

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



DIGESTIBILIDAD *in vitro* DEL PASTO MORADO (*Pennisetum purpureum*) A
DIFERENTES INTERVALOS DE CORTE.

POR:

ALFREDO EMMANUEL SOSA ARREDONDO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE PASTO MORADO (*Pennisetum purpureum*) A
DIFERENTES INTERVALOS DE CORTE.

Por:

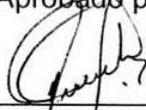
Alfredo Emmanuel Sosa Arredondo

Tesis

Que somete a la consideración del Honorable Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobado por:



Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez

ASESOR



M.C. Manuel Torres Hernández

CO ASESOR



Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa

CO ASESOR

El coordinador de la División de Ciencia Animal



M.C. Lorenzo Suárez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"



DEDICATORIA

A mi madre María de Lourdes Arredondo Rodríguez por haberme dado la vida y estar siempre en cada momento a mi lado apoyándome demostrándome su cariño y dándome todo su amor; a mi padre Alfredo Sosa Muñoz por todos sus consejos y el apoyo que siempre me brindo para que pudiera realizar y terminar mis estudios profesionales.

A mi hermana Brisa Marisol Sosa Arredondo por todas las convivencias que pasamos siempre juntos agradezco el apoyo que me brindaste y sobre todo la tolerancia inagotable que ayudo a pasar aquellos momentos difíciles en que nos volvíamos presas del agobio de nuestras diferencias.

Al amor de mi vida, amiga y compañera a mi novia Rosa Beatriz López por estar a mi lado siempre apoyándome, tu ayuda y comprensión me brindaron momentos de paciencia y tranquilidad a un en esos instantes de importuna que parecían dominarme. Logramos una meta, nos quedan muchas más por delante. Te amo.

A toda mi familia a mis abuelitas Ma. Del Socorro y Agapita Muñoz por todo ese amor inagotable que sienten por todos sus hijos y nietos; a mis abuelitos †simón Arredondo y †Alejandro Sosa que Dios los tenga en su gloria, a mis tíos, primos y especialmente a mi primo †Javier Francisco Arredondo Verdugo; tu vida fue truncada en medio de esta ola de violencia que sufrimos, cegando por completo todos tus sueños y metas, una vida de esfuerzos que iba colectando logros a cada paso que dabas, fuiste para muchos solo una estadística más de esta guerra sangrienta contra el crimen organizado, yo se que fuiste victima de tu propia responsabilidad ya que te encontrabas en el momento y lugar adecuado donde siempre quisiste estar, superándote dentro de esa casa de estudios donde no debe haber cabida para las armas y las balas solamente para el conocimiento. Tu familia siempre te recordara como el muchacho responsable, inteligente, alegre y sin duda alguna como el mejor ejemplo a seguir. Dios te bendiga.

A la familia López Ramírez con cariño.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres María de Lourdes Arredondo Rodríguez y Alfredo Sosa Muñoz por darme la vida y enseñarme el camino de lo correcto gracias por dejarme aprender todas aquellas cosas buenas de ambos por todo su ánimo y firme apoyo que me brindaron durante esta vida por el respaldo que me han dado estos años por haber estado ahí siempre que los he necesitado.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” mi Alma Terra Mater por haber permitido que me desarrollara académicamente dentro de sus instalaciones sin duda me quedan los recuerdos más agradables en mi vida escolar.

Al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto agradezco su amistad, su tiempo y sobre todo que haya revisado mi investigación.

Al M.C. Manuel Torres Hernández, le agradezco su amistad y todos los consejos que me dio durante mi carrera que fueron de mucha utilidad así como su apoyo incondicional durante la realización de la presente tesis.

Al Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa, mi más sincero agradecimiento por el trabajo que realiza gracias por permitirme participar en esta investigación y por haberme proporcionado el material para realizarla.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	x
1.	
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Uso del <i>Pennisetum purpureum</i>	3
Origen y descripción botánica del <i>P. purpureum</i> var. CT-115 y OM-22.....	4
Adaptación ambiental.....	5
Método y densidad de siembra.....	7
Rendimiento.....	7
Factores que afectan el rendimiento.....	9
Valor nutritivo.....	11
Composición química.....	11
Digestibilidad y factores que la afectan.....	15
3. MATERIALES Y METODOS.....	19
Localización del área de estudio.....	19
Descripción de los tratamientos.....	20
Procedimiento experimental.....	20
Análisis Estadístico.....	21

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
Tasa de degradación <i>in vitro</i> del Pasto <i>Pennisetum purpureum</i>	22
5. CONCLUSIONES.....	25
6. LITERATURA CITADA.....	26
7. ANEXO	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
2.1. Efecto de las frecuencias de corte sobre los indicadores morfológicos agronómicos del clon cuba CT-115 en la Zona Centro- Norte de Yucatán.....	6
2.2. Rendimiento de materia seca (t ha ⁻¹) acumulado por año.....	8
2.3. Efecto del intervalo de corte sobre los índices bromatológicos de los cultivos de Taiwán estudiados a distintas edades de corte.....	12
2.4. Contenido de proteína bruta (PB) (g kg ⁻¹ de MS) de variedades mejoradas, sin fertilización del <i>P. purpureum</i>	13
2.5. Efecto de la altura e intervalo de corte sobre la composición mineral del capim- elefante enano.....	14
2.6. Digestibilidad <i>in vitro</i> de variedades de pasto <i>P. purpureum</i> a diferentes edades de corte.....	16
2.7. Digestibilidad de la MS del nopal in natura adicionado con subproductos de cervecería y melaza, en seis tiempos de incubación (%).....	18
4.1. Digestibilidad de planta completa del pasto morado a diferentes intervalos de corte.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
4.1. Digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto morado diferentes intervalos de corte.....	24

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de Producción Animal. El objetivo fue evaluar la digestibilidad del pasto *Pennisetum purpureum* de planta completa a diferentes intervalos de corte (T1=60, T2=75, T3=90, T4=105 T5=120 días). Utilizando un diseño experimental completamente al azar con igual número de repeticiones, las horas en que fue llevada a cabo la digestibilidad fueron 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96.

Los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales en las horas 24, 48 y 72 y las 0 y 3 hrs tuvieron una diferencia significativa a las demás. Respecto al tratamiento 3 la más alta digestibilidad se encontró a las 72 hrs. con 77.02% y la más baja a las 0 y 6 hrs con 32.96% y 33.36% respectivamente sin embargo en este tratamiento y en el 4 no se encontraron diferencias en las 24 y 72 hrs y a las 3 hrs de incubación la digestibilidad se mostró muy baja con 34.28%.

