona más con la actividad ciclónica. La distribución es irregular y el 80% ocurre en el periodo lluvioso (mayo-octubre) y el 20% restante en el período poco lluvioso (noviembre-abril).

Las precipitaciones en la estación poco lluviosa, se originan generalmente por la entrada de masas de aire frío que se desplazan desde el norte. Las zonas de mayor precipitación son las regiones montañosas de la sierra de los Órganos, situada en la región más occidental del país. La evaporación promedio anual oscila entre 1 600 y 1 800 mm con valores más elevados en el Valle del Cauto y el sureste de las provincias orientales. En las zonas montañosas del oriente y centro del país los valores de evaporación están por debajo de la media nacional, en el orden de 1 200-1 400 .mm anuales (ACC, 1970).

La intensidad de la radiación solar presenta medias diarias de 366 Kcal/cm<sup>2</sup>/día para los meses de invierno y 477 Kcal./cm<sup>2</sup>/día en los meses de verano. El régimen de radiación solar en Cuba es máximo durante los últimos dos meses del período poco lluvioso (marzo-abril) y los primeros del lluvioso, disminuye a causa de la alta nubosidad durante el resto de este último período y alcanza el mínimo en los meses de diciembre y enero.

En el periodo poco lluvioso las temperaturas suelen estar por debajo de la temperatura óptima de crecimiento de los pastos tropicales. Por otra parte, la radiación solar y la duración del día, también menores en este periodo, complementan las principales causas de la baja producción de pastos en esta época del año. La radiación solar influye de forma directa en el crecimiento de los pastos. En la planta ocurre un proceso de oxidación reducción denominado fotosíntesis, que no es más que la producción de un glúcido sencillo (sustancia orgánica) a partir del dióxido de carbono (sustancia inorgánica) y el agua (como dador de electrones) a través de la energía lumínica que queda almacenada en las moléculas sintetizadas en forma de energía química. Esta sustancia producida por la propia planta es la energía que necesita para desarrollar todos los procesos llevados a cabo en su período vegetativo (Vásquez y Torres, 1990).

Aún con riego, los meses de enero y febrero presentan las condiciones menos favorables para el crecimiento de los pastos en Cuba. Sin embargo, Martínez *et al.* (1990) demostraron la posibilidad del almacenamiento sobre el terreno de parte de la biomasa producida en el periodo lluvioso para ser utilizada en el periodo poco lluvioso, dada la baja respuesta al riego

y la fertilización del pasto en este período. Según Valdés *et al.* (1996) el clima, la producción y la calidad de los pastos, la alimentación y el comportamiento del ganado, son elementos de un sistema que están íntimamente integrados y determinan, en alto grado, el nivel de producción animal deseado.

Por lo que se puede resumir que los elementos climáticos: temperatura, radiación solar y precipitaciones, limitan de forma directa e indirecta la producción de leche en el trópico. La vaca lechera, por su parte, es un mamífero poco eficiente para regular su temperatura corporal y realizar ajustes homeostáticos cuando existen variaciones climáticas extremas, (Armstrong, 1993). Esto se debe a que la disipación de calor depende casi exclusivamente de la evaporación por vía respiratoria y en menor magnitud de la sudoración.

#### I.4 Introducción y evaluación de la especie *Pennisetum purpureum* en el continente americano y en Cuba

Según Pereira (1994), la hierba elefante o napier, fue introducida de África a los Estados Unidos de Norteamérica en 1913 (probablemente del actual Zimbawe) por el coronel Napier. Actualmente, el género *Pennisetum* se encuentra distribuido en todo el mundo tropical y subtropical, representado por un número elevado de especies y variedades que han sido colectadas en varias zonas de Brasil, África y Asia.

La introducción, evaluación y selección de nuevos pastos adaptados a las condiciones climáticas del país es una práctica tradicionalmente utilizada en Cuba y otros países y ofrece la ventaja de evaluar germoplasma ya probado en condiciones similares, lo cual permite incorporar rápidamente especies promisorias a la producción ganadera. Para evaluar la adaptación de una planta a las condiciones productivas de una zona climática es necesario conocer sus principales características (Bogdan, 1966); para el trópico es importante conocer la palatabilidad, la resistencia a enfermedades y la sequía, el establecimiento, la calidad, la floración, su habilidad para recuperarse después del pastoreo, la estacionalidad y la producción de biomasa.

El género *Pennisetum*, conjuntamente con la caña de azúcar, ha sido la gramínea tropical más estudiada y con las mejores definiciones en las relaciones hormonales y otros indicadores necesarios para el cultivo y la diferenciación de tejidos y células. Esto no es un

hecho casual y ha estado determinado por las posibilidades de producción de biomasa de estas plantas (Herrera y Martínez, 2005).

Según Funes, Yepes y Hernández (1971) la introducción de variedades superiores de otras regiones cumple los mismos propósitos que la obtención de variedades mediante los programas de mejora genética, determinada por el exhaustivo análisis de las condiciones ecológicas y socioeconómicas del país o región. Para Cuba, los factores a tener en cuenta en la introducción de plantas son los siguientes:

- Suministro de especies de pastos para los ambientes diversos de la geografía cubana,
- Búsqueda de nuevas especies, variedades y ecotipos,
- Ampliación de la variabilidad genética como base del mejoramiento,
- Obtención de especies y variedades que permitan un incremento notable en la producción animal, en función del valor biológico de la dieta, con relación a los pastos naturales o naturalizados.
- Conservación del germoplasma forrajero con el fin de contrarrestar la erosión genética,
- Selección de especies con posibilidades de producir y persistir en sistemas con riego y fertilización o sin éstos,
- Obtención de fuentes adecuadas para la puesta en marcha de los sistemas que contemplen la biodiversidad y los sistemas sostenibles de producción.

### I.5 Características generales de la especie *Pennisetum purpureum*

Actualmente, el género *Pennisetum* se encuentra en todo el mundo tropical y subtropical, representado por un número elevado de especies y variedades que han sido colectadas en varias zonas de Brasil, África y Asia. Este género y específicamente, la especie *Pennisetum purpureum* se introdujo en Cuba de los Estados Unidos a través de la Estación Experimental de Santiago de las Vegas durante la primera mitad del siglo pasado y se distribuyó primeramente por todo el país como un forraje de corte para la alimentación bovina (Pereira, 1994).

La especie *Pennisetum purpureum* es una gramínea perenne que forma macollas hasta siete metros de alto, formadas por numerosos tallos robustos de uno a 2,5 m de alto y puede alcanzar hasta 8 m de altura y 2,5 cm de diámetro en la base, ramificados en la parte superior. Las hojas pueden alcanzar de 30 a 120 cm de largo y de 1-3 cm de ancho,

pubescentes, con vellosidades cortas y márgenes duros y aserradas. Estas son vigorosas, generalmente verdes con diferentes intensidades hacia el amarillo, en algunas variedades y especialmente en los híbridos se aprecian tonalidades púrpuras o púrpura predominante en las hojas. Los tallos son gruesos de 3 cm de diámetro en su base, veteados de negro. La inflorescencia es una panícula compacta, erecta de 8 a 30 cm de largo, densamente cubierta de espiguillas. En la base de éstas, hay una corona de pelos o cerdas, una más larga. En la espiguilla hay una a cinco y, por lo general, dos flores; la inferior estéril, la superior bisexual y fértil, de color amarillo o púrpura con más de tres millones de semilla por kg casi siempre fértiles en la especie, no así en los híbridos. Los fascículos de espiguillas son sentados, las cerdas escasamente plumosas excediendo las espiguillas. El número de cromosomas es  $2n=27, 28$  y  $56$ ; diversos autores la describen como una planta erecta de hasta 4 m de altura. Las raíces son profusas y alcanzan 4,5 metros de profundidad. Son plantas de días cortos para florecer, en Cuba lo hacen de noviembre-mayo, hay días o meses en la variación del inicio y fin, entre las variedades. En la mayoría de las variedades, la producción de semilla es pobre por una baja viabilidad del polen, aunque hay variedades que relativamente son de alta fertilidad (Long y Lakela ,1971; Holm *et al.*, 1977; Skerman y Riveros, 1990; Lauzan *et al.*, 1990; Burkill ,1994).

Según Duthil (1967), los *Pennisetum* poseen hojas con una longitud de 60 a 100 cm y un ancho de 2 a 4 cm, según la variedad y la fase de desarrollo vegetativo en que se encuentre el cultivo.

Los pennisetum están entre las plantas forrajeras más usadas en las regiones tropicales y subtropicales y alcanzan altos rendimientos de forraje verde (186,1 t/ha/año) (Martínez, 2002) Sin embargo, a pesar de su alto rendimiento alrededor del 70 al 80% de ese volumen se obtiene en el período lluvioso y 60 t/ha cada 60 días (Navas, 2003). Esto hace que para cubrir el déficit de alimentos en el período poco lluvioso, esta planta sea una de las más cultivadas para la fabricación de ensilajes.

Algunas investigaciones realizadas con genotipos de *Pennisetum* sp. demostraron que este pasto es una alternativa forrajera para aumentar la producción animal, debido a su productividad de materia seca y valor nutritivo (Márquez *et al.*, 2007); se utiliza en las mayores unidades de producción láctea por presentar un elevado potencial productivo,

facilidad de implantación y aceptable valor nutritivo, a partir de buenas prácticas de manejo (Silva, Rodríguez y Campos, 1999)

La hierba elefante, en especial la variedad King grass, fue la forrajera más sembrada y extendida en Cuba en la década del 80. En la actualidad sigue priorizada su plantación y junto con la caña de azúcar, son las gramíneas forrajeras más utilizadas en la ganadería cubana, como una vía para cubrir el déficit de alimentos en el período seco, dentro del programa para lograr la autosuficiencia alimentaria a nivel de la unidad (Anon, 2005).

En estudios realizados con el pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott), Clavero y Urdaneta (1997), concluyeron que el desarrollo del sistema radical fue bueno, con un 75% de las raíces en los primeros 30 cm de profundidad y con raíces absorbentes a profundidades superiores a los 60 cm. El crecimiento lateral tiene lugar principalmente en los 25 cm próximos al centro de la macolla. El sistema radical es muy profundo, llega a alcanzar 450 cm de profundidad y nunca menos de 400 cm; no obstante, cuando esta hierba es sometida a corte, muchas de las raíces ocupan los primeros 10 cm de la capa superior de suelo y su extensión en esta profundidad depende del espaciamiento entre surcos y la profundidad de siembra.

Espinosa *et al.* (2001) plantearon que los *pennisetum* deben sembrarse en surcos de 20 cm de profundidad aproximadamente, y los tallos deben ser cubiertos con 10 cm de suelo, para garantizar una germinación más vigorosa de sus yemas y un mejor enraizamiento, lo que propicia mayor persistencia de la planta y, por ende, mayor vida útil del pastizal.

## I.6 Taxonomía y sistemática de la especie *Pennisetum purpureum*

El ordenamiento y la clasificación de las especies, tanto vegetal como animal ha sufrido un largo proceso evolutivo e integracionista, desde las publicaciones de Linneaus en su material *Species Plantarum*. Aquí se definió lo que se conoce actualmente como nomenclatura Linneana o Binaria y que es la base esencial de la clasificación basada, fundamentalmente, en la estructura floral.

La década de 1950-1960 fue una de las de mayor actividad en el campo de la Sistemática de las gramíneas, fundamentalmente porque brindó evidencias acerca de la filogenia de este grupo de plantas, así como de aspectos de anatomía, entomología, citología, histología, bioquímica y fisiología. De esta forma se ha ido avanzando en el estudio de los cromosomas y su correlación con datos provenientes de la anatomía vegetal, relacionados con la

epidermis foliar, la hoja emergente, la organización de los núcleos en reposo, la naturaleza de los granos de almidón en los frutos y la distribución geográfica. Similares estudios se realizaron en Cuba en la década del 90, mediante técnicas embriogénicas y mutagénicas (Cruz *et al.*, 1993; Herrera, Cruz y Martínez, 1993 y Martínez *et al.*, 1996).

En estudios realizados en Brasil en *Pennisetum purpureum* Pereira (1994) planteó que para la caracterización y la evaluación del germoplasma deben existir descriptores morfológicos, reproductivos, agronómicos y biofísicos. De manera similar se había manifestado anteriormente, Gulich, Hershey y Alcázar (1983) al indicar la necesidad de integrar los sistemas de clasificación del germoplasma.

Si se toman en cuenta criterios dados por Catasús (1997) la taxonomía de la especie *Pennisetum purpureum* es como sigue:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Liliopsida*
- Orden: *Poales*
- Familia: *Poaceae*
- Subfamilia: *Panicoideae*
- Tribu: *Paniceae*
- Género: *Pennisetum*
- Especie: *Pennisetum purpureum*

De acuerdo con lo reportado por Mejías (1984) posee los siguientes nombres comunes: Caña de azúcar forrajera, caña de uva, caña japonesa, pasto panamá y *Pennisetum* híbrido. Además, Febles y Herrera (2005) para poder informar lo mejor posible, acerca de los elementos necesarios para llegar a la especie consultaron un conjunto de información procedente de especialistas de reconocido prestigio de diferentes áreas geográficas como América, África y Australia.

Estos mismos autores plantean que la clave dicotómica para la identificación de esta especie es la siguiente:

- Cerdas alrededor de 4 cm de longitud, panículas ovales, plumosas; espícula de 10-12 mm de largo

- Cerdas raramente mayores de 2 cm de longitud, la mayor parte de ellas cortas; panícula cilíndrica o casi; espículas no mayores de 7 mm de longitud
- Cariósipide subglobosa en la madurez, saliendo a través de la lemna y la pálea; panícula sólidamente tensa, 2 cm o más de grueso; plantas anuales: *P. glaucum*.
- Carioside encerrada permanentemente entre la lemna y la palea; panículas de 2 cm de grueso, no sólida, plantas perennes.
- Tallos de 2-4 m de alto, robustos; panículas mayormente de más de 15 cm de longitud, muy densa, hojas planas: *P. purpureum*.
- Tallos mayormente menores de 2 m de altura o menos, suaves y ramificados.
- Cerdas desnudas. Espiga no mayor de 5 cm, expandida a suelta; espículas de alrededor de 4 mm de longitud: *P. dominguense*.
- Cerdas o algunas de ellas plumosas.
- Tallos bajos y expandidos; involucre con una base desnuda turbinada: *P. ciliare*.
- Tallos erectos, altos y más bien fuertes; involucre con base no desnuda.
- Espículas alrededor de 3 mm de longitud solitarias en el pedúnculo sésil: *P. setosum*.
- Espículas alrededor de 5 mm de longitud, 2 o más en el involucre pedunculado: *P. orientale* var *triflorum*.