A las 48 y 72 hrs de incubación no se encontró diferencia según Tukey ($P>0.005$) con respecto a los tratamientos 4 y 5, pero este último no tuvo diferencia en el tratamiento entre las 24, 72 y 96 hrs.

Palabras clave: Pasto morado (*Pennisetum purpureum*), fecha de corte, tasa de degradación *in vitro*.

ABSTRACT

This study was conducted at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. The objective was to evaluate the in-vitro digestibility of the whole plant of *Pennisetum purpureum* at different cutting intervals (T1=60, T2=75, T3=90, T4=105 T5=120 days). A completely randomized design with equal number of repetitions was used. Digestibility was carried out at 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hr.

Treatments 1 and 2 were equal at 24, 48 and 72 hr. and 0 and 3 hours had a significant difference to other times. With respect to treatment 3 the highest digestibility was found at 72 hr. (77.02%) and the lowest at 0 and 6 hours with 32.96% and 33.36%, respectively, however, in this treatment and in treatment 4 no differences were found at 24 and 72 hr. Digestibility was very low at 3 hr of incubation with 34.28% .

At 48 and 72 hr. of incubation no differences were found according to Tukey test ($P > 0.005$) with respect to treatments 4 and 5, but the latter showed no difference in treatment between 24, 72 and 96 hr.

Keywords: Purple grass (*Pennisetum purpureum*), cutting date, rate of degradation in vitro.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las principales fuentes de recursos alimenticios y económicos del mundo, gran parte se ubica en el trópico y la más importante fuente de nutrientes para estos animales son los forrajes. Así, bajo estas condiciones, el pastoreo, su oferta y su calidad es el medio dinamizante del que se sirve el animal para manifestar su producción (Giraldo, 1996).

Las características climáticas de las regiones tropicales y subtropicales provocan un gran desbalance estacional en la producción de pastos y forrajes con una marcada depresión de los rendimientos en la época poco lluviosa (Herrera, 1997).

Esta situación llevo a la búsqueda de nuevas acciones, encaminadas a mejorar la estructura, calidad y potencialidad de producción de alimento para el ganado, entre las que se destaca los programas de introducción y evaluación de nuevas variedades de pastos y forrajes mejor adaptadas al clima. Como el *Pennisetum purpureum* (Martínez et al., 1998).

Existen factores que pueden afectar la digestibilidad de los pastos entre los que se encuentran: la especie o variedad, parte de la planta y estado de maduración o edad y las condiciones climáticas. Herrera (1981, 1983) y Ramos et al (1987), señala que a medida que aumenta la edad del rebrote se produce una disminución de calidad del pasto debido al aumento de carbohidratos y la disminución de PB y la digestibilidad.

Una de las formas de evaluar los alimentos es a través de la determinación de la digestibilidad, por lo tanto los objetivos del presente estudio fueron: Determinar la digestibilidad, *in vitro* del pasto *Pennisetum purpureum* a diferentes intervalos de corte ($t_1= 60$, $t_2= 75$, $t_3=90$, $t_4= 105$, $t_5=120$ días) y diferentes tiempos de incubación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Uso del *Pennisetum purpureum*

Las investigaciones realizadas durante décadas anteriores, sobre el uso y mejoramiento de distintas variedades de *P. purpureum* han apostado al desarrollo de técnicas de cultivo *in vitro* o mutagénicas con la finalidad de obtener híbridos capaces de adaptarse a distintas condiciones edafológicas y climáticas del trópico, donde existe un gran número de variedades de *P. purpureum* que se han venido incorporando en los sistemas de producción animal (Martínez et al., 1989) siendo la inclusión de esta especie un punto de partida en el reto de la ganadería tropical moderna, que busca incrementar la producción de carne y leche, así como disponer de biomasa forrajera en cualquier época del año (Martínez et al., 1996).

La producción de forraje, contenido de nutrientes y digestibilidad han sido los factores más importantes a tomarse en cuenta para incluir esta especie en los sistemas de producción animal (Ibarra et al., 2001), ya que contribuyen a mejorar la ración y la disponibilidad de biomasa, por lo tanto la degradación de sus componentes depende de la edad al corte.

En Yucatán se han validado ecotipos, cuya composición química varía en el manejo del cultivo, la parte de la planta analizada y su uso en rumiantes (Gamarra, 1985; Villanueva, 1992; López, 1994).

El CT-115 y OM-22 (*P. purpureum*) son gramíneas que han despertado mucho interés en los propósitos de especialistas en nutrición animal y productores de rumiantes, que usan la tecnología de bancos de biomasa con bajo uso de insumos externos y con la respuesta productiva que demanda la población actual (Martínez, 2001).

Origen y descripción botánica del *P. purpureum* var. CT-115 y OM-22

En la década de 1980, en Cuba se utilizó el cultivo de tejidos como técnica mutagénica a partir de callos embriogénicos provenientes de conos apicales de King grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) (4x =28) en el cual se obtuvieron 12 clones diferentes al progenitor; siendo uno de estos el Cuba CT-115 con características que permitieron su utilización en pastoreo (Martínez et al., 1986). El OM-22 es una variedad inducida por el cultivo de ápices y callos en medios sólidos tratados con fitohormonas naturales, por lo tanto no es un transgénico, conserva las características del genoma de su especie con 14 pares de cromosomas (Martínez et al., 1996). La principal característica distintiva de ambas especies está determinada por un gen para el acortamiento de los entrenudos, que se pone de manifiesto después de los 90 días de edad. El OM-22, es una contribución al fondo genético en especial para la tecnología de bancos de biomasa y en el caso del CT-115, se puede usar como bancos y pastoreo (Herrera et al., 2002).

Adaptación ambiental

Las características climáticas del trópico seco determinan un alto déficit estacional de alimentos para los rumiantes (Herrera, 1990). Por lo tanto es necesario utilizar pastos que produzcan en las condiciones ambientales (Herrera et al., 1995; Almeida, 1997) y de suelo (Carneiro et al., 2002; Herrera, et al., 2006). Bajo las condiciones agroecológicas de Cuba, se evaluaron diferentes variedades de *P. purpureum* (Martínez et al., 1996) en dos épocas del año: seca y lluviosa y encontraron en el primer año, diferencias en el comportamiento morfológico, esto demuestra la importancia de realizar una selección de las variedades que mejor se adapten a las condiciones del medio.

En la zona centro-norte de Yucatán se han hecho estudios morfológicos y agronómicos del CT-115 bajo intervalos de corte con riego, se encontró diferencias significativas en las variables estudiadas (Cuadro 2.1.), por lo tanto las condiciones ambientales y el tipo de suelo pueden influir en la producción y calidad del pasto.

Cuadro 2.1. Efecto de las frecuencias de corte sobre los indicadores morfológicos y agronómicos del clon cuba CT-115 en la Zona Centro- Norte de Yucatán.

Componente	Edad			
	45 días	60 días	90 días	120 días
Ancho de la hoja (cm)	3.00 ^b	3.66 ^a	3.41 ^{ab}	3.24 ^{ab}
Largo de la hoja (cm)	119.14 ^a	118.00 ^a	111.57 ^{ab}	99 ^b
Altura de la planta (cm)	80.86 ^d	109.86 ^c	148.43 ^b	174.71 ^a
Grueso del entrenudo (cm)	1.34	1.39	1.41	1.32
Largo del entrenudo (cm)	9.57 ^a	9.29 ^a	8.67 ^b	9.71 ^a
Ccepa (cm)	60.71 ^b	77.71 ^a	78.86 ^a	87.57 ^a
Número de hijuelos	16.43 ^b	34.14 ^a	19.71 ^b	16.43 ^b

Fuente: Ek (2005).

^{ab} valores con letras distintas en hileras difieren estadísticamente, según Tukey al ($P < 0.05$), Ccepa= circunferencia de la cepa.

En el caso del OM-22 no tiene buen comportamiento en suelos con encharcamiento parcial donde muchas cepas mueren o se desarrollan pobremente, mientras que en los suelos pesados de las zonas altas se desarrollan bien y produce altos rendimientos (Herrera, 1990); acumula biomasa hasta cinco o seis meses, en condiciones de sequia, con una alta densidad de materia verde (Martínez, et al., 1996).

Actualmente en muchos países tropicales se validan, nuevas especies de pastos para conocer su comportamiento productivo durante las épocas del año (Carneiro et al., 2002; Figueiredo et al., 2000) y para pastoreo (Duarte et al., 2002; Carneiro et al., 2002; Viana et al., 2004).

Método y densidad de siembra

Según Martínez (2001) el OM- 22 y el CT-115 se establecen en tierras preparadas convencionalmente (arado, cruce, gradas y surcado) utilizando semilla agámica de tres a cuatro meses de edad con una separación entre surcos de 1 metro y 25 cm de profundidad. Padilla et al., 2005 al evaluar dos métodos de siembra del CT-115 con vuelta de arado y en surco y tapado con cultivador, encontró mayor producción de biomasa cuando se planto con el primer método, sin embargo, para la otra forma se puede considerar el costo de establecimiento siempre que se cuente con la tecnología. El OM- 22 y el CT-115 son variedades propensas a producir otra planta “ en pie”, ya que presentan hijuelos aéreos, no obstante, con más de seis meses de edad y alta humedad las últimas yemas se desarrollan, perdiendo calidad de la semilla.

En la zona centro- norte de Yucatán para establecer una hectárea de CT-115 se requieren dos toneladas de tallos (Ek, 2005). El material vegetativo no se despaja y se siembra a una profundidad entre 10 y 15 cm, ya que requiere de mejores garantías de humedad para evitar la deshidratación (Martínez, 2001).

Rendimiento

La proporción de hojas en el OM-22 y el CT-115 alcanzan el 35% con valores superiores a las 40 t. MS ha⁻¹ año⁻¹, lo cual es difícil de lograr con otras variedades, que pueden alcanzar hasta tres metros de altura con poca cantidad de hojas y rendimientos de 60 t de biomasa ha⁻¹ de cuatro a cinco meses (Martínez, 2001).

En un estudio comparativo de clones de *P. purpureum* (cuadro 2.2) sin riego ni fertilización durante dos años bajo las condiciones de cuba se han obtenido los siguientes resultados.

Cuadro 2.2. Rendimiento de materia seca ($t\ ha^{-1}$) acumulado por año.

Clones	Primer año	Segundo año
Cuba CT 115	49.6 ^{abc}	23.6 ^{de}
Cuba CT 169	44.0 ^{bc}	28.0 ^{bcd}
Cuba CT 16	55.0 ^a	36.6 ^a
Cuba CT 70	51.4 ^{ab}	29.3 ^{bcd}
Taiwán 146	39.8 ^c	18.9 ^e
Cuba CT 163	54.6 ^a	32.9 ^{ab}
Cuba CT 101	20.6 ^d	---
King grass	56.2 ^a	31.9 ^{abc}
Cuba CT 44	43.5 ^{bc}	26.5 ^{cd}
Cuba CT 74	49.9 ^{ab}	34.4 ^{ab}
Cuba CT 14	55.0 ^a	33.2 ^{ab}
Cuba CT 155	2.8 ^d	---

Fuente: Martínez et al. 1996

.^{abcd} Valores con letras diferentes en la misma columna difieren según Duncan al $P < 0.05$.

Queiroz et al., (2000) al estudiar el contenido de materia seca del cultivar Roxo a cuatro edades de corte: 40, 60, 80 y 100 días, encontró una producción de 19.5, 25.7 y 30 $t\ ha^{-1}$ respectivamente, hubo una respuesta menos acentuada a los 60 días y se encontraron una tendencia de aumento para la producción en la época seca al incrementarse el intervalo de corte (Dean et al., 1992) estos resultados concuerdan con los observados por Acunha et al. (1994) al estudiar la variedad Mott. Por otra parte Santana et al., (1994), trabajando con otros cultivares de capim-elefante como Cameroon, Mineiro y Napier encontraron una reducción en el rendimiento y relación hoja/tallo, con un incremento en el porcentaje de tallo al aumentar las edades de las

plantas. Se menciona que la alta relación, significa forraje de mayor valor proteico, digestibilidad y consumo, capaz de atender las exigencias nutricionales de los animales. Andrade et al., (2000) evaluaron la producción y distribución estacional de materia seca en cultivares de capim-elefante (*P. purpureum* var. Capim elefante) encontraron diferencias entre cultivares y reportaron mayor rendimiento en la época de lluvias. Alves et al., (2001) evaluaron el efecto de cortes a: 0, 15, 30 y 45 cm sobre algunas características morfofisiológicas de *P. purpureum* cv. Roxo en época seca (dos cortes, con intervalos de 90 días) y lluvia (tres cortes, con intervalos de 60 días), encontraron que en época de lluvias había mayor cantidad de hojas que en época de sequía, y en cuanto a la relación: H: T, fueron superiores a los que se encontraron arriba del nivel del suelo. Los cortes a mayor altura presentaron mayor proporción de hojas y menor de tallos, se puede afirmar que los porcentajes de hojas en época de lluvia son mayores que en la seca.