## I.7 Características específicas de las variedades en estudio

### I.7.1 King grass

Es obtenido a partir de un cruzamiento (*Pennisetum typhoides* x *Pennisetum purpureum*); es del tipo alto, perenne, con buenos rendimientos en materia seca, así como posee altos contenidos de fibra bruta y carbohidratos solubles en alcohol. Una de las variedades más utilizadas es *Pennisetum purpureum* cv. King grass, que se caracteriza por tener una buena producción de biomasa y de calidad nutricional aceptable (Araya y Boschini, 2005).

El king grass se introdujo en Cuba procedente de Panamá en 1974. En la década de los años ochenta, se utilizó como planta donante en el Programa de Mejoramiento Genético a través de la inducción de mutaciones y el cultivo *in vitro* en el ICA; además se desarrollaron diversos programas de investigaciones en muchos centros, tales como la EEPF “Indio Hatuey”, y el IIPF, adscrito al MINAG, con su red de Estaciones Experimentales a todo lo largo y ancho del país. También se introdujo en muchas empresas de explotación ganadera

(Febles y Herrera, 2005). De este programa surgieron nuevos clones de los cuales se seleccionaron el clon Cuba CT-115 para pastoreo por su porte bajo y el Cuba CT-169 para corte por su alta talla y rápido crecimiento (Martínez *et al.*, 1996).

Martínez *et al.* (2010) plantearon que cuando a esta variedad se le dan 5 cortes por año, se puede lograr un 20,3% de MS, aporta entre 51 a 59% de hojas en la MS, y un 6,3% de PB. En un trabajo realizado en las áreas del ICA, este cultivar logro resultados similares al Morado y el CT-169 en el % de MS de las plantas (16,7) y tallos (14,7); luego además, al 22,2% de MS de sus hojas y un 61,5% de tallos, fue el peor en hojas con solamente el 34,8% y poco favorable en los rendimientos de hojas con 4,9 t/ha y puede ser utilizada para la producción de ensilaje y forraje fresco.

Según Martínez (2012) cuando el king grass fue irrigado y fertilizado durante el periodo poco lluvioso, alcanzó 142 cm de altura, sus hojas 81,72 cm de largo, 2,42 cm de ancho y 13,88 micras de grosor; con 10,52 mm en los entrenudos y 12,8 % de MS.

Otros valores que reflejan el rendimiento del king grass reportados por Anon, S/A (2011), oscilan entre 80 y 120 t/ha/año. La calidad es baja con un contenido de proteína de 7 a 10% y una digestibilidad entre 50 y 60%.

### I.7.2 CUBA OM-22

El híbrido OM-22 se obtuvo por el cruzamiento de *P. purpureum* Cuba CT-169, obtenido en el ICA, con *P. glaucum* Tifton Late, donado a Cuba por Glen W. Burton de la Coastal Plain Experiment Station, United States Department of Agricultural-ARS, Tifton, Georgia. Tiene 21 cromosomas.  $7x = 21$ . Fue seleccionado entre más de 50 individuos F-1, por su alta proporción de hojas, más largas (1,4-1,7 cm) y más anchas (5-8 cm) en el periodo lluvioso y muy alta, especialmente en el periodo poco lluvioso al compararla con otras variedades de hierba elefante cultivadas en Cuba. Además, se distingue por la carencia de vellosidades, algo muy aceptable por los productores para el corte manual y el último tercio de la planta es menos lignificada, muy palatable por el ganado, con un alto contenido de proteínas (15 a 18%) y pueden alcanzar en el periodo poco lluvioso de 16-20 t de MS/ha/año (Martínez *et al.*, 2009). Estos mismos autores plantean que sus tallos se distinguen por tener un porte bajo en el periodo seco (85 cm a los 90 días) con 3 a 5 cm de grueso y una longitud de sus entrenudos de 12 a 14 cm.

Según Martínez *et al.* (2010), esta variedad posee otras ventajas importantes que le permite ir ocupando un lugar preponderante en la decisión del productor para establecer un cultivar por su alto rendimiento de materia seca, alta digestibilidad y valor nutritivo, más carbohidratos solubles y su tolerancia a la sequía.

Esta variedad en el periodo poco lluvioso, reportó un 14,9% de MS, un 48,6% de tallos y un 51,4% de hojas; el rendimiento fue de 11,5 y 21,3% de MS respectivamente, esto le permitió lograr los rendimientos de 7,2 t de hojas/ha y 14,2 de MS (Martínez, 2012).

Las principales desventajas del CUBA OM-22:

- Produce mucho, pero necesita la reposición de los nutrientes a través de la materia orgánica o fertilizante.
- Funciona mejor con riego en la seca (para aprovechar su potencial).
- No resiste encharcamiento.
- Hay que ser más cuidadoso en la siembra (edad, humedad, tapado) para obtener una alta germinación.

El uso de *P. purpureum* var. OM-22 se ha ido incrementando en los procesos de ensilaje en la región latinoamericana, así como también en corte y acarreo o pastoreo directo, con las especies arbóreas guash (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*), especies ampliamente adaptadas a las condiciones locales edafoclimáticas (Gómez *et al.*, 2006) y de alta calidad nutritiva (Pinto *et al.*, 2008), lo que muestra el considerable potencial que, como recurso forrajero, representa pero que se encuentra aún no explorado en la región.

El cultivar OM-22 con una edad de 42-70 días adquiere entre un 59-67% de hojas en la MS en el periodo lluvioso, acentuando la diferencia durante el periodo poco lluvioso donde este cultivar alcanza entre un 74-80% (Martínez *et al.*, 2010). Estos mismos autores plantean que en este cultivar dominan las características de la especie *purpureum*, produciéndose un forraje perenne que se reproduce por tallos con un factor de reproducción de 20 veces por unidad de área, aventajando en ancho y largo de la hoja al progenitor masculino Cuba CT-169 y al king grass, que son excelentes cultivares forrajeros de *Pennisetum purpureum*; siendo su principal ventaja productiva el alto porcentaje de hojas en la materia seca.

### I.7.3 Cuba CT-169

Fue obtenida a partir del cultivo de ápices del clon king grass, mediante técnicas de cultivo de tejidos y regeneración de plántulas *in vitro*, seleccionadas entre altas poblaciones mediante técnicas propias del campo de la fitotecnia de las mutaciones (Martínez *et al.*, 1996).

El Cuba CT-169 es de porte erecto, los tallos alcanzan una altura a los seis meses mayor de 4 m, con un grosor de 3 a 5 cm; la longitud de los entrenudos es de 13 a 15 cm y tiene 28 cromosomas ( $4x = 28$ ). Las hojas son de color verde claro, lisas, con vellosidades por ambas caras, con 120 a 150 cm de largo y de 3 a 5 cm de ancho, lo que incrementa su relación hoja-tallo, insertadas con un ángulo de 45 a 60°; la proporción de hojas en la planta íntegra varía entre 45% a los 60 días y 35% a los 180, lo que se cataloga como alto en comparación con otras variedades comerciales. En Cuba florece a partir de noviembre hasta marzo, si alcanza el tamaño y la edad requerida. La inflorescencia es una falsa espiga de color verde pálido o nevado. Es tolerante a la sequía aunque su comportamiento es mejor con riego en el periodo poco lluvioso; con riego y fertilizantes puede producir 40 t de MS/ha/año pero disminuye con la edad de la plantación, el número de cortes y cuando no se emplea la dosis adecuada de fertilización. En estas condiciones puede alcanzar hasta 20 t de MS/ha/año. Tiene menor resistencia al corte que la variedad king grass. Se recomienda para la producción de forraje y ensilaje (Martínez *et al.*, 2010).

El Cuba CT-169, es uno de los pastos que posee buenas posibilidades para ser utilizado como forraje debido a su adecuada altura, hojas anchas y largas, aceptable rendimiento, resistencia a la sequía y adecuada composición química (Ramírez, Verdecía y Leonard, 2008).

Martínez (2012), cuando hace un análisis integral del CT-169, se refiere a su alto rendimiento de MS (15,4 t/ha) y 5,9 de sus hojas, con el 16,4% de MS en sus plantas, el 14,5 en sus tallos y el 21 en sus hojas; reportando por demás el 38,5% de hojas y el 61,5 de tallos, lo que lo califica como un cultivar favorable para forraje.

En cuanto a las características morfológicas de la planta Herrera y Martínez (2005) describieron que en el clon Cuba CT-169, (como promedio de 5 cortes al año), las hojas fueron 12 cm más largas y 0,5 cm. más anchas que en el king grass. Estos resultados coinciden con los obtenidos en todo el ciclo de crecimiento al tener el CT-169 una mayor

proporción de hojas que el king grass, estos mismos autores en el año 2006 señalaron un grupo de características de este cultivar comparado con el king grass que se observa en la tabla I.1.

Según Martínez *et al.* (2009) el Cuba CT-169, por su rápido crecimiento, productividad y buen contenido proteínico es recomendado para propósitos generales de producción de forraje y ensilaje. Estos mismos autores cuando evaluaron la calidad plantean, que alcanza un 19,5% de MS, un 12% de proteína y un 42% de hojas, cortándolo entre 42 y 70 días en el periodo lluvioso y entre 60 y 90 en el periodo poco lluvioso.

Tabla I.1. Ventajas del cv. CUBA CT-169 comparado con el king grass.

Indicador	Unidades porcentuales
Mayor tenor de proteína bruta	0,9-1,0
Mayor digestibilidad	2-3
Mayor proporción de hojas	8-12
Mayor contenido de cenizas en hojas	1,0
Mayor tenor de carbohidratos solubles en agua	0,3-0,4
Menor cantidad de nitratos en tallos	0,7
Hojas más largas (cm)	8-10
Hojas más anchas (cm)	0,5-0,7
Tallos más gruesos (cm)	0,1-0,3

Fuente: Herrera y Martínez (2006)

Martínez *et al.* (1994) obtuvieron producciones de materia seca de 18,1 t/ha/año en cuatro años de trabajo con CT-169, donde aventajó en iguales condiciones al king grass en 2,3 t de MS/ha/año.

Duque (citado por Martínez y Herrera, 2005) en una revisión de la producción de la especie para regiones con 1 250 mm de precipitaciones al año, calcularon rangos de producción promedio entre 4,85 y 7,28 t de MS/ha para intervalos de rebrote entre 45 y 60 días, con lo que se acumulan rendimientos anuales entre 27,3 y 37,1 en suelos fértiles.

Según Martínez *et al.* (2009) Cuba CT-169 se distingue dentro de su especie por:

- Alto rendimiento de materia seca
- Forraje de alta calidad, con fertilizante 14 a 17% PB
- Tolerante a la sequía
- Alta proporción de hojas
- Buena germinación
- Más carbohidratos solubles
- Menor resistencia al corte

#### 1.7.4 Taiwán morado

Comúnmente se le denomina elefante morado o pasto napier, búfala, gigante, pasto Uganda. Se desarrolló en Tifton, Georgia, EE.UU; de origen africano por selección de una progenie autopolinizada del pasto Merkeron, el cual es un híbrido alto seleccionado de un cruce de pasto elefante enano x pasto elefante alto. Este cultivar es introducido en Venezuela en la década de los 80 y en la actualidad está presente en la mayoría de los países tropicales y subtropicales. Su principal característica es que posee en su componente genético un gen recesivo que le da una coloración púrpura de donde obtiene su segundo nombre en la clasificación de la respectiva especie (Ibarra y León, 2001; Rojas, Palavicini y Sánchez, 2009). Puede presentar colores que van desde un verde amarilloso, pasando por un intenso, o un verde oscuro, sólido o con vetas moradas, o predominante púrpura.

Es una planta perenne que produce pastizal abierto en forma de macollas, de tallos erectos que contienen hasta 20 internudos de hasta 3 cm de diámetro; sus hojas son lanceoladas pudiendo alcanzar de 30 a 120 cm de longitud y 1 a 5 cm de ancho, con una vena media muy pronunciada (Bogdan, 1977; Skerman y Riveros, 1990). La inflorescencia en forma de espiga con abundante grano en los ápices de los tallos es sostenida por un largo pedúnculo pubescente. Su panícula es dorada, de forma cilíndrica, compuesta de espiguillas aisladas o reunidas en grupos de 2 a 7. La altura varía, aunque durante el período de invierno fue de 1,67 m a los 60 días después del corte. En plantaciones más viejas se han encontrado alturas superiores a los 4,5 m (Rodríguez-Carrasquel *et al.*, citados por Rojas, 2009). Estos mismos autores plantean que esta planta se caracteriza por tener un crecimiento erecto desde la base, alcanzando una altura promedio de 1,8 a 2 metros en su madurez fisiológica (edad a la que se registra su mayor tasa de crecimiento), desarrollando tallos y hojas delgados, más largas las hojas que los tallos. El punto verde óptimo y su madurez de cosecha dependen de la región y época del año y oscila de 45 a 60 días y de 50 a 70 días respectivamente, después de la cosecha anterior en los dos casos. Según Ferraris (referido por Rojas, 2009), el pasto elefante crece mejor en regiones cálidas de 30-35°C. Temperaturas por debajo de 10°C detienen el desarrollo, entre 0 y 1 700 msnm (Bogdan, 1977).

Según Martínez (2012), cuando evaluó 4 variedades de *Pennisetum purpureum* en el ICA, el Morado reportó los rendimientos más bajos en t MS/h y en hojas con 10,2 y 4,2

respectivamente, sus plantas dieron el 16,7% de MS, sus tallos el 14,7 pero sus hojas solamente llegaron al 20,9%, reportando el valor más bajo entre todas; sin embargo logran el 42,7% de hojas pero el 57,3 de tallos.