Factores que afectan el rendimiento

El patrón de producción estacional de varias especies de pastos es el resultado de la variación climática que puede ser: radiación solar, temperatura, fotoperiodo y lluvias, que en la mayoría de los casos están correlacionados (Wilson, 1982).

La radiación solar contribuye significativamente a la síntesis de sustancias para el crecimiento y desarrollo del tallo e incrementa la lignificación, factor que contribuye a la baja digestibilidad de la materia seca (Wilson, 1982).

El largo del día reflejado por el fotoperiodo determina la etapa productiva del pasto, de este modo influye la calidad nutritiva, mientras el forraje florece y madura hay una disminución en la calidad causado por la translocación de carbohidratos solubles desde los tallos y hojas a la inflorescencia y un incremento en el contenido de lignina, con una consecuente reducción de la relación hoja: tallo (Herrera et al., 1995; Preston y Leng, 1990 citados por López, 1994).

La disponibilidad de agua en el suelo (lluvia o riego) puede afectar el rendimiento, debido a la posibilidad de lixiviar los nutrientes, y por otro lado su escases puede reducir la posibilidad de tomar los nutrimentos por las plantas, ya que una menor cantidad en el suelo disminuye la cantidad relativa de nutrimentos a su disposición (Martínez et al.,1986).

El *P. purpureum* se desarrolla en una amplia gama de suelos, sin embargo, prefiere los fértiles y profundos, pero presenta dificultades en aquellos que acumulan excesiva humedad y mal drenaje (Herrera, 1990).

Chávez (2003) al evaluar el CT-115 en suelo rojo profundo y aplicando niveles de fertilización nitrogenada encontró diferencia significativa en el rendimiento, este aumento en la producción de materia seca (MS) puede ser debido a que el nitrógeno es

utilizado por la planta para formar proteínas necesarias para la formación de otros tejidos.

Valor nutritivo

Una de las formas para determinar el valor nutritivo de un forraje, es por medio de su composición química, que permite estimar la cantidad de diversos componentes específicos (Van Soest, 1994) de esta manera se puede separar como: fracciones de alto contenido celular y bajo en paredes celulares. Se menciona que a medida que aumenta la edad de rebrote se produce una disminución de la calidad, debido al aumento de los carbohidratos estructurales y la disminución de la proteína y de la digestibilidad (Herrera, 1990; Dean et al., 1992).

Composición química

Alves et al., (2001) estudiaron el efecto de altura de corte a 0, 15,30 y 45 cm. Sobre la composición química de Capim-elefante (*P. purpureum schum. cv. Roxo*) en época seca (90 días) y lluvias (60 días) encontraron para las dos épocas: 19.70 y 17.44 % de MS; 7.74 y 7.25% de PB; 76.41 y 71.13% de FDN; 42.75 y 41.02% de FDA; 1.97 y 3.38 % de cenizas respectivamente. Por otro lado, a medida que se incrementa la altura de corte, se reduce la producción de materia verde (MV) y materia seca (MS) (41.2, 21.19 t ha⁻¹ en periodo de lluvias y 12.44, 2.45 t ha⁻¹ en época de seca). Cuando se compararon diferentes pastos de corte en Veracruz, se noto una

variabilidad en el contenido de proteína cruda , debido a la edad de corte (López, 1987; citado por Enriques et al., 1999), ya que la composición química, funciona como indicador del contenido nutricional de un forraje, mas no de su disponibilidad para el animal. La calidad de un pasto puede estar influenciado por varios factores (Villanueva, 1992), entre los que se encuentra el clima, fertilización y edad de la planta (Cuadro 2.3.).

Cuadro 2.3. Efecto del intervalo de corte sobre los índices bromatológicos de los cultivares de Taiwán estudiados a distintas edades de corte.

Índice (%)	Taiwán 144						Taiwán 801-4					
	45 días		60 días		75 días		45 días		60 días		75 días	
	X	ES	X	ES	X	ES	X	ES	X	ES	X	ES
MS	15.03	1.01	21.00	2.25	24.57	1.14	14.90	0.53	19.83	3.42	20.71	0.82
PB	5.32	0.41	5.76	0.41	2.84	0.50	6.63	0.74	6.71	0.47	5.10	0.41
FB	25.03	0.23	26.09	0.85	27.87	1.58	22.32	1.79	26.08	0.25	27.36	1.51
DMO	69.53	2.71	68.78	4.70	67.53	2.46	64.44	0.81	60.49	4.66	60.30	4.52
Ceniza	13.91	0.42	14.27	0.18	12.03	0.30	15.59	0.81	14.01	0.59	12.24	0.93
Ca	1.52	0.42	1.47	0.19	1.80	0.20	1.49	0.26	1.54	0.18	1.54	0.19

Por otro lado, Alves et al., (2001) realizaron un estudio con el objetivo de verificar el efecto de diferentes alturas de corte (0, 5, 30, 45 cm) sobre la productividad de Capim-elefante cv. Roxo en dos épocas: seca (90 días) y lluvia (60 días), donde se evaluó la producción de materia verde (MV), materia seca total (MST) de hoja (MSH) y tallo (MST) y proteína bruta (PB), encontraron para las dos épocas que no hubo interacción entre altura de corte y época, y a medida que se elevó la altura de corte, disminuyeron las proyecciones de MV, MS y MST.

Los valores de PB y MSH no tuvieron diferencias. Cuando se incrementa la altura de corte de 0 para 45 cm, se reduce aproximadamente 33% la producción de MV, 24.83% para MSH y 60%MST. Las medias de las producciones de MS, MV, MSH, MST y PB fueron: 4.12, 21.19, 2.65, 1.47 y 0.32 t ha⁻¹ para el periodo seco y 12.44, 2.45, 1.81, 0.4 y 0.17 t ha⁻¹ para la época lluviosa.

El contenido de proteína bruta de la planta completa y de las fracciones botánicas (hojas y tallos) difieren entre las variedades del genero *pennisetum* (Valenciaga, 1999) con similares edades de corte y condiciones edafoclimáticas, en el Cuadro 2.4, se presentan las diferencias en el contenido de proteína bruta.

Cuadro 2.4. Contenido de proteína bruta (PB) (g kg⁻¹ de MS) de variedades mejoradas, sin fertilización del *P. purpureum*.

<i>P. purpureum</i>	Hojas	Tallos	Planta completa	Referencias
Var. Bana	100	45.6	87.0	Rodríguez (1986)
Cv. Testo	134	65.0	120.0	Deschamps (1998)
Cv. Areia	110	45.0	86.3	Alves de Brito <i>et al.</i> (1998)
King grass	-	-	98.0	Herrera <i>et al.</i> (1990)
Cuba CT-115	-	-	113.8	Valenciaga (1999)
Cuba CT-115 (45 días, zona centro-norte de Yucatán)	140	75.0	100.0	Ek (2005)
Taiwán (Suelo tze'el)	-	-	69	Castillo <i>et al.</i> (1989)

Deschamps (1998) reportó en el pasto elefante (*P. purpureum* var. Testo), con 56 días de rebrote, 73.3% y 74.1% de FND para hojas y tallos respectivamente. Por su parte, la variedad Roxo con igual edad alcanzó un 87.1% y 87.2% para hojas y tallos respectivamente y la variedad Areia 85%, para la planta completa (Alves de Brito *et al.*, 1998).

Por su parte, Abdulrazack et al., (1996) reportaron contenidos de FND de 75.3% para el Napier (*P. purpureum* var. Bana) a los 60 días de rebrote.

En Cuba se evaluaron los pastos CT-115 y CT-169 con intervalos de corte de: 2.4, 6 y 3 meses, analizando el contenido de FDN en: hoja, tallo y planta completa encontrándose valores 40.7-44.2, 45.8-48.9, 42.3-46.4 para el CT-115 y 41.7-43.4, 44.2-51.9 y 42.7-47.7 para el CT-169 en los intervalos de corte y componentes de la planta (Herrera et al.,1995), en este trabajo se menciona que a medida que disminuyen el número de cortes (mayor edad al rebrote) existe una tendencia de incrementar los niveles de carbohidratos estructurales. Vivian et al., (1996) evaluaron el efecto de tres estructuras de corte e intervalo de corte del capim-elefante enano, sobre la producción mineral (cuadro 2.5.) encontraron que la altura de corte no tiene influencia sobre el contenido mineral durante el año y la producción de estos minerales menciona que son suficientes para cubrir las necesidades nutricionales de los bovinos.

Cuadro 2.5. Efecto de la altura e intervalo de corte sobre la composición mineral del capim-elefante enano.

Intervalo de corte ¹ (días)	Ca				P			
	Altura de corte (cm)				Altura de corte (cm)			
	5	10	15	Media	5	10	15	Media
28 (6)	0.36	0.33	0.35	0.35 ^{bc}	0.42	0.39	0.37	0.39 ^a
56 (3)	0.36	0.33	0.40	0.36 ^b	0.36	0.33	0.33	0.35 ^b
84 (2)	0.42	0.41	0.44	0.42 ^a	0.36	0.38	0.37	0.37 ^{bc}
112(1)	0.29	0.32	0.37	0.33 ^c	0.34	0.36	0.37	0.36 ^{bc}
140 (1)	0.37	0.31	0.32	0.33 ^c	0.40	0.33	0.32	0.34 ^c

Fuente: Vivian et al. (1996).

¹Valores entre paréntesis indican, número de cortes en cada tratamiento. ²Medias seguidas de letras diferentes en la columna difieren entre si según Duncan (P<0.05).

Digestibilidad y factores que la afectan

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de los pastos se encuentran: la especie o variedad, parte de la planta y estado de maduración y las condiciones climáticas (Cuadro 6). En los trópicos una alta proporción de pastos tiene menos de 70 g PC kg⁻¹ MS (7%), mínima requerida por las bacterias ruminales para su actividad (Minson, 1990), estos niveles de proteína al no favorecer la actividad de los microorganismos del rumen, traen como consecuencia que la digestibilidad de los forrajes disminuya, situación que limita seriamente el comportamiento productivo de los rumiantes.

Existen diferencias morfológicas, anatómicas y bioquímicas entre especies (Dean et al., 1995; Valenciaga, 1999), también puede influir la parte de la planta y estado de maduración (Minson, 1982), se menciona que en la parte aérea hay mayor contenido celular y en las partes bajas componentes de la pared celular (Wilman et al., 1984) ya que las hojas de una gramínea tiene mayor contenido de proteína que el tallo (Martínez et al., 1996).

Cuadro 2.6. Digestibilidad *in vitro* de variedades de pasto *P. purpureum* a diferentes edades de corte.

<i>P. purpureum</i>	Edad (días)	Digestibilidad				EM (Mcal/kg MS)	Referencias
		MS (%)	MO (%)	FDN (%)	PB (%)		
CT-115	60	63.8	-	-	-	-	Herrera <i>et al.</i> , 2006.
King grass	60	65.4	-	-	50.00	-	Herrera <i>et al.</i> , 2006.
Napier	39	65.48	-	-	84.32	1.855	Santana <i>et al.</i> , 2002
Napier	46	59.04	-	-	74.23	1.771	Santana <i>et al.</i> , 2002
Napier	60	47.80	-	-	67.58	1.372	Santana <i>et al.</i> , 2002
Taiwán 144	45	69.5	-	-	-	-	Ibarra <i>et al.</i> , 2001.
Taiwán 801-4	45	64.4	-	-	-	-	Ibarra <i>et al.</i> , 2001.
Taiwán 144	56	56.3	-	-	-	-	Villanueva, 1992.
Taiwán 144	88	51.68	-	-	-	-	Villanueva, 1992.
Taiwán 144	98	44.4	-	-	-	-	Villanueva, 1992.
Taiwán 144 ^a	48	59.1	60.6	65.5	-	-	López, 1994.
Taiwán 144 ^a	210	43.4	46.7	51.9	-	-	López, 1994.
Mott	28	62.3	-	66.3	-	-	Clavero <i>et al.</i> , 1995.
Mott	56	60.56	-	70.6	-	-	Clavero <i>et al.</i> , 1995.

Quintero et al., (1995) evaluaron la relación entre los factores climáticos: temperatura del aire, radiación solar, insolación, humedad relativa, precipitación y evaporación, relacionadas con el valor nutritivo y producción de materia seca del pasto elefante enano *P. purpureum* cv. Mott. Determinados a dos alturas de corte: 10 y 30 cm encontraron valores de proteína cruda de 9.80%, celulosa, 72.20%, hemicelulosa, 27.76%, lignina, 4.67%, digestibilidad *in vitro*, 34.05%, rendimiento, 5861.22 kg ha⁻¹ y relación hoja-tallo, 91.23%; respectivamente.