Ibarra y León (2001), plantean que a los 63 días de crecimiento el pasto elefante muestra los mejores índices de producción forrajera y valor nutritivo. Si este forraje es defoliado cada 9 semanas y se corta a 22 cm de altura puede aportar un 8,6% de proteína y cubrir los requerimientos nutricionales de animales jóvenes y de alta producción. Valores de PB de un 12%, necesario para vacas lecheras de alta producción, se pueden conseguir con cortes cada 6 semanas y 34 cm de altura de corte.

#### I.7.5 Cuba CT-115

Según Martínez *et al.* (2009) esta variedad fue obtenida a partir del cultivo de ápices del clon king grass, mediante técnicas de cultivo de tejidos y regeneración de plántulas *in vitro*, seleccionadas entre altas poblaciones mediante técnicas propias del campo de la fitotecnia de las mutaciones.

La principal característica distintiva del CUBA CT-115 obtenido por cultivo de tejido está determinada por un gen para el acortamiento de los entrenudos, que se pone de manifiesto después de los 90 días de edad. Cuando los cortes se realizaron cada 180 días (2 por año), la diferencia en altura con respecto al king grass fue de 67 cm. Sin embargo, no hubo diferencia con 5 cortes al año (con edades de 60 días en el período de lluvias y 90 días en el periodo poco lluvioso). No obstante, el largo del entrenudo del CUBA CT-115, como promedio, es 5 cm menor que el del king grass. También a los 180 días el largo de las hojas y la resistencia al corte fue menor en el CUBA CT-115 (Martínez y Herrera, 2005).

Los estudios realizados durante cuatro años en el ICA, por Herrera *et al.* (1994), con esta variedad, han demostrado que el CT-115 ha mantenido una altura promedio que oscila entre 58 y 82,4 cm. Según estos autores el comportamiento de los materiales de los pennisetum, está asociado a las precipitaciones, donde las mayores diferencias se registran en la época de seca.

Estos resultados son corroborados por Martínez (2012), cuando evaluó el comportamiento del CT-115 y el king grass dándole 5 cortes/año durante un periodo de 48 meses.

Esta variedad tiene un tallo sumamente blando y prácticamente no florece, deposita niveles altos de carbohidratos solubles en sus hojas. Es ideal para almacenar forraje en pie para la

época de seca (4-6 meses); tiene buena respuesta al pastoreo por eso es usado en bancos de proteína en asociación con otras plantas forrajeras. Es de porte bajo, rendimiento alto, con tolerancia a la sequía y alta proporción de hojas. Las hojas son estrechas y velludas y al igual que el king grass tiende a enrollar la hoja en horas del medio día o por estrés hídrico, según las observaciones realizadas por Martínez *et al.*, (2009).

Uno de los elementos observados en este clon fue su elevada capacidad de rebrote lo que le permite acumular biomasa sin grandes afectaciones a su calidad (Herrera *et al.*, 2002).

La utilización en pastoreo, además de limitar las operaciones prácticas, equilibró el suministro de alimento voluminoso a las vacas lecheras en las épocas de lluvia y seca, respectivamente, con 3 pastoreos anuales y también se ha evaluado en rotación continua con buenos resultados (Carrasco *et al.*, 2000). Otros resultados expuestos por Mejías (2004), demostraron la estabilidad en la oferta (1,21 y 1,45 t de MS/rotación/ha en la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente) en pastoreo continuo que se traduce en una mejora en el plano nutricional en cantidad y calidad (23,2% MS, 7,4% proteína, 0,36% calcio y 0,17% de fósforo).

Según Martínez y Herrera (2006), el CT-115 en un sistema de pastoreo mantuvo su bajo porte a los 5 meses de edad y permitió un 66% de aprovechamiento de la biomasa a los 120 días, mientras que para el king grass a igual edad fue del 50%. Estos autores plantearon variaciones de los indicadores fenotípicos y de calidad al compararlo con el king grass cuando se segaron cada 180 días, permitieron predecir el mejor aprovechamiento del CUBA CT-115 en pastoreo, así como la posibilidad de ser utilizado para almacenar alimento entre 120 y 180 días. Tal es así, que Franco, Vargas y Silveira (2005), demostraron que la inclusión del CT-115 para el pastoreo en la época de seca y la utilización de banco de proteína incrementó la cantidad y calidad de la biomasa ofertada a las vacas lecheras, logrando indicadores productivos más favorables.

Las principales características del pasto Cuba CT-115, como su bajo porte, la alta proporción de hojas, la resistencia a la sequía, el bajo contenido de lignina, la alta palatabilidad y el mejor aprovechamiento por el animal que otros cultivares de su especie, ha permitido su utilización en pastoreo, especialmente conservándolo en pie durante 100 días del periodo lluvioso para pastar bancos de biomasa en el periodo poco lluvioso. La tecnología de bancos de biomasa para producir carne y leche con CT-115 ha demostrado ser efectiva en Cuba y

México y es altamente demandada por los productores que se encontraron en regiones con periodos de sequía de 4 a 7 meses (Martínez *et al.*, 2009).

También, otros estudios realizados por Martínez *et al.* (1988) mostraron la variabilidad intraespecífica de las diferentes variedades en cuanto al contenido de proteína cruda, no así en cuanto a la fibra cruda, según se puede apreciar en la tabla I.2.

Tabla I.2. Valor nutritivo de tres cultivares de *P. purpureum*.

Cultivares	PC (t/ha/año)	FC (t/ha/año)	Dig. (%)	PC (%)
K-G	5,0	44,4	65,8	9,82
CT-169	4,5	44,0	68,2	11,50
CT-115	5,1	44,6	65,4	11,12

Fuente: Martínez *et al.* (1988)

### I.8 Rendimiento de la especie *Pennisetum purpureum*

Esta especie, al igual que el resto de las gramíneas tropicales, presenta características relacionadas con una mayor eficiencia fotosintética, debido a que son plantas del grupo C<sub>4</sub>, por lo que poseen mayores tasas de crecimiento y niveles de producción de materia seca, cuyos valores, teóricamente pueden alcanzar entre 67 y 80 t de MS/ha/año, siempre y cuando no existan limitaciones biológicas ni ambientales. Durante los primeros años de establecida esta especie puede alcanzar de 25 a 28 t de MS/ha/año; estos valores contrastan con el rendimiento promedio (8 a 12 t de MS/ha/año) en condiciones de secano y sin fertilización, informados por Crespo (2006).

El género *Pennisetum*, se encuentra entre las plantas forrajeras más usadas en las regiones tropicales y subtropicales y logra producciones de forraje verde de 186,1 t/ha/año (Martínez, 2002) y de 60 t/ha cada 60 días (Navas, 2003). Martínez *et al.* (1994) señalaron que cuando el king grass, al igual que otros *Pennisetum*, se corta con mayor frecuencia sus rendimientos decrecen drásticamente. Así, cuando se cosechó cada 3 meses disminuyó a menos de un tercio (30 t de MS/ha) y cuando se cortó cada 6 meses, el rendimiento fue superior al de la caña de azúcar segada una vez al año. Además, se conoce que otros factores como los climáticos y de manejo influyen en la producción y calidad de los pastos.

Machado, Cáceres y Miret (1983) plantearon que el rendimiento de la hierba elefante, independientemente de la variedad y de las condiciones ambientales y de manejo, se

encuentra entre los más altos dentro de un amplio número de gramíneas que crecen en países tropicales y subtropicales. En una revisión sobre este género, Machado, Lamela y Gerardo (1979) informaron producciones de 14 a 35 t /ha/ año con una fertilización de 200 y 400 kg de N/ha/año; aunque también se informan valores superiores entre 6 y 85 t/ha/año de MS (Freitas *et al.*, 2000). Este amplio margen en los rendimientos se debe fundamentalmente a factores de manejo, fertilidad de suelo y a regímenes de precipitaciones.

El king grass puede producir hasta 26,3 t de materia seca con cortes cada 75 días sin fertilizar, y hasta 37,7 t de MS fertilizado con 200 kg/ha de nitrógeno (Pinzón y González, 1978). En Cuba se han obtenido rendimientos de 47,3 a 52,8 t MS/ha con cortes cada 60 días a una altura de 10 a 25 cm del suelo (Cordoví, Herrera y Sarroca, 1980). Si el crecimiento del pasto no es interrumpido por bajas temperaturas y si el N y el agua no son limitantes, se obtienen altas producciones si se corta el pasto a una altura de 15 cm del suelo cada 45 a 60 días (Mendoza y Stanley, 1987).

Las especies del género *Pennisetum*, en su mayoría presentan rendimientos de 40 t de MV/ha/corte y más de 120 t de MV/ha/año con porcentajes de proteína que oscilan entre 6 y 8,5%; varios autores han encontrado rendimientos de materia seca que oscilan entre 72 y 85 t MS/ha/año (Zúñiga *et al.*, Vicente-Chandler *et al.*, y Cooper, referidos por Bogdan, 1977). Sin embargo, son sensibles a la baja fertilidad de los suelos, por lo que son muy exigentes en cuanto a la fertilización, especialmente nitrógeno (Guzmán, 1983; FUSAGRI, 1986; Pizarro, 2001).

En estudios realizados por Gerardo, Rodríguez y Solano (1982) donde evaluaron el comportamiento de 13 gramíneas tropicales, durante dos años en condiciones de secano, en un suelo Cuarcítico de la provincia de Pinar del Río, fertilizado con una dosis de 240 kg de N/ha/año, solamente en la época de lluvia y con una frecuencia de corte de 32 y 42 días en lluvia y seca respectivamente, encontraron que los mayores rendimientos anuales y en seca se obtuvieron en king grass y *Panicum maximum* cvs. Likoni, SIH-27 y común, en ambos años de evaluación al alcanzar 19,1 y 4,5; 18,4 y 6,1; 16,3 y 5,0; 16,1 y 5,1 t/MS/ha (anual y en seca, respectivamente). En todas las gramíneas se obtuvo más del 65% en el periodo lluvioso. El contenido proteínico estacional fue aceptable, fluctuando entre 11,0 y 14,2% en el período lluvioso; sin embargo los tenores de Ca y P fueron marcadamente bajos.

En otro experimento conducido por Gerardo y Oliva (1982) durante un año, bajo condiciones de riego y fertilización, se evaluaron 14 gramíneas, con una frecuencia de corte de 5 y 6 semanas para las épocas de lluvia y de seca, respectivamente; la fertilización consistió en la aplicación de 270 kg de N/ha/año fraccionado por corte. Al respecto informaron que por los rendimientos anuales se destacaron las variedades Cra-265 y king grass con 23,38 y 22,83 t de MS/ha respectivamente. En el periodo de menor precipitación, Cra-265 y king grass resultaron las más destacadas con rendimientos de 5,24 y 5,48 t de MS/ha, respectivamente. También sobre un suelo Ferralítico Rojo Hernández y Hernández (1984), evaluaron 19 gramíneas y obtuvieron que el cv. Napier tuvo un rendimiento de 16,0 t de MS/ha/año y el pennisetum enano fue el de peor comportamiento con 13,0 t de MS/ha/año.

En este sentido, Santana *et al.* (2011) en la provincia Granma, Cuba, realizaron una prueba de digestibilidad *in vivo* en *P. purpureum* para determinar el efecto de la edad (18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, 67, 74 y 81 días de rebrote) y encontraron incrementos estables del rendimiento de biomasa por hectárea (hasta 2,58 t/corte). La proteína bruta decreció desde valores cercanos a 14% hasta menos de la mitad a los 81 días, la materia seca (que es baja, 14 a 18%) y la fibra bruta (30 a 38%) se incrementaron. Los coeficientes de digestibilidad de todos los nutrientes estudiados y la energía metabolizable estimada (9,54 a 5,86 MJ/kg MS) fueron linealmente menores conforme maduró el forraje y como consecuencia de todo lo anterior la producción de energía y proteína digestible se incrementó hasta un límite para después disminuir, alcanzando su máximo entre los 54 y 60 días de rebrote, que es el intervalo recomendado para la cosecha del forraje. No obstante, los valores de proteína, tanto en el pasto king grass como en las variedades de elefante son bajos y oscilan entre 6 y 7%, lo que coincide con lo reportado por Senra (1990).

El potencial de producción de leche de los pastos tropicales está en dependencia del tipo de pasto utilizado, su manejo, las condiciones bajo las cuales se explota y el tipo de animales que se utilice (Funes, 1986). También se hace necesario evaluar indicadores que finalmente ayuden a discriminar las plantas con características realmente favorables para el empleo en la producción.

La introducción y la evaluación de las plantas son procesos que garantizan la discriminación de individuos y la biodiversidad de los agroecosistemas ganaderos. La evaluación de las plantas necesita del estudio y el monitoreo de indicadores para conocer las características

favorables de los individuos y su aptitud para la explotación, ya sea en corte o en pastoreo. Además, cuando se estudian y evalúan las plantas, es necesario recordar que la mayoría de los cereales (arroz, maíz, trigo, avena, cebada, centeno, sorgo) así como la caña de azúcar y el bambú, pertenecen a la familia de las gramíneas. En Cuba, la producción de forraje fresco para corte, durante los meses de diciembre a febrero es poco factible, al coincidir las bajas temperaturas y la humedad con los días cortos. Además, en los meses poco lluviosos los rendimientos de los pastos disminuyen del 30 al 40% aunque se le garantice el riego (Funes, 1986). Por tal motivo el manejo de los pastizales y su utilización para lograr una máxima producción de leche o carne, es el reflejo de la producción del sistema suelo-planta-animal (Martínez, y Herrera, 2006).

Resultados obtenidos por Martínez (1999) en *Pennisetum purpureum*, mostraron que la acumulación diaria de biomasa disminuyó después de los 5 meses en la época lluviosa con aplicaciones de 50 kg de N/ha. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), tiene ciclos de acumulación de biomasa de 365 días, lo que contribuye en gran medida a la solución del déficit de alimentos durante el período seco.

Según Burton (1986) la caña de azúcar y la hierba elefante son las gramíneas con mayor aptitud para la acumulación de biomasa durante el año. Ambas especies pueden ser consideradas de ciclo largo, la caña con 360 días y la hierba elefante con 180 días.

La alimentación del bovino sobre la base del pasto constituye el sistema productivo más económico, es un verdadero reto de la habilidad del ganadero, es un producto vivo; su valor nutritivo y su disponibilidad varían en dependencia de las características de la unidad en cuanto a carga y otros factores. El balance alimentario es un medio para buscar soluciones a los problemas nutricionales que a diario se presentan en las unidades de producción de ganado vacuno (Pérez-Infante, Jordán y Rodríguez, 2008).