Los factores ambientales más consistentes fueron la precipitación, humedad relativa y evaporación. No encontrándose diferencias significativas entre alturas de corte.

Las condiciones climáticas determinan el patrón estacional en varios tipos de pasto, que puede ser debido a: temperatura, radiación solar y lluvias (Wilson, 1982), siendo la temperatura la más importante, ya que promueve un crecimiento más rápido de las plantas y desarrollo de tallos, que afectan negativamente, por que se asocian con el aumento de la pared celular y lignificación, así como la reducción del valor nutritivo y digestibilidad (Whiteman, 1980; Minson, 1982).

La radiación solar tiene efecto negativo sobre la proteína cruda, afectando así la digestibilidad, además contribuye a la lignificación, déficit de agua y etapa reproductiva de la planta cuando un forraje florece y madura hay una translocación de carbohidratos solubles desde los tallos y hojas a la inflorescencia (Wilson, 1982).

Se muestra la digestibilidad de materia seca de nopal in natura (Cuadro 2.7.), adicionado con subproductos de cervecería y melaza, en seis tiempos de incubación, se puede observar que el mayor porcentaje de digestibilidad para los tratamientos uno, dos y cuatro fue similar a las 72 horas.

Cuadro 2.7. Digestibilidad de la MS del nopal in natura adicionado con subproductos de cervecería y melaza, en seis tiempos de incubación (%).

Tratamiento	Tiempo de incubación (hr)						EEM	Pr> t
	0	12	24	48	72	96		
1	28.59	46.31	67.51	76.1	80.32	73.18	2.54	<.0001
2	27.13	63.36	72.89	74.81	77.95	75.71	2.54	<.0001
3	31.44	55.37	71.79	70.06	66.33	70.53	2.54	<.0001
4	29.86	64.73	71.23	70.77	73.93	71.75	2.54	<.0001

EEM: Error estándar de la media
Fuente: Abrego (2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Localización del área de estudio, descripción de los tratamientos y tasa de degradación *in vitro*.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, la cual se encuentra en las coordenadas geográficas: 25°22' latitud norte y 101°01' longitud oeste, con una altitud de 1742 msnm, su temperatura media anual de 19.8°C y con una precipitación media anual de 298.3mm, la zona presenta un clima BWhw (x') (e); de muy seco a semicálido, con invierno fresco, extremoso. (Mendoza, 1983).

Obtención de las muestras

Las muestras del pasto morado (*P. purpureum*) fueron traídas del centro norte del estado de Yucatán, las cuales se obtuvieron de diferentes tiempos de corte (60, 75, 90, 105 y 120 días) obteniendo muestras de planta completa. Se encuentra entre las coordenadas 21° 05' de latitud N y 89° 27' de longitud W, con una altitud de 8 msnm. El municipio cuenta con clima cálido sub-húmedo, con lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual de 26.1° C y su precipitación media alcanza los 55.7 mm. (Orozco, 2010).

Se realizó la limpieza del terreno eliminándolo de todo tipo de maleza. La superficie total que se utilizó fue de 50 x 50 m² (2,500 m²), y la parcela útil fue de 48 x 48 m²

(2,304 m) también se probó el buen funcionamiento del sistema de riego, posteriormente se realizaron las pocetas de 10 cm de profundidad, con 20 de largo y 10 cm de ancho empleando un distanciamiento de 0.50 m entre poceta y 1 m entre surco.

La siembra se realizó el 15 de Diciembre de 2008 empleando varetas con dos nudos y dos yemas colocándolas en las pocetas para posteriormente taparlas con el suelo. La orientación fue de Oriente a Poniente para una mejor captación de luz solar.

Como fuente de fertilización se empleó 0.5 kg de abono orgánico (ovinaza) por poceta, el cual se aplicó alrededor de ésta una semana después de la siembra.

El periodo experimental fue de seis meses, para la obtención de los indicadores morfológicos y estimación de producción de materia seca.

Tasa de degradación *in vitro*.

La tasa de degradación *in vitro* se determinó según Tilley y Terry (1963) con las modificaciones de Goering y Van Soest (1970) para la cual se utilizaron cinco tratamientos: t_1 : 60 días, t_2 : 70 días, t_3 : 90 días, t_4 : 105 días, t_5 : 120 días los cuales se interrumpieron en los siguientes tiempos de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 hr. Con los ajustes de ANKOM DAISY^{II} (1998).

Metodología: El principio del funcionamiento del incubador **DaisyII®** consiste en establecer condiciones de incubación semejantes a las condiciones *in vivo*, de tal manera que el procedimiento incluye soluciones compuestas por minerales, fuentes de

nitrógeno y agentes reductores que ayudan a la anaerobiosis necesaria en el proceso

(Giraldo et al., 2007). Las muestras .5 gramos aproximadamente se introdujeron en bolsas de tela para filtrar , cada tratamiento se corrió por triplicado, para cada tiempo, posteriormente fueron depositadas en recipientes de vidrio con capacidad de 4 lts, en los que se añadieron 2 litros de una mezcla : liquido ruminal de bovino de carne estabulado y medio de cultivo (1:5) descrito por (Goering y Van Soest, 1970) y 25 muestras, con 1 blanco por frasco. La preparación del medio de cultivo y la mezcla con el líquido ruminal se realizaron en condiciones anaerobias, gaseando continuo (CO₂) y conservadas a temperatura de 39 ±2°C. Los frascos se introdujeron en el incubador “DAISY” durante (96, 72, 48, 24, 12, 6, 3, 0 hrs.), bajo una rotación lenta y una temperatura constante de 39.5°C. Al termino de la corrida las bolsas fueron lavadas cuidadosamente, puestas a secado (55-60°C) durante 24 horas y pesadas nuevamente.

Diseño experimental: Para analizar la cinética de digestión ruminal, se empleo un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 1x5x8. Donde 1= Biomasa al natural planta completa (P/C), 5= días en que se realizo el corte del pasto (t₁: 60 días, t₂: 70 días, t₃: 90 días, t₄: 105 días, t₅: 120 días) 8= Horas de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 hrs.

Para analizar las variables registradas se utilizó el programa FAUANL versión 2.4 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (1993).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 4.1. Muestra la digestibilidad *in vitro* de planta completa de Pennisetum purpureum en donde se encontró que a las 72 hrs se presentaron los mejores porcentajes de digestibilidad (81.61-67.83%) y no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, Abrego en el 2009 menciona que el mayor porcentaje de digestibilidad lo obtuvo a las 72 hrs.

A las 24 hrs se encuentra que los tratamientos 1, 2 y 5 no presentan diferencia significativa ($P > 0.05$) entre sí mientras que 3 y 4 son similares pero difieren de las otras.

A las 24, 48, 72 y 96 hrs, presentaron similitud, pero presentan diferencia altamente significativa ($P > 0.05$) con los tiempos 0, 3, 6 y 12 ya que estos presentan los menores porcentajes de digestibilidad.

Cuadro 4.1. Digestibilidad de planta completa del pasto morado bajo cinco intervalos de corte.

Tratamiento	Tiempo de incubación(hrs.)							
	0	3	6	12	24	48	72	96
1	31.8522 ^b	27.8213 ^b	36.6600 ^b	60.3861 ^a	70.3627 ^a	66.6204 ^a	67.8300 ^a	63.2006 ^a
2	45.9901 ^b	47.5772 ^b	58.9751 ^{ab}	64.5628 ^{ab}	78.1389 ^a	84.2340 ^a	81.6101 ^a	72.8881 ^{ab}
3	32.964 ^d	41.0806 ^{cd}	33.3629 ^d	50.3955 ^{bcd}	61.0857 ^{abc}	58.4090 ^{abc}	77.0173 ^a	66.5497 ^{ab}
4	38.7087 ^{ab}	34.2825 ^c	37.6527 ^{bc}	59.3632 ^{abc}	61.0039 ^{abc}	63.3435 ^{ab}	72.8464 ^a	58.3136 ^{abc}
5	30.0829 ^d	33.6136 ^{cd}	34.0303 ^{cd}	48.5744 ^{bc}	64.9151 ^a	63.3195 ^{ab}	68.5855 ^a	68.9639 ^a

Medias con literales diferentes en columnas difieren ($P>0.05$) según Tukey.



Figura 4.1. Digestibilidad *in vitro* del pasto morado bajo cinco intervalos de corte.

En la figura 4.1 se muestra la digestibilidad *in vitro* del *Pennisetum purpureum*, a cinco tiempos de corte y a ocho tiempos de incubación, se puede observar que los mejores porcentajes de digestibilidad se presentaron a las 72 horas. Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportes de Abrego (2009) que menciona que el nopal *in natura* adicionado con subproductos de cervecería y melaza, con diferentes tiempos de incubación se pudo observar el mayor porcentaje de digestibilidad a las 72 horas. Esto se debe a que existen diferentes factores que pueden afectar la digestibilidad de los pastos según Minson (1990), puesto que menciona que la especie o variedad, parte de la planta y estado de maduración y las condiciones climáticas afectan al pasto.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el pasto morado tiene buenos niveles de digestibilidad que puede ser aprovechado para la alimentación animal en el trópico en épocas críticas.

Presenta su mejor porcentaje de digestibilidad en el tratamiento dos que es a los 75 días de corte, este obtuvo los mejores resultados a las 48 hrs por otra parte la digestibilidad *in vitro* de los demás tratamientos fueron mayores a las 72 hrs de incubación.

El contenido de nutrientes que presenta este pasto es una buena alternativa de alimentación, por lo tanto se recomienda su uso a los 75 días, ya que es el óptimo para el aprovechamiento del animal, además que las bacterias ruminales desempeñan su actividad de una manera más óptima, ya que al no contener los niveles indicados, esto ocasiona la disminución de la digestibilidad y esto nos impide que los rumiantes puedan tener un comportamiento productivo.

6. LITERATURA CITADA

- Abdulrazack, S. A., R. W. Muinga, W. Torpe y E. R. Orskov. 1996. The effects of supplementation with *Gliricidia sepium* or *Leucaena leucocephala* forage on intake digestion and live- weight gains of *Bos taurus* X *Bos indicus* steers offered napier grass. J. Animal Science. 63:381 – 388.
- Ábrego, G.A. 2009. Evaluación bromatológica y digestibilidad in vitro de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con subproductos de cervecería. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 38-39.
- Acunha, J. B. V., W. Coelho R. 1994. Influência da altura e freqüência de corte no capim-elefante anão. I. Produção de matéria seca e proteína bruta. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Maringá: p. 330.
- Almeida, E. X. 1997. Oferta de forragem de capim elefante anao (*Pennisetum purpureum* Schum. Cv Mott), dinâmica da pastagem e sua relacao com o rendimento animal no alte vale do Itajai, Santa Catarina. Tese Doutorado. Porto Alegre: UFRGS.
- Alves de Brito, C. J. F, R. A. Rodella y F. C. Deschamps, Y. Alquini. 1998. Quantitative anatomy and in vitro tissue degradation in elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars. Revista da Soc. Brasileira de Zootecnia.
- Alves, D. S. E., D. Soares. D. S. y J. L. de Quiróz. F. 2001a. Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas. Revista Brasileira de Zootecnia. 30(1).
- Alves, D. S. E., D. Soares. D. S. y J. L. de Quiróz. F. 2001b. Aspectos productivos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) cv. Roxo en Brejo Paraibano. Revista Brasileira de Zootecnia. 30(1).

- Alves, D. S. E., D. Soares. D. S. y J. L. de Quiróz. F. 2001c. Perfilamiento y algunas características morfológicas de capim-elefante cv. Roxo sobre cuatro alturas de corte en dos épocas del año. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30(1).
- Andrade, B. M., A. Vander. P., V. Paula. F. y D. Ferreira. X. 2000. Potencial Forrageiro de Novos Clones de Capim-Elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29(2).
- Carneiro, L. M. A., M. Andrade. L., J. C. Batista. D. J., M. V. Ferreira. S., E. Viana. F. 2002. Caracterização e Seleção de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(1). p. 30-42.
- Chávez, M. S. A. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada e intervalo de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Conkal, Yucatán. 63 p.
- Clavero, T., O. Ferrer. 1995. Valor nutritivo del pasto Elefante enano (*P. purpureum* cv. Mott). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 12: 365-372.
- Dean, G. D. y C. T. Clavero. 1992. Características de crecimiento del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv Mott). *Revista de Agronomía (LUZ)*. 9:25-34.
- Deschamps, F. C. 1998. Implacations of growing periods on digestion and chemical composition of elephant grass cultuvars tissues. *Revista da Sociedade e Brasileira de Zootecnia*.
- Duarte, F. F., A. Vander P., F. J. Silva L., L. Vilela. 2002. Avaliação Agronômica de Clones de Capim-elefante no Distrito Federal. Planaltina, D. F. Boletín de pesquisa e desenvolvimento / EMBRAPA cerrados. 15 p.