### I.9 Factores que afectan el comportamiento productivo de los pastos y forrajes

La radiación solar y la duración del día, unidas a la humedad relativa y la velocidad del viento, interactúan con la temperatura aliviando o agravando sus efectos sobre el potencial productivo del complejo suelo-planta-animal (Cabrera, 1982). La época del año, caracterizada por las variaciones estacionales de los elementos climáticos, influye junto a otros factores de manera directa sobre la tasa de crecimiento de los pastos (Funes, 2002) y por consiguiente

en la poca lluviosa el rendimiento de los pastos será menor que en la época lluviosa, apreciándose efectos similares sobre la producción de leche (Pezo, 1997).

Según Padilla y Ayala (2005), teniendo en cuenta que la hierba elefante utiliza el sendero  $C_4$  de fijación de  $CO_2$  en la fotosíntesis, debe plantarse cuando las condiciones climáticas posteriores a la plantación garanticen abundantes y una buena distribución de las precipitaciones, altas temperaturas (30-40°C) y una intensidad lumínica entre 15 000- 16 000 lux, considerada como óptima para las gramíneas tropicales. Bajo estas condiciones este género compite favorablemente con las especies indeseables, si los nutrientes y el agua en el suelo no son limitantes. Estos criterios indican que la mejor época de plantación sería al inicio del período lluvioso. Otros autores plantean que en la época lluviosa de nuestro país, ocurre más del 80% de las precipitaciones y se produce más del 70% de la masa verde del año (Álvarez, 2010).

La calidad de los pastos y forrajes no es más que la relación existente entre la composición química, la digestibilidad y el rendimiento de MS y tiene una gran influencia en el consumo voluntario, por lo que su conocimiento es esencial para poder satisfacer los requerimientos y el potencial productivo del animal y estos, a su vez, determinan la producción de carne o leche del vacuno (Herrera y Ramos, 2005).

#### 1.9.1. Edad de rebrote y época del año

Entre los factores que más afectan la calidad de los forrajes se encuentran la edad y la época del año; con la edad disminuyen los principales indicadores nutricionales, por efecto del incremento sostenido en los componentes lignocelulósicos; mientras que la acción de la época se vincula más a los rendimientos y a la disminución en el valor nutritivo, cuando la planta florece (Ojeda *et al.*, 2010).

En la mayoría de las gramíneas forrajeras tropicales cuando avanza la madurez hay una drástica reducción de la relación hoja- tallo; en este sentido Jung y Vogel (1992) observaron un incremento en la proporción de tallos y una disminución de las hojas a medida que aumentó la madurez de la planta; estos autores observaron, además, que los cultivares Morado y King grass poseían una mayor concentración de fibra ácida detergente (FAD), que frecuentemente está asociada a la digestibilidad y el contenido de lignina se incrementó significativamente tanto en las hojas como en los tallos con la edad.

En un estudio donde se valoró el efecto de la edad del rebrote (60, 75 y 90 días) sobre el valor nutricional de *P. purpureum* cv. King grass se encontró que la mayor calidad del forraje se presentó cuando se cortó a los 60 días; pero a los 90 la calidad fue muy afectada (Chacón y Vargas, 2009).

Ha sido comprobado además, que el comportamiento de la planta es más favorable cuando el espectro de absorción de la luz está en el rango de 360-500nm con 84 días de rebrote y el peor fue a los 56 días; no obstante, en la zona de 645-700nm la mayor absorción ocurrió cuando el rebrote tenía 84 días y la menor a los 28 (Herrera y Ramos, 2005).

Estudios realizados por Rosthoj y Branda (2001), recomiendan la edad de corte promedio del pasto *P. purpureum* cv. Elefante de 105 días (90-120 días), aunque consideran mejor una edad de corte de 90 días, con el fin de aprovechar al máximo el contenido nutricional del forraje, debido a una mayor digestibilidad del pasto; en cuanto a la calidad el mejor momento corresponde a una edad entre 70 y 75 días, donde existe un mejor perfil nutricional

El contenido de proteína del king grass, CT-169 y OM-22 varió entre 12,7 y 14% de la MS, a los 60 días de corte, siendo normal para la especie cuando se fertiliza. Sin embargo, el rendimiento a esta edad osciló entre 7,2 y 9,2 t de MS/ha, lo que equivale a rendimientos de PB para un corte entre 914 y 1 180 kg /ha, lo que se considera bajo (Martínez *et al.*, 2009).

Otros autores refieren que la calidad nutricional del pasto king grass varió de forma inversa a la edad de cosecha; sin embargo, el contenido de materia seca, aumentó al incrementarse la edad del forraje, lo que se manifestó en el aumento de los componentes de la pared celular-fibra neutro detergente y fibra acida detergente (FND y FAD) y la reducción de los contenidos celulares proteína cruda y extracto etéreo (PC y EE). La MS y la PC mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre el pasto de 60 y 90 días de crecimiento, así como se reportaron variaciones importantes en la fracción fibrosa según las edades de corte. Resultados similares fueron reportados por Ramírez, Verdecia y Leonard (2008) quienes encontraron diferencias ( $p \leq 0,05$ ) entre los contenidos de MS, PC y FC para el pasto Cuba CT-169, cosechado a edades de 60, 75 y 90 días de rebrote; la calidad disminuyó al aumentar el intervalo de corte en los cultivares napier y Taiwán A-146, ambos pertenecientes a la especie *P. purpureum*.

Dos Reis (2006) comprobó en tres gramíneas forrajeras (*P. purpureum*, *Panicum maximum* y *Cynodon dactylon*) la disminución de la proteína bruta con la edad, en un rango aproximado de 10 a 15%.

Resultados obtenidos por Meléndez, Giraudy e Iglesias (2000) y Vilela *et al.* (2002) confirmaron que la frecuencia de corte, solo afectó el rendimiento de materia seca a medida que aumentó la edad de madurez de la planta y plantearon como edad máxima de rendimiento de los *Pennisetum* entre 60 y 100 días Alves Do Santos, Silva y Quiroz-Filho (2001), al evaluar el *P. purpureum* Schum. cv. Roxo, constataron el descenso del tenor proteínico de 12,89% a los 40 días, hasta 5,36% a los 100 días.

Es necesario destacar que *P. purpureum* Cuba CT-115, presenta mayor contenido de carbohidratos estructurales y desarrollo de su estructura a medida que avanza su edad, Shibuya (1999) demostró que a mayor edad de la planta aumentó la presencia de células altamente salificadas, proyectadas en los bordes de las hojas, lo que afecta la palatabilidad del alimento al tornarlo áspero y abrasivo para el animal (Rodríguez, Araujo, Febres y Gonzáles, 2004; Rodríguez *et al.*, 2006). Otros investigadores han evaluado el valor nutritivo de las plantas con relación a la edad y demostraron que la proporción de los componentes potencialmente digestibles, los carbohidratos solubles, las proteínas y el contenido celular tienden a declinar a mayor edad de corte, mientras que los componentes de la pared celular fracciones indigestibles (lignina y sílice) se incrementan (Geiss, 1978; Nogueira Filho *et al.*, 2000; Van Soest, 2002).

Al analizar el valor nutritivo de la especie, la concentración de lignina con la edad de rebrote del Cuba CT-115, obedece a que a medida que la planta madura, la pared celular se ensancha y produce una pared secundaria de composición distinta, con notable deposición de constituyentes aromáticos (González, 2005; Saliba *et al.*, 2005).

La frecuencia de corte tan elevada como 45 días o tan baja como 120 días no proporcionan adecuados resultados debido al deterioro que se produce en el área forrajera. Las frecuencias de corte fijas durante todo el año tampoco ofrecen buenos resultados y se sugiere, en general, que durante el período poco lluvioso, los cortes no se efectúen con una edad de rebrote mayor de 90 días, mientras que en el período lluvioso ésta no debe ser menor de 60 días (Herrera y Ramos, 2005). Los estudios realizados por Martínez *et al.* (1994) utilizando este mismo principio, demostraron el efecto de cortar las variedades,

obtenidas por cultivo de tejido, cinco veces al año (noviembre, febrero, marzo, julio, y septiembre), cuatro veces (mayo, julio, septiembre y febrero) y dos veces (agosto y febrero). Al evaluar algunos indicadores de calidad del CT-115 en condiciones de secano, sometidos a 5 cortes en el año, se obtuvo el 20% de materia seca, 6,3% de proteína bruta y un 42% de hojas. Esta misma variedad cuando fue sometida a dos cortes, incrementó en un 7,5% la MS, pero bajó hasta el 4,4% la proteína y en un 7% las hojas, (Martínez, 2012), este mismo autor cuando evaluó los % de digestibilidad en las hojas, los tallos y las plantas de las variedades de *Pennisetum purpureum* (King grass, OM-22, CT-169 y Morado); cortadas cada 90 días en seca, el comportamiento fue favorable para el Morado con (59,64; 53,82 y 56,6%) respectivamente; los valores restantes fueron muy parejos oscilando entre 49,08 y 56,98%. El King grass con el 59,5% de digestibilidad en sus hojas fue el que más se aproximó. Al evaluar el rendimiento de proteína, se pueden observar valores de 0,86; 0,67; 0,63 y 0,46 t/ha para las variedades OM-22, King grass, CT-169 y Morado, respectivamente. Todo parece indicar que, en el período poco lluvioso existe un problema de eficiencia de utilización de la luz o de su conversión en energía química, que se expresa en los bajos rendimientos que se alcanzan en esta etapa (Herrera y Ramos, 2005).

### I.9.2 Fertilización

En la década de los años noventa, cuando se produjo la caída del campo socialista, en el llamado periodo especial, Cuba se vio obligada a efectuar reajustes drásticos en sus sistemas de producción de leche; hubo que prescindir de los fertilizantes, el riego y principalmente del combustible. Todo esto limitó las posibilidades de producir o conservar alimentos durante el periodo seco; el fertilizante nitrogenado que se aplicó a los cultivos se benefició considerablemente con el suministro de materia orgánica, atribuido por lograr una adecuada relación C: N, lo que favoreció la actividad microbiana (Díaz-Filho, 2003). Resultados obtenidos por Padilla (2002), demostraron que la fertilización basal junto a las labores de agrotecnia es una necesidad para la recuperación de los pastizales degradados. La fertilización jugó un papel fundamental en la recuperación de la guinea, mejorando el porcentaje de área cubierta, la altura y el rendimiento del forraje. Padilla y Ayala (2005) recomiendan utilizar en suelos de mediana y baja fertilidad una fertilización nitrogenada a razón de 50 kg/ha, de forma localizada, 45 días posteriores a la plantación o 300 kg/ha de una formula completa en este mismo momento, para facilitar su rápido crecimiento.

Martínez *et al.* (2012) ejecutaron un diseño a corto plazo y compararon dos áreas de Cuba CT-115 y lograron un incremento de 0,85 L de leche/vaca en ordeño cuando fertilizaron en el mes mayo en una dosis única a razón de 150 kg de urea/ha, por lo que cuando se fertiliza el pasto con urea a mediados del periodo lluvioso, se logra mejorar la producción y la calidad; si se maneja correctamente, se puede incrementar la carga en un 12% y producir 5 000 litros de leche por t de urea.

Según estudios realizados por Valdés, Crespo y Castillo (1992) la aplicación combinada de residual líquido de fertilizante orgánico y 60 kg de N/ha/año proporcionó una mayor cantidad de hojas en el pastizal, un incremento en el consumo voluntario del pasto, y su calidad en general fue favorecida.

El king grass es una de las especies forrajeras más extensamente usado en el país y sus rendimientos pueden sobrepasar las 30 t/ha/año de MS con una adecuada fertilización mineral. Sus requerimientos de N y K son mucho mayores que en la mayoría de las especies forrajeras explotadas (Crespo, 2006).

Otros autores recomiendan fertilizar al momento de la siembra con 45 kg de N/ha y con 275 kg de N/ha/año dividiéndolo entre el número de cortes a realizar para mantener la producción de forraje durante el año (Hertentains, Troetsch y Santamaría, 2009).

En Cuba, Funes (1977), planteó que con niveles de hasta 400 kg/ha/año de fertilizante nitrogenado, los rendimientos de materia seca fluctúan entre 24 y 27%, en varios cultivares de la especie *P. purpureum*, para el período seco con respecto a la producción anual, por lo que su respuesta al fertilizante nitrogenado es eficiente; en este sentido con 60 kg de N/ha (dosis óptima según varios estudios realizados) se logra una producción de 88 kg/ha/día, por lo que este mismo autor planteó que una mayor cantidad de N no produce incremento adicional del rendimiento.

El nitrógeno del suelo y del fertilizante es utilizado desigualmente por la planta con diferente humedecimiento del suelo. En la medida en que disminuya el contenido de nitrógeno accesible en el suelo, si aumentan las precipitaciones, disminuye la necesidad de nitrógeno de la planta para formar una unidad de MS. Al mejorar el régimen hídrico se equilibra el consumo de nitrógeno por las plantas en todos los suelos. Por eso, los que contienen mas forma accesible de nitrógeno, con cualquier grado de humedecimiento forman una cosecha relativamente alta (Perez, 1990).

### 1.9.3 Riego

Según Herrera y Ramos (2005), uno de los aspectos más discutidos en el manejo de los pastos ha sido la utilización del riego y su eficiencia, desde el punto de vista de las ventajas que puede producir en la producción de forraje y en su efecto económico. Además plantearon que fue alentadora la respuesta obtenida durante el periodo poco lluvioso, donde la mayor norma de riego produjo aproximadamente el doble del rendimiento, cuando se comparó con el no irrigado; además señalaron la ventaja de la irrigación expresadas en la eficiencia con que el king grass utiliza el agua en la producción de materia seca y señalan que las especies de *Pennisetum* responden de forma específica a la aplicación de riego, aunque pudiera estar condicionada a el comportamiento de los factores climáticos (temperatura, radiación solar y precipitaciones), entre otros aspectos y plantean que el rendimiento del king grass puede ser de 20 t MS/ha/año cuando se fertiliza y riega.

Es importante señalar que esta respuesta al riego pudo estar condicionada por dos factores: a) el desarrollo del sistema radical de estas especies se produce en la capa superficial del suelo, entre 0-5 cm de profundidad, donde llega a alcanzar el 65%, mientras que el 35% restante se presentan en profundidades superiores a 5 cm y b) ese desarrollo radical puede reciclar, como promedio, 26,9; 4,3 y 1,8 kg/ha de N, P, K, respectivamente (Crespo y Lazo 2001). De lo anterior se infiere la mejor utilización de los nutrientes mediante su efectiva absorción y además, el suministro adicional de ellos por efecto del reciclaje.

Cuando las temperaturas máximas son mayores de 27°C y la radiación solar es superior a 360 cal/cm<sup>2</sup>/día, es mucho más eficiente la respuesta al riego en términos de producción de MS; valores por debajo la limitan. Además cuando la evapotranspiración potencial está por encima de 160 mm, para incrementar el rendimiento la norma de riego debe ser mayor como consecuencia de que las altas temperaturas y la radiación incrementan la demanda de agua por los pastos (Herrera y Ramos, 2005). Estos autores plantean que esta pudiera ser la causa de la baja eficiencia de utilización del riego al no considerarse estos factores.

Aunque no haya riego para todas las aéreas forrajeras y de pastos, si es necesario conocer las posibilidades productivas de estas variedades en aquellas áreas que puedan disponer de este recurso, para ser utilizado en los programas de carne o leche tanto en el sector privado como en el estatal.

## Capítulo II. MATERIALES Y METODOS

### II.1 Ubicación y descripción del experimento

La Empresa Agropecuaria del Ministerio del Interior se encuentra ubicada en el municipio de Jagüey Grande, Matanzas. Tiene como objeto social producir alimentos para los combatientes de su Ministerio; a partir del desarrollo de la crianza de diferentes especies domésticas la producción de carne y leche, que es uno de sus principales renglones productivos, se desarrolla utilizando como base fundamental de alimentación los pastos y forrajes. Teniendo en cuenta que durante el periodo poco lluvioso disminuye drásticamente la disponibilidad del pasto en los potreros y que es necesario producir forrajes para solucionar este problema, se decidió evaluar durante 16 meses (con el establecimiento) el comportamiento productivo de 5 accesiones de *Pennisetum purpureum* Schum (King Grass, OM-22, CT-169, Taiwán morado y CT-115), con riego y fertilizantes.

Para dar una respuesta actualizada a la hipótesis y objetivos de la tesis, se llevó a cabo el trabajo en la finca equina Los Limones ubicada entre los 22°30' y 22°50' de latitud Norte y los 88°35' y 88°51' de latitud Oeste. La superficie utilizada fue de 1 330 m<sup>2</sup> totales, en un área experimental de 625 m<sup>2</sup>, distribuida en 25 parcelas de 25 m<sup>2</sup>, separadas 2 m entre sí, según el esquema II.1. Se cosecharon los 12 m<sup>2</sup> centrales, una vez eliminado el efecto de borde (un surco a cada lado y un metro por cada cabecera).

Esquema II.1. Distribución espacial de los tratamientos.

Réplicas	Tratamientos	
5	CT-115	
	KG	Morado
	CT-169	OM-22
4	KG	
	OM-22	CT-115
	Morado	CT-169
3	OM-22	
	CT-169	KG
	CT-115	Morado
2	KG	
	CT-115	Morado
	OM-22	CT-169
1	CT-115	
	Morado	CT-169
	KG	OM-22

## II.2 Diseño y procedimiento experimental

Los tratamientos estuvieron representados por las 5 accesiones de *Pennisetum purpureum* utilizándose para su estudio un diseño de bloques al azar con 5 réplicas por tratamiento. La preparación y siembra se realizó por el método convencional según Padilla y Ayala (2005); el surque se realizó cada un 1m a 20 cm de profundidad y se le aplicó fertilización de fondo a razón de 0,5 t/ha con la fórmula 0-20-30; para la siembra se utilizó semilla vegetativa certificada de los bancos de germoplasma del Instituto de Ciencia Animal con 90 días de edad, ubicando 20 tallos de 3 yemas por cada surco de 5 m lineales, con las puntas superpuestas (sección basal con la superior), a una dosis equivalente de 4-5 t/ha y 12 yemas por metro lineal de superficie, respectivamente.

La irrigación del cultivo se hizo en un intervalo de 15-20 días en el periodo poco lluvioso, con una norma de 250 m<sup>3</sup>/ha.

La fertilización se realizó después de cada corte con una dosis de 50 kg de N/ha.

Se hizo un corte de establecimiento con 113 días de edad de la plantación, evaluando el comportamiento de cada accesión en ese momento (Anexo 1).

Las mediciones que se estudiaron fueron repetidas para cada corte, época y periodo experimental.

Las observaciones fenotípicas y de calidad se hicieron seleccionando 5 plantas en cada parcela a las que se les midió la altura; el corte se efectuó a 20 cm del suelo. Las hojas y los tallos se empacaron por separado para determinar el % de materia seca (MS), en estufa a 60°C hasta peso constante.

Las muestras secas se molieron (en un molino Culatte Lyps con tamiz de 1 mm de diámetro) y se envasaron en frascos de cristal con cierre hermético para ser enviadas al laboratorio de Química Analítica del propio Instituto, donde se determinó el contenido de proteína bruta (PB), materia seca (MS), fibra bruta (FB), y digestibilidad, a las hojas y los tallos según AOAC (1995).

### Análisis matemático

El procesamiento de los datos se hizo mediante los paquetes estadístico Infostat y SPSS. (Visuata, 1998); a todos los indicadores, se les hizo análisis de varianza para conocer las diferencias estadísticas entre tratamientos (Duncan, 1955).

Además se realizó un análisis de componentes principales para el cual se utilizó el modelo estadístico propuesto por Torres *et al.* (2007), según el cual se desarrollaron los siguientes pasos:

- a. Con los datos obtenidos de las variables estudiadas en las cinco accesiones se construyó la matriz de datos a procesar.
- b. Comprobación de las premisas de aplicación de los métodos multivariados, utilizando la matriz de correlación.
- c. Identificación y selección del orden de importancia de las variables en la explicación de la variabilidad del rendimiento.
- d. Clasificación de las evaluaciones (variedades) según las variables relacionadas con el rendimiento, según los criterios:
  - Índice de impacto
  - Formación de los grupos

Los resultados que se obtuvieron al desarrollar los cuatro pasos anteriores permitieron definir el grupo de mejor comportamiento para el rendimiento.

Para todos los casos se empleó el paquete estadístico SPSS 15,1 para Windows

Además de los datos bromatológicos antes mencionados, las medidas evaluadas por cortes, época y año experimental fueron las siguientes:

- Altura de la planta en m.
- Rendimiento en t de MS/ha, por corte, época y año.
- Rendimiento de hojas y tallos en t de MS/ha, por corte, época y año.
- % de PB, FB y digestibilidad.

## II.4 Características agroclimáticas

Se contó con buenas posibilidades de riego mediante el bombeo de las aguas subterráneas. El suelo se clasifica como Ferralítico Rojo cuarcítico, con pH ácido (4,5-5,2), contenido de MO de 2,0 a 5,0%, baja capacidad de intercambio catiónico ( $<20,0 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), baja fertilidad natural y una gruesa capa de mocarrero en su perfil, textura arcillosa profunda, topografía llana y buen drenaje interno y externo; una proporción del 10% del área total presenta como limitante la pedregosidad (Hernández *et al.*, 1999).

El comportamiento de los indicadores climáticos durante el periodo experimental se muestra en la tabla II.3.

Tabla II.3. Indicadores climáticos durante el período experimental.

Variables meteorológicas	u/m	Histórico	2010	2011
Temperatura media anual	°C	24,1	24	24,8
Temperatura máxima en un mes.	°C	26,7	28,7	27,3
Temperatura promedio más alta (mayo-oct.).	°C	25,2	27,2	26,7
Temperatura promedio más baja(nov.-abril)	°C	21,1	19,5	22,0
Evaporación anual	mm	1957,9	2155,7	2339,7
Evaporación media anual	mm	163,1	179,6	194,9
Evaporación máxima en un mes	mm	215,1	240,7	260,1
Evaporación (mayo-octubre)	mm	1031,9	1212,9	1188,5
	Del total	mm	52,7	56,3
Evaporación( noviembre-abril)	mm	925,5	942,4	1150,4
	Del total	mm	47,2	43,7
Precipitación anual	mm	1 563,3	1 456,3	1213,4
Precipitaciones media anual	mm	130,2	121,3	101,1
Precipitación máxima en un mes	mm	248,9	320,5	280,3
Precipitaciones (mayo-octubre)	mm	1249,1	1 160,7	1102,3
	Del total	%	79,9	79,7
Precipitaciones (noviembre-abril)	mm	314,1	295,3	111,1
	Del total	%	20,1	20,2
Humedad relativa	%	81%	81%	9,6

Fuente: Anon (2013)

### Capítulo III. RESULTADOS y DISCUSIÓN

La altura de la planta es utilizada por los investigadores para determinar el rendimiento, por permitirles a través del estudio de variables, indicar el crecimiento de los cultivos. Olivera (2004), para la caracterización de un grupo de accesiones de *Brachiaria* spp. midió la velocidad del crecimiento por la altura del pasto y Martínez *et al.* (2010), encontraron ecuaciones debidamente ajustadas entre la altura y el rendimiento de MS de los pastos.

En el comportamiento de la altura durante el análisis anual, las accesiones CT-169, King grass y CT-115 fueron significativamente superiores ( $P < 0,001$ ) al Morado y O M-22 (tabla III.1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por García (2011), al evaluar en el primer año, la dinámica de crecimiento en la altura de cuatro cultivares de *P. purpureum*, que mostraron un patrón similar, destacándose ligeramente con valores superiores el C T-169.

Otros autores como Chamorro *et al.* (2011), cuando evaluaron, morfofisiológicamente durante el periodo seco a nueve materiales de *Pennisetum purpureum* bajo las condiciones del Valle Cálido del Alto Magdalena, obtuvieron a los 45 días de rebrote, la mayor respuesta a la altura en el clon CT-115 (195 cm), sin diferencia con el CT-169, pero superior al napier y al king grass.

Durante el periodo lluvioso el OM-22 y el Morado sin diferencias entre ellos, fueron significativamente inferiores al CT-115 y king grass, que no difirieron entre ellos y presentaron la mayor altura. Estas accesiones, expresaron una disminución promedio de su talla entre un periodo y otro, de 21,7 unidades porcentuales; marcando la mayor diferencia el OM-22 (37%) y la menor el CT-169 (14,6%). Un trabajo desarrollado por Funes (1986), demostró, que en los meses poco lluviosos, aunque se le garantice el riego, los rendimientos de los pastos disminuyen del 30 al 40%, debido a una equivalente disminución proporcional de su talla.

Un comportamiento similar durante el periodo poco lluvioso, obtuvo García (2011), cuando encontró que el OM-22 fue significativamente inferior en altura al resto de las accesiones. Los resultados del presente estudio también coinciden con lo obtenido por Martínez *et al.* (2009) y Martínez (2012) respectivamente, quienes plantearon, que los tallos del OM-22 se distinguen por tener un porte bajo en el periodo seco o poco lluvioso, (llegando a 85 cm con 90 días de rebrote) y que el Morado durante este periodo alcanzó una altura de 99 cm.

Es conocido, que el nitrógeno del suelo y de los fertilizantes es utilizado desigualmente por la planta, en dependencia del grado de humedecimiento del suelo. En la medida que disminuye el contenido de nitrógeno accesible en el suelo y aumentan las precipitaciones disminuye la necesidad de nitrógeno de la planta para formar una unidad de MS. Al mejorar el régimen hídrico, se equilibra el consumo de nitrógeno por las plantas en todos los suelos (Perez, 1990). Criterios similares plantearon Herrera *et al.* (1994) acerca de que el comportamiento de los pennisetum está fuertemente asociado a las precipitaciones y por Crespo (2006) al esgrimir, que los requerimientos de N y K de estas plantas, son mucho mayores que en la mayoría de las especies forrajeras explotadas.

Tabla III.1. Altura de las plantas (cm).

Accesión	Periodo		
	PPLL	PLL	Anual
KG	116,40 <sup>bc</sup>	147,40 <sup>c</sup>	135,08 <sup>b</sup>
OM-22	83,40 <sup>a</sup>	132,40 <sup>ab</sup>	112,96 <sup>a</sup>
CT-169	122,80 <sup>c</sup>	143,80 <sup>c</sup>	135,32 <sup>b</sup>
Morado	103,00 <sup>b</sup>	127,80 <sup>a</sup>	118,20 <sup>a</sup>
CT-115	116,80 <sup>bc</sup>	140,80 <sup>bc</sup>	131,16 <sup>b</sup>
EE(±)	4,48 <sup>***</sup>	3,19 <sup>*</sup>	3,16 <sup>***</sup>

a,b,c en la misma columna indican diferencias significativas (P<0,05)

\*P<0,01 \*\*\*P<0,001

Por lo que todo parece indicar que al presentar el periodo de noviembre –abril baja temperatura, días de corta duración e intensidad lumínica, escasa precipitación, y una mayor evaporación, las variaciones del tiempo y el clima se hicieron más notables y pudo haber influido en la respuesta del crecimiento; además de que pudo ser posible, que la norma de fertilizante y riego no satisfizo la demanda del pasto para estas condiciones.

Teóricamente, esta especie al igual que el resto de las gramíneas tropicales puede alcanzar entre 67 y 80 t de MS/ha/año. Esto es posible, por poseer características relacionadas con una mayor eficiencia fotosintética, debido a que son plantas del grupo C4, que poseen mayores tasas de crecimiento y niveles de producción de MS.

El rendimiento de MS, tanto anual como en el periodo lluvioso del king grass mostró diferencias significativas con el resto de las accesiones, que tuvieron valores similares entre ellos (tabla III.2).

En una revisión sobre este género Machado *et al.* (1979) señalaron que cuando el king grass al igual que otros pennisetum, se corta con mayor frecuencia, sus rendimientos decrecen drásticamente. Así, cuando se cosechó cada tres meses disminuyó a menos de un tercio (30 t de MS/ha/año) y cuando se cortó cada seis meses el rendimiento fue superior al de la caña de azúcar.