- Ek, A. A. 2005. Evaluación agronómica y valor nutritivo del clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) en la zona centro-norte de Yucatán. Tesis Profesional. 45 p.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N. y E. D. Bolaños, A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. Campo experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7. Veracruz, México. 262 p.
- Figueiredo, D. R., H. Maldonado V., A. Vander P., A. Magno F. 2000. Introdução e Avaliação de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Zootecnia. 29(5):1296-1301.
- Gamarra, M. J. C. 1985. *Pennisetum purpureum*: su productividad agronómica y valor nutritivo en la zona henequenera de Yucatán y su uso en la alimentación animal. Tesis de Maestría. FMVZ-UADY. 124 p.
- Herrera, R. S. 1997. El cultivo de tejidos in vitro aplicado a los pastos en Cuba. Rev. Cubana Ciencia Agrícola.31;113.
- Herrera, R. S. 1990. Introducción y características botánicas del King grass. In: King grass, plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Editorial EDICA. Cuba. p. 1-10.
- Herrera, R. S., G. J. Febles, G. J. Crespo. 2006. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Editorial EDICA. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 254 p.
- Herrera, R. S., R. O. Martínez, R. Tuero, M. García y A. M. Cruz. 2002. Movimiento de sustancias durante el pastoreo y rebrote del clon Cuba

CT-115 (*Pennisetum purpureum* sp). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36(4). p. 417-422.

Herrera, R. S., N Ramos, M. Sistachs y J. R. Ayala. 1990. Evaluación agronómica del King grass. En: King grass, plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Editorial EDICA, Cuba. p. 11-153.

Herrera, R. S., R. O. Martínez, R. Cruz, R. Tuero, M. García, I. Guisado, y N. Dorta. 1995. Producción de biomasa con hierba elefante (*Pennisetum purpureum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la ganadería tropical. II. Carbohidratos solubles y estructurales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 29:245-252.

Herrera (1981, 1983) , Ramos et. Al (1987). cetas@ucfinfo.ucf.edu.cu,
www.ucf.edu.cu

Ibarra, G. G., J. León M. 2001. Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en condiciones de secano. Rev. Prod. Anim. Vol. 13. No. 1. p. 31-35.

López, R. R. 1994. Efecto de la madurez del *Pennisetum purpureum* (var. Taiwán 144A) sobre el ambiente ruminal, su consumo, digestibilidad y degradabilidad. Tesis de Maestría. FMVZ-UADY. 104 p.

Martínez, R. O. 2001. Manual de producción de biomasa hierba elefante CT-115. Consejo de iglesias de Cuba CIC-DECAP. Cuba. p 7, 10-14, 22.

Martínez, R. O., M. Monzote, R. S. Herrera, R. Cruz, V. Torres. 1989. Obtention of King grass (*Pennisetum purpureum*) clones from tissue culture. Selection and evaluation of mutants. XVI Int. Grassland. Congr. Francia. p. 439.

- Martínez, R. O, R. S. Herrera, M. Monzote y R. Cruz. 1986. Obtención de mutantes utilizando el cultivo de tejidos y otras técnicas In: King Grass, plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Editorial EDICA. Cuba. p. 11-29.
- Martínez, R. O, R. S. Herrera, R. Cruz y V. Torres. 1996. Cultivo de tejidos y fitotecnia de las mutaciones en pastos tropicales. *Pennisetum purpureum*: otro ejemplo para la obtención de nuevos clones. Revista Cubana Ciencia Agrícola. 30(1). p. 1-11.
- Menke, K. H., L. Raab., A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 93:217–222.
- Minson, D. J. 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition Abst. and Rev.* 52(10).
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. U.S.A. Academic press. INC. p. 483.
- Moore, J. E., H. Brant M., E. Kunkle W. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal of Animal Science*, v.77. suppl. 2/J, p.122-135.
- Padilla, C y F. Curbelo. 2005. Dos métodos de plantación en el establecimiento de yerba elefante CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 39(2). p. 219-222.
- Queiroz, F. J. L., D. Soares D., I. Soares N. 2000. Produção de Matéria Seca e Qualidade do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Cultivar

Roxo em Diferentes Idades de Corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 29(1):69-74.

Quintero, B. C., T. Clavero, C. Castro. R., A. del Villar., O. Araujo. F. 1995. Efecto de los factores climáticos y altura de corte sobre el valor nutritivo y producción de materia seca del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 12: 81-94.

Santana, P. A., A. P. L. 2002. Determinación de la edad óptima de corte del Napier (*Pennisetum purpureum*) a partir de la variación de su valor nutritivo y rendimiento en la época lluviosa. Trabajo publicado en www.ilustrados.com

Santana, J. R., M. Pereira J., A. M. Ruiz, M. 1994. Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no Sudoeste da Bahia. II. Agrossistema Itapetinga. Revista Brasileira de Zootecnia. 23(4):507-517.

Tilley, J. M. A and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc. 18:104-111.

Valenciaga, G. D. 1999. Contribución al estudio de la degradación ruminal del nitrógeno del clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Tesis Master en Bioquímica. Universidad de la Habana, Cuba.

Van, Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminants. Second edition. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press. 476 p.

Van, Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O and Books. Inc. Oregon. U. S. A. p. 274-374.

- Viana, F. E., M. Andrade L., J. C. Batista D., M. V. Ferreira S., A. Carneiro L. M., J. N. Tabosa e I. Farias. 2004. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na zona da mata de Pernambuco. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá, v. 26, no. 2, p. 251-257.
- Villanueva, A. J. 1992. Efecto de la fertilización nitrogenada y su interacción con el intervalo de corte sobre el rendimiento del zacate Taiwán (*P. purpureum* var. A-144) en la zona henequenera. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2 Conkal, Yucatán. 61 p.
- Vivian, A. J. B., R. Waltrick C. 1996. Efeito da altura e do intervalo de corte do capim-elefante-anão. II. composição mineral da forragem. Universidade Federal de Pelotas, Brazil.
- Wilson, J. R. 1982. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. *In*: Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Ed. Hacker, J. B. Farnham Royal U. K. Commonwealth Agriculture Bureaux. p. 111-113.
- Wilman, D., K. Altimimi, M. A. 1984. The in vitro digestibility and chemical composition of plant parts in white clover, red clover and Lucerne during primary growth. Journal Science of Food and Agriculture. England. 35(2). p. 133-138.
- Whiteman, P. 1980. Tropical Pastures Science. Oxford University Press. UK.