Resultados similares han sido señalados por Ramírez *et al.* (2008) al incrementar la edad de corte. Los resultados coinciden con estos autores, cuando plantearon, que en Cuba el rendimiento puede oscilar entre 16 y 27 t de MS/ha/año y, dependiendo de la variedad, el manejo, y una adecuada fertilización mineral pueden llegar a 30 y 35 t de MS/ha/año (Crespo, 2006).

El rendimiento fue superior al obtenido por García (2011) cuando comparó en un suelo Pardo de las Tunas cuatro accesiones de *P. purpureum*, lo cual pudo deberse al tipo de suelo empleado.

Tabla III. 2. Rendimiento de materia seca (t/ha).

Accesión	Periodo		
	PPLL	PLL	Anual
KG	15,28	21,88 <sup>c</sup>	37,16 <sup>b</sup>
OM-22	11,16	19,20 <sup>b</sup>	30,36 <sup>a</sup>
CT-169	13,12	17,16 <sup>a</sup>	30,28 <sup>a</sup>
Morado	10,66	16,68 <sup>a</sup>	27,34 <sup>a</sup>
CT-115	11,18	18,12 <sup>ab</sup>	29,30 <sup>a</sup>
EE(±)	1,49 NS	0,61 <sup>***</sup>	1,40 <sup>*</sup>

a,b,c en la misma columna indican diferencias significativas (P<0,05)

\*P<0,01 \*\*\*P<0,001

Funes (1977), encontró que con 400 kg/ha/año de fertilizante nitrogenado, los rendimientos de MS variaron entre un 24 y 27% en varios cultivares de la especie *P. purpureum*, para el periodo seco con respecto al anual. En el presente trabajo no ocurrió así debido a que la dosis de fertilización que se utilizó fue inferior, la evaporación sobrepasó los 190 mm, la temperatura promedió los 24,8°C y las precipitaciones fueron ligeramente superiores a los 100 mm. Según Herrera y Ramos (2005), cuando se incrementa la evapotranspiración potencial sobre los 160 mm, para incrementar el rendimiento hay que aumentar la norma de riego, como consecuencia de que las altas temperaturas y la radiación elevan la demanda de

agua por los pastos. Estos mismos autores plantean que todo parece indicar que, en el período poco lluvioso existe un problema de eficiencia de utilización de la luz o de su conversión en energía química, que se expresa en los bajos rendimientos que se alcanzan en esta etapa.

En la medida que avanza la edad en las gramíneas forrajeras, hay una drástica reducción de la relación tallo-hoja, traduciéndose en un incremento porcentual de los tallos y una disminución de las hojas (Jung y Vogel, 1992).

Según Chamorro *et al.* (2011), el número de hojas en las gramíneas es un indicador de la capacidad fotosintética y de una mayor concentración de nutrientes, que permite a las plantas lograr mayor productividad.

También se plantea, que generalmente, los pennisetum deben cortarse cuando alcanzan la altura de 1,5 m, ya que a partir de este momento, teniendo en cuenta la edad, el porcentaje de hojas comienza a disminuir, la planta entra en un desbalance de la relación hoja- tallo y por ende en los indicadores de calidad.

Las accesiones de king grass y OM-22, en el rendimiento anual, expresaron resultados significativamente superiores ( $P<0,05$ ) aunque este último no difirió del resto. En el periodo lluvioso el king grass, y OM-22 sin diferencias entre ellos, difirieron para ( $P<0,01$ ) del CT-169 y CT-115 (tabla III.3).

Tabla III.3. Rendimiento de hojas (MS t/h).

Accesión	Periodo		
	PP LL	PLL	Anual
K –Grass	5,38	9,14 <sup>b</sup>	14,52 <sup>b</sup>
OM-22	5,86	7,98 <sup>b</sup>	13,84 <sup>ab</sup>
CT-169	5,34	7,32 <sup>a</sup>	12,66 <sup>a</sup>
Morado	4,94	7,50 <sup>ab</sup>	12,44 <sup>a</sup>
CT-115	5,00	7,12 <sup>a</sup>	12,12 <sup>a</sup>
EE(±)	0,56 NS	0,25 <sup>*</sup>	0,56 <sup>**</sup>

a,b en la misma columna indican diferencias significativas ( $P<0,05$ )

\* $P<0,05$

\*\* $P<0,01$

Valores similares fueron reportados por Martínez (2012), cuando logró un rendimiento promedio anual de 13,1 t., aunque durante el periodo poco lluvioso hubo un mejor comportamiento en el presente trabajo (2,2 t de hojas en la MS).

El cultivar OM-22 es muy demandado actualmente por los pequeños productores por sus buenas características para el corte; su alta proporción de hojas largas y anchas, especialmente en el periodo seco y la ausencia de pelos en las hojas lo hacen muy atractivo para el corte a mano según lo expresado por Martínez *et al.* (2006).

La tabla III.4 muestra el rendimiento de los tallos en MS durante los tres periodos evaluados; el king grass fue significativamente superior ( $p < 0,001$ ) al resto de las accesiones, que no difirieron entre sí. En el periodo lluvioso, el menor rendimiento lo alcanzó el Morado y el CT-169 sin diferencias entre ellos; el CT-169, CT-115 y el OM-22 con valores muy similares entre ellos, fueron significativamente inferiores al king grass.

Tabla III.4. Rendimiento de tallos (MS t/h).

Accesión	Periodo		
	PPLL	LL	Anual
K - G	8,92	13,72 <sup>c</sup>	22,64 <sup>b</sup>
OM-22	5,32	9,82 <sup>b</sup>	15,14 <sup>a</sup>
CT-169	8,12	9,50 <sup>ab</sup>	17,62 <sup>a</sup>
Morado	6,64	8,26 <sup>a</sup>	14,90 <sup>a</sup>
CT-115	7,36	9,78 <sup>b</sup>	17,14 <sup>a</sup>
EE(±)	0,95 NS	0,37 <sup>***</sup>	0,89 <sup>***</sup>

a,b,c en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ )  
<sup>\*\*\*</sup> $P < 0,001$

El rendimiento que mostró el king grass en el año, coincide con el obtenido por Martínez (2012) y fue ligeramente inferior al alcanzado por este mismo autor en el periodo poco lluvioso.

Para lograr las mejores características físicas-químicas en la producción de pastos y forrajes, es necesario, practicar un adecuado manejo de los mismos. Esto lleva implícito un buen control de la edad de rebrote y una adecuada relación hoja-tallo; lo que permite, ofertarle al animal un alimento de mayor calidad, que garantice un aumento del aprovechamiento para disminuir las pérdidas y abaratar los costos en los procesos productivos. Varios estudios realizados han demostrado, que en las hojas se encuentra la mayor cantidad de proteína en las plantas. Tal es el caso, que en un trabajo con pennisetum en Brasil, se demostró, que después de los cuatro meses de edad, los valores de proteína cayeron hasta niveles del 40%; alrededor de los 56 días estos pueden estar en el entorno del 60%, y hasta los 28 días

se hallaron los valores más altos. Por lo que se puede plantear que la calidad nutricional de los pastos varía de forma inversa a la edad de cosecha, debido a que las cantidades de proteína cruda y extracto eterio se reducen en el pasto.

La tabla III.5 muestra el comportamiento en proteína, fibra y la digestibilidad de las cinco accesiones de *Pennisetum purpureum* evaluados. El Morado, mostró diferencia significativa ( $P<0,001$ ) en el % de proteína y la digestibilidad, en los dos periodos. El contenido de fibra durante el periodo lluvioso, fue similar al del CT-169 y el king grass, sin diferencia entre ellos. Chamorro (2002), obtuvo resultados similares a estos con solo 45 días de rebrote, cuando evaluó en el valle cálido del Alto de Magdalena, nueve materiales de *Pennisetum purpureum*; este autor obtuvo la mayor concentración de proteína cruda en las hojas en el clon CT-115(14,93%) superando a todos los tratamientos.

Según Martínez (2004), los reportes internacionales indican, que en el género *Pennisetum purpureum* con rebrotes entre 30 y 40 días de edad, los rangos de proteína cruda en hojas se encuentran entre 12 y 14% similares a los obtenidos en este trabajo, pero con 15 días menos de rebrote.

Tabla III. 5. Calidad de las hojas (%).

Accesión	PB PPLL	PB PLL	FB PPLL	FB PLL	DIG. PPLL	DIG. PLL
K - G	9,79 <sup>a</sup>	8,99 <sup>a</sup>	33,69 <sup>ab</sup>	36,88 <sup>abc</sup>	53,02 <sup>b</sup>	50,89 <sup>b</sup>
OM-22	11,43 <sup>bc</sup>	10,76 <sup>b</sup>	38,62 <sup>c</sup>	35,84 <sup>a</sup>	51,68 <sup>ab</sup>	49,87 <sup>ab</sup>
CT-169	12,04 <sup>c</sup>	10,86 <sup>b</sup>	33,90 <sup>b</sup>	37,95 <sup>c</sup>	50,10 <sup>a</sup>	48,64 <sup>a</sup>
Morado	12,69 <sup>d</sup>	11,70 <sup>c</sup>	31,91 <sup>a</sup>	37,26 <sup>bc</sup>	56,07 <sup>c</sup>	55,51 <sup>c</sup>
CT-115	11,32 <sup>b</sup>	8,61 <sup>a</sup>	38,61 <sup>c</sup>	36,67 <sup>ab</sup>	51,58 <sup>ab</sup>	51,67 <sup>b</sup>
EE(±)	0,21 <sup>***</sup>	0,25 <sup>***</sup>	0,59 <sup>***</sup>	0,38 <sup>**</sup>	0,03 <sup>***</sup>	0,25 <sup>***</sup>

a,b,c,d en la misma columna indican diferencias significativas ( $P<0,05$ )

\*\* $P<0,01$

\*\*\* $P<0,001$

Se ha considerado, que los dos factores que más inciden en la respuesta zootécnica en los rumiantes son el consumo voluntario y la digestibilidad. Teniendo en cuenta esto se hizo un análisis de la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) en hojas, tallos y plantas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Chamorro *et al.* (2011a), para el Napier (41,7%), el resto de las accesiones evaluadas por este autor expresaron valores de digestibilidad en hojas alrededor del 60%. En cuanto a la fibra bruta los valores son similares a los alcanzados

por Martínez *et al.* (1988) cuando estudio la variabilidad intraespecífica de diferentes variedades de *Pennisetum purpureum*.

El OM-22, fue significativamente inferior, al resto de las accesiones en el contenido de fibra y digestibilidad de los tallos en los dos periodos que se evaluaron. Sin diferencias significativas con CT-169 y el Morado presenta los mayores valores de proteína en lluvia y con el Morado en el periodo poco lluvioso (tabla III.6). Esto le permite ser un alimento con características favorables para animales jóvenes y hembras en estado de lactación. El king grass presentó los valores más altos en digestibilidad pero los más bajos en proteína.

Tabla III. 6. Calidad de los tallos (%).

Accesión	PB PPLL	PB PLL	FB PPLL	FB PLL	DIG, PPLL	DIG, PLL
K - G	5,66 <sup>a</sup>	3,86 <sup>a</sup>	37,63 <sup>ab</sup>	40,72 <sup>c</sup>	46,96 <sup>b</sup>	47,91 <sup>b</sup>
OM-22	6,83 <sup>b</sup>	6,93 <sup>c</sup>	36,85 <sup>a</sup>	37,31 <sup>a</sup>	42,44 <sup>a</sup>	46,33 <sup>a</sup>
CT-169	5,56 <sup>a</sup>	6,71 <sup>c</sup>	40,81 <sup>c</sup>	39,50 <sup>b</sup>	43,67 <sup>a</sup>	47,43 <sup>b</sup>
Morado	7,15 <sup>b</sup>	6,44 <sup>c</sup>	37,43 <sup>ab</sup>	43,43 <sup>d</sup>	45,96 <sup>b</sup>	47,27 <sup>ab</sup>
CT-115	5,45 <sup>a</sup>	5,53 <sup>b</sup>	39,25 <sup>bc</sup>	39,61 <sup>b</sup>	46,11 <sup>b</sup>	47,38 <sup>b</sup>
EE(±)	0,18 <sup>***</sup>	0,20 <sup>***</sup>	0,71 <sup>*</sup>	0,34 <sup>***</sup>	0,41 <sup>***</sup>	0,32 <sup>**</sup>

a,b,c,d en la misma columna indican diferencias significativas  
(P<0,05)

\*P<0,05 \*\*P<0,01 \*\*\*P<0,001

Chamorro *et al.* (2011a), reportaron valores superiores en el % de proteína de los tallos del Morado (8,6), y en la digestibilidad del King grass (65,9%). Los resultados en proteína del periodo poco lluvioso de este trabajo fueron similares a los obtenidos por Martínez (1994) cuando hizo este análisis en cinco cortes al año, e inferiores a los obtenidos por Martínez (2012) cuando evaluó en los suelos rojos del ICA las cuatro accesiones de *P. purpureum*.

Teniendo en cuenta, que por el análisis de las variables independientes se hace difícil identificar las mejores accesiones, se realizó un análisis factorial a través de componentes principales empleando el método Varimax (tabla III.7).

La tabla III.8 muestra el impacto de cada una de las dos componentes seleccionadas en las variables para la estimación del rendimiento, cuando se evalúan diferentes accesiones.

Para explicar cada caso hay que referirse también a la selección de las variables que aparecen en la tabla III.7 en la que se aprecian las variables que estuvieron representadas tanto en el CP 1 como en el CP 2.

Tabla III.7. Variabilidad de los componentes principales según el método Varimax.

Variables	CP 1	CP 2
Rendimiento total (t/ha)	0,903	0,429
Rendimiento de hojas (t/ha)	0,989	-0,116
Rendimiento de tallos (t/ha)	0,780	0,614
Altura de las plantas (cm)	0,071	0,994
Valor propio	2,41	1,56
% varianza explicada	60,19	39,06
% varianza acumulada	60,19	99,25

Tabla III.8. Impacto de las variables.

Accesiones	Imp CP 1	Imp CP 2
King grass	1,51172	0,71447
OM-22	0,53252	-1,37864
CT-169	-0,52298	0,76270
Morado	-0,74510	-0,75720
CT-115	-0,77616	0,65867

Según los índices de impacto expresados en la tabla III.8, en el King grass las variables rendimiento total y rendimiento en hojas fueron más eficientes, o sea, que en esta accesión es donde mejor se expresaron las variables del CP1. Mientras que Morado y CT-115 representan las accesiones con el peor comportamiento para rendimiento total y rendimiento en hojas (CP1).

La variable altura de las plantas, que tipifica a la CP2 (tabla III.8) mostró el mayor efecto en las accesiones CT-169 y king grass; mientras que en esta misma componente fue negativo para OM-22, de lo que se deduce que en esta accesión fue donde peor se expresó la variable altura de las plantas.

A partir de los índices de impacto que aparecen en la tabla III.8 se procedió a analizar la existencia de accesiones con comportamientos similares, para que las respuestas de las variables en estudio permitieran estimar en su conjunto el rendimiento de los pastos.

En el proceso de aglomeración se decidió realizar el corte para un valor determinado del coeficiente de disimilitud, el cual se muestra en la tabla III.9, dando lugar a la clasificación del rendimiento y la formación de los grupos.

Para decidir el corte se examinó el historial de conglomeración y se aplicó la regla de seleccionar el coeficiente cuando los valores sucesivos entre los pasos de la conglomeración dieron un salto súbito. La representación espacial del coeficiente de disimilitud es lo que se conoce como dendrograma y según Hair *et al.* (1999) es un estimador cuantitativo que describe el grado de asociación o semejanza entre los elementos comparados.

Tabla III.9. Grupos formados por el análisis Clúster.

Coeficiente de disimilitud	Grupo formado	Accesión
1,05	I	K - G
		CT-169
		CT-115
	II	OM-22 Morado

Los valores promedio de las variables relacionadas con el rendimiento, para cada grupo se presentan en la (tabla III.10)

Tabla III.10. Valores promedio y desviaciones de las variables relacionadas con el rendimiento para cada grupo formado.

Grupo	Rendimiento total (t/ha)		Rendimiento hojas (t/ha)		Rendimiento tallos (t/ha)		Altura (cm)	
	x	DS	x	DS	X	DS	x	DS
I	32,27	4,30	13,07	1,27	19,10	2,77	133,90	2,01
II	28,85	2,19	13,10	0,99	15,60	1,27	115,55	3,75

En el grupo I se encontró el valor promedio más alto para las variables rendimiento total, rendimiento en tallos y altura de la planta; la primera está dentro de las identificadas en la CP 1 como las de mayor variabilidad, al igual que la última variable mencionada que tipificó a la CP 2. En la tabla III.8 se refleja que el mayor valor positivo del índice de impacto (ImpCP1) se observó en king grass, mientras que esta misma accesión y CT-169 mostraron los mejores comportamientos para Imp CP 2, ambas son accesiones pertenecientes al grupo I. El grupo II agrupó a las accesiones que no sólo fueron de menor altura, sino que también exhibieron los menores valores de rendimiento total y rendimiento en tallo (tabla III.10). A este grupo pertenece OM-22, accesión que exhibió el valor más alto negativo para el índice de

impacto en la CP2, componente tipificada por la variable altura. Tanto OM-22 como Morado (grupo 2) presentaron valores negativos del índice de impacto en las dos componentes (tabla III.8).

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico el grupo I formado por las accesiones king grass, CT-169 y CT-115 presentaron un mejor comportamiento de las variables relacionadas con la estimación del rendimiento de las plantas; sin embargo, el grupo II con un resultado más bajo estuvo integrado por accesiones con un mayor porcentaje de hojas (45,4 para el II y 40,5% para el I respectivamente), además de presentar una mayor calidad. En este sentido los valores de PB del OM-22 fueron más altos que los hallados por Ramos, Canol y Duarte (2013) cuando emplearon una dosis mayor de fertilización nitrogenada, lo que avala a esta accesión como promisoría para las condiciones en que se evaluó.

## **CONCLUSIONES**

Desde el punto de vista productivo las mejores accesiones fueron el OM-22 y el Morado, que presentaron una mayor proporción de hojas con relación al rendimiento total de MS y se destacaron por su contenido de PB y una digestibilidad aceptable.

El comportamiento en rendimiento y calidad de las accesiones contribuyó a demostrar las potencialidades productivas de los pennisetum en los suelos de la localidad.

## **RECOMENDACIONES**

Seguir evaluando a más largo plazo estas accesiones en los dos periodos, para conocer mejor sus potencialidades.

Elaborar una estrategia para minimizar, tanto como sea posible, el uso de insumos externos (concentrados y materias primas) a partir del incremento de producciones de forrajes de OM-22 y Morado.

Extender estos resultados a otras empresas y fincas agropecuarias del país para estimular el establecimiento de accesiones de la especie estudiada y así lograr la sostenibilidad alimentaria de los sistemas agropecuarios.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Academia de Ciencias. 1970. Atlas Nacional de Cuba. Academia de Ciencias. Cuba-URSS.
- Academia de Ciencias. 1973. Genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana
- Alvares, J. L. 2010. Manual de pastos y forrajes. ACPA. La Habana. p. 6
- Alves dos Santos, E.; Silva, D. S. & Queiroz-Filho, J. L. 2001. Composición química de *Pennisetum purpureum* Schum.cv. Roxo cortados a diferentes alturas. *Rev. Bras. Zootec.* 30:12
- Anon. 2005. Por la recuperación de la ganadería. Comisión Ministerial No.2. Informe MINAG. Ciudad de La Habana. p. 36
- Anon. 2011. *Pennisetum purpureum*. Especie forrajera multipropósito. [http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum\\_purpureum.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum_purpureum.htm). [15/07/2011]
- Anon. 2013. Archivo histórico. Estación Meteorológica Jagüey Grande. Cuba
- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C. 1298 p.
- Araya, M. & Boschini, C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1):37.
- Armstrong, D. V. 1993. Environmental modifications to reduce heat stress. Proc. 1<sup>st</sup> Annual Western Large Herd Management Conference. Las Vegas, Nevada. p. 7.
- Bogdan, A. V. 1966. Plant introduction, selection, breeding and multiplication. In: W. Davier y C. L. Skidmore (Eds). *Tropical Pastures*. Faber & Faber. London. p. 75
- Bogdan, A. V. 1977. *Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes)*. Tropical Agriculture Series. Longman Group Limited. London. p. 475
- Burkill, H. M. 1994. *The useful plants of West Tropical Africa*. Royal Botanic Gardens. Kew, United Kingdom. p. 636.
- Burton, G. W. 1986. Biomass production from herbaceous plants. In: *Biomass energy development*. Plenum Press. New York and London. p. 45

- Cabrera, L. 1982. Bases ecológicas de la producción animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Guayaquil. Serie Cuadernos de Zootecnia No. 2 Ecuador. p. 115.
- Carrasco, E.; García López, R.; Martínez, O.; Enrique, A. V. & Font, D .2000. Comparación entre el pasto Cuba CT-115 y el pasto estrella en la producción de leche bovina. Nota técnica. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 34:115
- Castro, F. 1963. Discurso pronunciado a los alumnos de las escuelas de auxiliares de administración en el Teatro “Chaplin”, el 2 de octubre de 1963. Departamento de Versiones Taquigráficas del Gobierno Revolucionario-14-3
- Catasús, L. 1997. Manual de Agrostología. Editorial Academia. La Habana. p. 98.
- Chacón-Hernández, P. A. & Vargas-Rodríguez, C. F. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*. 20 (2):399
- Chamorro, D. 2002. Importancia de la proteína en la nutrición de los rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. Memorias, Seminarios, Taller Internacional sobre manejo de la proteína en protección de ganado bovino. CORPOICA, ACCI, Ministerio de la Agricultura. Colombia. 8 p. <http://www.corpoica.org.co>.
- Chamorro, D.; Parra, M. H.; Ramírez, M.; Herrera, C.; Velazco, D.; Moreno, J.; Castillo, F. y Rodríguez, E. 2011. Evaluación morfofisiológica y producción de biomasa de materiales de *P. purpureum* como componente herbáceo de sistemas silvopastoriles. ACCI, Ministerio de la Agricultura. Resultados proyecto. Evaluaciones, selección e incorporación de nuevos materiales de especies forrajeras en sistemas de producciones ganaderas en el trópico bajo colombiano. Colombia. p. 1.
- Chamorro, D.; Rey, A. M.; Díaz, Jennifer; Velazco, D.; Moreno, J.; Piraqueve, Angélica; Castillo, F. H.; Rodríguez, Esperanza; Brandon, S. R.; Medina, Natali; Álvaro, P.; Meléndez, Paola; Heredia, C.; Vargas, Jeannette; Villalobos, Clara; Mejía, B.; Quintero, J.; Díaz, E.; Ramírez, W.; Ramírez, Teresa & Rincón, D. 2011a. Fraccionamiento de la proteína y DIVMS de materiales de pasto elefante *P. purpureum* Shum. Resultados proyecto. Evaluaciones, selección e incorporación de nuevos materiales de especies forrajeras en sistemas de producciones ganaderas en el trópico bajo colombiano. Colombia. p. 1.

- CITMA. 1998. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en la República de Cuba. La Habana. p. 3.
- CITMA. 2003. Agencia de Medio Ambiente. Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba. La Habana. p. 5.
- Clavero, T. & Urdaneta, R. 1997. Crecimiento del sistema radical del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 14:657
- Cordoví, E.; Herrera, J. & Sarroca, J. 1980. Producción y utilización del king grass en suelos pardos tropicales. *Pastos y Forrajes*. 3:41
- Crespo, G. & Lazo, J. 2001. Estudio de la biomasa de raíces de *C. nlemfuensis*, *P. maximum* y *D. anulatum* y su aporte de nutrientes. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 35:277.
- Crespo, G. 2006. Producción de biomasa de pastos tropicales. Conferencia. Instituto de Ciencias Animal. La Habana. p. 171.
- Crespo, G.; Herrera, R. S. & Martínez, O. 2003. Principales factores que influyen en la producción y calidad de biomasa de gramínea. Producción de biomasa en el trópico. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. [CD-ROM]
- Cruz, R.; Sosa, H.; Herrera, R. S. & Martínez, R. O. 1993. Identificación electroforética de *P. purpureum* cv. King grass. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 27:219
- Días-Filho, M. 2003. Degracao de pastagens. Procesos, causas e estrategias derecuperacao. EMBRAPA Amazonia Oriental Ministerio de Agricultura Pesca e Abastecimento. Belém, Brasil. p. 62.
- Dos Reis, S. T. 2006. Fraccionamiento y degradabilidad ruminal de proteína de forrajes del género *Cynodon*. Tesis Dr. Cs. Universidad de Lavras. Minas Gerais, Brasil. p. 124.
- Duthil, J. 1967. Producción de forrajes. (Ed. J. I. de La Vega). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p. 12.
- Duncan. 1955. Multiple range and multiple F. test. *Biometrics*. 11:1
- Espinosa, F.; Argento, P.; León, J. C. & Perdomo, E. 2001. Evaluación del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas. *ZootecniaTropical*. 19:59
- FAO. 2008. La biodiversidad en los agro-ecosistemas. <http://www.fao.org/biodiversity/ecosystems/bioagroecosytems/es/>. [17/07/2008]

- Febles, G. J. & Herrera, R. S. 2005. Introducción y características botánicas. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. (Eds. R. S. Herrera, J. G. Febles y G. J. Crespo). EDICA. La Habana. p. 2.
- Franco, R.; Vargas, S. y Silveira, E. A. 2005. Influencia del banco de proteínas y del clon CT-115 (*Pennisetum purpureum*) para el pastoreo, sobre algunos indicadores productivos de una vaquería destinada a la producción de leche. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET.6 (11). <http://www.veterinaria.org/revista/redvet>.
- Freitas, N. S. A. de Falcão, T. M. M. de A.; Burity, H. A.; Tabosa, J. N. & Silva, M. V. da. 2000. Characterization and genetic diversity of elephant grass cultivars and their hybrids with millet through isoenzymatic patterns. *Pesq. agropec. bras.* 35 (6):1125. <http://dx.doi.org/10.1590/50100204x2000000600008>. [15/08/2011].
- Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI). 1986. Pastos. Serie Petróleo y Agricultura. No. 10. p. 112.
- Funes, F. 1977. Introducción y evaluación de gramíneas en Cuba. Tesis Dr. Cs. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 9.
- Funes, F. 1986. Los pastos y el desarrollo ganadero en Cuba. En: Los Pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana
- Funes, F. 2002. Sostenibilidad en la actividad agropecuaria. El enfoque agroecológico en el nuevo milenio. Conferencia en curso de ganaderos. Oaxaca, México. p. 7.
- Funes, F. y Paretas, J. J. 1986. IIPF. MINAG. ACPA. 4:37
- Funes, F.; Yepes, S. & Hernández, A. 1971. Estudios de introducción de pastos en Cuba. I. Principales gramíneas para corte, pastoreo y tierras bajas. Memorias EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 17
- Funes-Monzote, F. R. 2009. Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 176.
- García, L. 1996. Diagnóstico de sistemas agrícolas. Agroecológica y agricultura sostenibles. Módulo 1. CLADES-CES-ISCAH. La Habana. p. 162.
- García, L. 2011. Evaluación del potencial forrajero de cuatro cultivares de *P. purpureum* en un suelo Pardo de la región central de Las Tunas. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba. p. 77.
- Geiss, I. W. 1978. Biogenic opal in three species of gramineae. *Ann. Bot.* 42:119

- Gerardo, J. & Oliva, O. 1982. Evaluación zonal de pastos introducidos en Cuba. VIII. Pastoreo con riego y fertilización. *Pastos y Forrajes*. 5:25
- Gerardo, J.; Rodríguez, R. & Solano, J. C. 1982. Evaluación zonal de pastos introducidos en Cuba. IX. Condiciones de secano, San Cristóbal. *Pastos y Forrajes*. 5:19
- Gómez, C. H.; Nahed, T. J.; Tewolde, A.; Pinto, R. & López, J. 2006. Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Técnica Pecuaria en México*. 44 (2):133
- González, A. M. 2005. Morfologías de las plantas vasculares. Subestructura de la pared celular. Conferencia del curso de Botánica morfológica. <http://www.biologia.edu.ar/botanica/3paredcelular.htm>. [05/07/2010]
- Gulich, P.; Hershey, C. & Alcázar, J. 1983. Genetic resources of cassava and wild relatives. FAO, IBPGR. Rome. p. 56.
- Guzmán, P. 1983. La planificación pecuaria en Venezuela. Dirección de Información y Relaciones Públicas de la Gobernación del Distrito Federal. Caracas. p. 234.
- Hair, J. K.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. & Black, W. C. 1999. Analysis multivariate. 5a. ed. Prentice Hall Iberia. Madrid. p. 832.
- Hernández, A. *et al.* 1999. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Agrinfor, MINAG. La Habana. p. 64.
- Hernández, Neice & Hernández, J.E. 1984. Evaluación inicial de 19 gramíneas. *Pastos y Forrajes*. 7:23
- Herrera, R. S.; Cruz, R. & Martínez, R. O. 1993. Estudio de mutantes de King grass (*Pennisetum purpureum*) obtenidos mediante técnicas nucleares y mutagénicas. II. Indicadores morfológicos. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 27:213
- Herrera, R. S. & Martínez, R. O. 2005. Mejoramiento genético por vías no clásicas. Capítulo II. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical (Eds. R. S. Herrera, G. J Febles y G. J. Crespo). EDICA. La Habana. p. 28
- Herrera, R. S.; Martínez, R. O.; Tuero, R.; García, M. y Cruz, A. M. 2002. Movimiento de sustancias durante el pastoreo y rebrote del clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). *Rev. cub. Cienc. agríc.* 36:417

- Herrera, R. S.; Martínez, R. O.; Tuero, M. & Gracial, Dortan. 1994. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*S. officinarum*) para la ganadería tropical. I. Rendimientos. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 28:229
- Herrera, R. S. & Ramos, N. 2005. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical (Eds. R. S. Herrera, G. J. Febles y G. J. Crespo). EDICA. La Habana p. 108.
- Hertentains, C. L. A.; Troetsch, S. O. & Santamaría, E. 2009. Manejo y utilización de cultivos *Pennisetum purpureum* en fincas lecheras de las tierras altas de Chiriquí. Inst. Inv. Agrop. Panama. Rev. Técnica: CRT-CIA. p. 1.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L.; Pancho, J. V. & Herberger, J. P. 1977. The World's worst weeds. East-West Center. Honolulu, Hawaii. p. 609.
- Ibarra, G. & León, G. 2001. Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en condiciones de secado. <http://buendato.ning.com/profile/SergioAndresQuinonezRojas.htm>
- Instituto de Meteorología 2005. Pronóstico del tiempo. <http://www.met.inf.cu/asp/genesis.asp?> [25/10/2010]
- Jung, H. G. & Vogel, K. P. 1992. Lignification of Swith sh grass (*P. virgatum*) and big bluenten (*Andropogon geraldie*) plant parts. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 59:169
- Laurie, G.S. 2010. *Cubasolar.* (50)
- Lauzan, J. R.; Vento, H.; Herrera, R. S.; Martínez, R. O. & Cruz, R. 1990. A study of the green pigments and carotenoids in king grass somaclones. II. Dry period. *Cuban J. Agric. Sci.* 24: 231
- Long, R. W. & Lakela, O. 1971. A flora of tropical Florida. University of Miami Press. Coral Gables, USA. p. 962.
- Machado, R.; Cáceres, O. & Miret, R. 1983. *Pennisetum purpureum* cvs. Taiwán A-144, A-146, A-148 y 801-4. *Pastos y Forrajes.* 6:143
- Machado, R.; Lamela, L. y Gerardo, J. 1979. Hierba de elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach). *Pastos y Forrajes.* 2:157
- Márquez, F. J.; Sánchez, D.; Urbano A. & Dávila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Tropical.* 25 (4):253

- Martínez, J. 2004. Substituição do moído fino por polpa cítrica peletizada na concentrada de vaca leiteira mantidas em pastagens de capim elefante durante o outono-inverno. Tesis de Maestria em Agronomia, Área de Concertação Ciência animal e pastagens. Escuela Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Brasil. p. 122.
- Martínez, R. O. 1999. Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. En: Memorias del curso: Estrategia de alimentación para ganado bovino en el trópico. (Ed. F. Delgado, R. O. Martínez y O. S. Fundora). Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 119
- Martínez, R. O. 2002. Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. En: Estrategias de alimentación para el ganado bovino en el trópico. ICA. La Habana. p. 119
- Martínez, R. O. 2012. Recopilación de resultados obtenidos con nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en el Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 20.
- Martínez, R. O. & Herrera, R. S. 2005. Empleo del CUBA CT-115 para solucionar el déficit de alimentos. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. EDICA. La Habana. p. 221.
- Martínez, R. O. & Herrera, R. S. 2006. Empleo del CUBA CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. (Ed. María E. Velasco; A. Hernández, R. Perezgrovas y B. Sánchez). Universidad Autónoma de Chiapas, México. p. 75.
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Cruz, R. & Torres, Verena. 1996. Cultivo de tejido y fitotécnia de las mutaciones. *Pennisetum purpureum*: otro ejemplo para la obtención de nuevos clones. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 30:1
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Cruz, R.; Monsote, L. & Morffi, N. 1988. Evaluación de clones de king grass obtenidos por cultivos de tejidos. I. Demostración de la variabilidad obtenida. XI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana. p. 73
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Cruz, R.; Tuero, R. & García, M. 1994. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción animal en el trópico. I. Rendimientos. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 28:221

- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Monzote, Marta & Cruz, R. 1990. Obtención de mutantes utilizando el cultivo de tejidos y otras técnicas. En: King grass: plantación, establecimiento y manejo en Cuba. (Ed. R. S. Herrera). EDICA. La Habana. p. 11
- Martínez, R. O.; Tuero, R.; Torres, Verena & Herrera, R. S. 2010. Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y King grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 44:189
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. y Padilla, C. 2009. Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp.). *ACPA.* 2:44
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. T. & Padilla, C. 2010. Conozca las variedades de hierba elefante Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp.). *ACPA.* 2 (3):1.
- Mejía, M. M. 1984. Nombre científico y vulgar de especies forrajeras tropicales. CIAT. Cali, Colombia. p. 75.
- Mejías, R. A. 2004. Estudio de un sistema diversificado con gramíneas leguminosas y árboles y su impacto en la producción de hembras bovinas para la reposición. Tesis presentada en opción al título de Máster en ciencias en la producción de rumiantes. ICA. La Habana. p. 12.
- Meléndez, I. L.; Giraudy, G. I. & Iglesias, O. 2000. *Pennisetum purpureum* cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. *Rev. Prod. Anim.* 12:17.
- Mendoza, E. P. & Stanley, C. S. 1987. Producción y utilización de king grass y otros *Pennisetum* para la producción de carne y leche. Departamento de Agronomía, Universidad de Florida. Gainesville. p. 10.
- Milera, Milagros, Hernández, D.; Lamela, L.; Senra, A.; López, O. & Martín, G. J. 2008. Sistemas de producción de leche. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. (Ed. Milagros Milera). EEPF "Indio Hatuey", Universidad San Carlos. Guatemala. p. 341
- Navas, W. N. 2003. Técnicas en la producción de ensilaje. *PROAGRO.* 28:11
- Nogueira Filho, J. C. M.; Fondevila, M.; Barrios, A. & Gonzales, M. 2000. *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at on advanced maturity stages. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 83:145

- Ojeda, F.; Pino, Bárbara, N.; Lamela, L.; Santana, H. & Montejo, I. 2010. Estudio de un ciclo de ceba con una dieta integral a base de forraje hollejo de cítricos. 1. Efecto de la calidad del forraje. *Pastos y Forrajes*. 33:81
- Olivera, Yuseika. 2004. Evaluación y selección inicial de accesiones de *Brachiaria* spp. para suelos ácidos. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 56 p.
- Padilla, C. 2002. Métodos de laboreo y fertilización química del suelo en la recuperación de un área forrajera de guinea *Panicum maximum* Jacq). *Rev. cub. Cienc. agríc.* 36 (2):173.
- Padilla, C. & Ayala, J. R. 2005. Plantación y establecimiento. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. (Eds. R.S. Herrera, J.G. Febles y G.J. Crespo). EDICA. La Habana. p. 40.
- Paretas, J. J. 1990. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. La Habana. p. 178.
- Pereira, A. 1994. Germoplasma e diversidade genética do capim elefante. Em: Anais II Simpósio sobre capim-elefante. (L. P. Passos, L. De Almeida e C. E. Martins). EMBRAPA-CNPGL. Minas Gerais. p. 171
- Pérez, F. 1990. Efectividad de la aplicación de fertilizantes minerales en tabaco, en dependencia del grado de cultivación y la humedad del suelo. *Cultivos Agroindustriales*. 1 (3):3.
- Pérez-Infante, F.; Jordán. H. & Rodríguez, V. 2008. Balance alimentario necesidad del técnico nutricionista. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 7.
- Pezo, D. 1997. Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche. En: Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, La Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela. p. 53
- Pinto, R. R.; Gómez, C. H.; Medina, F. J.; Hernández, A.; Guevara, F.; Martínez, B. & Hernández, D. 2008. Árboles forrajeros de Chiapas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 115 p.

- Pizarro, E. 2001. Grasses and legumes for tropical zones. VII Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. (Eds. R. Tejos, C. Zambrano, L. Marcilla y W. García). p. 151
- Pinzón, B. R. & González, J. 1978. Evaluación del pasto elefante Panamá bajo diferentes intervalos de cortes y dosis de fertilización con N. *Ciencias Agropecuarias (Panamá)*. 1:29
- Ramírez, J.; Verdecia, D. & Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del pennisetum Cuba CT-169 en un suelo pluvisol. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 9 (5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>. [12//09/2011]
- Ramos, O.; Canol, J. R. & Duarte, F. J. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizados con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. *Biociencias*. 2 (2):60
- Reynolds, S. G.; Batello, C.; Boos, S. & Mack, S. 2005. Grassland and forage to improve livelihoods and reduce poverty. In: Grassland a global resource. (Ed. D. A. Mc Gilloway). XX International Grassland Congress. Dublin. p. 323
- Ribas, M.; Gutiérrez, M.; Évora, J. C. & García, R. 1999. Factores ambientales y parámetros que afectan la producción de leche en cuba. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 33:245
- Rodrigues, L. R. A.; Rodrigues, T. J. D.; Reis, R. A. & Soares Filho, C. V. 2006. Avaliação de características fisiológicas de cinco cultivares de *Cynodon*. *Acta Sci. Anim. Sci.* 28:245
- Rodríguez, N.; Araujo-Febres, O. & Gonzales, B. 2004. Efecto de la adición de urea sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de heno *Brachiaria humidicola* Rendle Schweick cosechado a diferentes edades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 10:5
- Rojas, A.; Palavicini, G. & Sánchez, R. 2009. Mezclas de *Pennisetum purpureum* var. King grass con pseudo tallo de guineo morado (*Musa* spp.) como fuente de forraje de vacas en producción durante la época seca. *Agronomía Costarricense*. 12 (2):237
- Rojas, S. 2009. Análisis bromatológico pasto elefante Morado (*Pennisetum purpureum*). <http://buendato.ning.com/profiles/blogs/analisis-bromatologico-pasto.pdf>
- Rosthoj, S. I. & Branda, L. N. 2001. Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *Pennisetum purpureum* y variedades. *Revista de Ciencia y Tecnología*. UNA. 1:83

- Saliba, E. O. S.; Mauricio, R. M.; Souza, L. F.; Maurem, G. R.; Rodríguez, M.; Borfin, I. F. & Araujo, L. 2005. Shadow influence of the tree ipefelpudo (*Zecharia tuberculosa* Vell. Bur. on composition of phydroxybenzaldehyde, vanillin, and siringaldehyde in the lignin conted of *Brachiaria brizanta* cv. Marandú. I Congreso Internacional de Producción Animal. Convección Animal Tropical. La Habana. [CD-ROM]
- Santana, Á. A.; Pérez, A. & Figueredo, María E. 2011. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 48 (3):277
- Senra, A. 1990. Uso en la producción animal. I H: Herrera, R. (Ed).En: King grass. plantación, establecimiento y manejo en Cuba. EDICA. La Habana. p. 193.
- Senra, A. 2000. Sistemas de alimentación y manejo para la producción de leche en el trópico americano. En: Utilización de pastos y forrajes. VII Congreso Panamericano de la Leche. p. 74
- Shibuya, N. 1999. Comparative studies on the cell wall polymers obtained from different parts of rice grains. In: Plant cell wall polymers. American Chemical Society. USA. p. 332
- Silva, J.; Rodríguez, M. & Campos, J. 1999. Desempenho de cabras leiteinas recebendo dietas com diferentes relacoes volumoso: concentrado. *Rev. Bras. Zootec*. 28 (6):1412
- Skerman, P. J. & Riveros, R. 1990. Tropical grasses. FAO Plant Production and Protection. Series 23. FAO. Rome. p. 832.
- Torres, V.; Benítez, D.; Lizazo, D. & Álvarez, A. 2007. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. XI Conferencia Española de Biometría y I Encuentro Iberoamericano de Biometría. Universidad de Salamanca. España. p. 225.
- Valdés, G.; Crespo, G. & Castillo, F. 1992. Influencia de las aplicaciones combinadas de estiércol líquido y la fertilización nitrogenada en el comportamiento del pastizal y los animales. *Rev. cub. Cienc. agríc*. 26:33
- Valdés, L.R.; Ruíz, R.; González, J. y Álvarez, A. 1996. Evaluación de un sistema intensivo de explotación de pastos para la producción de leche a escala comercial. En: X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p-17.
- Van Soest, P.I. 2002. Nutritional al ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup> ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca and London. p. 50.

- Vásquez, E. & Torres, S. 1990. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. p. 463.
- Vilela, H.; Vilela, D.; Barbosa, F. A. & Benedetti, E. 2002. Anais da XXXLX Reunião Anual de Sociedade Brasileira de Zootecnia. URPE. Recife, Brasil. [CD-ROM]
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariada. Vol. II. Mc.Graw-Hill/Interamericana de España, S.A.V. p. 358.
- White, R.; Murray, S. & Rohweder, M. 2000. Pilot analysis of global ecosystems (PAGE) grassland ecosystems. World Resources Institute (WRI).Washington D.C.