



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* Y VALOR NUTRITIVO DE KING GRASS

CT-115 Y CT-169 (*Pennisetum purpureum* X *P. thyphoides*) A

DIFERENTES EDADES DE CORTE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA

ALFREDO VLADIMIR SILVA PATIÑO

DIRECTOR DE TESIS

DR. HECTOR MAGAÑA SEVILLA

PUERTO ESCONDIDO, OAX. SEPTIEMBRE DE 2010.



Puerto Escondido, Oaxaca., Septiembre de 2010.

UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis “**DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* Y VALOR NUTRITIVO DE KING GRASS CT-115 Y CT-169 (*Pennisetum purpureum X P. thyphoides*) A DIFERENTES EDADES DE CORTE**”, presentada por el pasante de la LICENCIATURA EN ZOOTECNIA, ALFREDO VLADIMIR SILVA PATIÑO, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISADORA

Héctor Magaña S.

Dr. Héctor Magaña Sevilla
Instituto Tecnológico de Conkal
Director

Eliud Flores Morales

M. en C. Eliud Flores Morales
Universidad del Mar
Revisor

Serafín López Garrido

Dr. Serafín López Garrido
Universidad del Mar
Revisor

Roberto López Pozos

M. en C. Roberto López Pozos
Universidad del Mar
Revisor

Jaime Arroyo Ledezma

Dr. Jaime Arroyo Ledezma
Universidad del Mar
Revisor

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado para dos personas excepcionales:

Antelmo Silva Román

Pedro Lorenzo Patiño Ramírez

Fueron y seguirán siendo un motivo de orgullo para mí que ustedes hayan sido mis abuelos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Alfredo Silva Cerón y Floriana Patiño Valencia, por ser un apoyo incondicional y un motivo de superación.

A mis hermanas Carmina, Laura y Eneyda, por estar pendientes de mi educación y valores.

A mis abuelas y tíos que siempre me alientan para superarme y salir adelante con mis proyectos.

A mis primos y amigos por compartir momentos inolvidables.

A los profesores de la Licenciatura en Zootecnia de la Universidad del Mar, por brindarme su apoyo en los momentos difíciles.

CONTENIDO

	Páginas
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
CONTENIDO	IV
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
APÉNDICE	IIX
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
II. ANTECEDENTES	6
2.1 Trópico y la producción animal	6
2.2 Características de los forrajes tropicales	7
2.3 Estado fenológico de los forrajes	8
2.4 Origen del CT-115 y CT-169	9
2.5 Descripción del CT-115 y CT-169	9
2.6 Estructura vegetal en los tejidos de las gramíneas	11
2.7 Capacidad de rumiantes para utilizar forrajes	12
2.8 Digestión microbiana de la pared celular	13
2.9 Microorganismos del rumen	14
2.9.1 Bacterias	15
2.9.2 Protozoos	16
2.9.3 Hongos anaeróbicos	17
2.10 Técnicas de digestibilidad	17
2.11 Fuentes de inóculo para las pruebas de digestibilidad <i>in vitro</i>	19
2.12 Incubador Daisy ⁱⁱ ® (Ankom Technology)	20
2.13 Análisis Químico Proximal (AQP)	22
2.14 Análisis de fibras de Van Soest	23
III. OBJETIVO GENERAL	26

IV. OBJETIVOS PARTICULARES	26
V. HIPOTESIS	27
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1 Localización	28
6.2 Establecimiento de parcelas experimentales	28
6.3 Producción por hectárea	29
6.4 Muestras	29
6.5 Digestibilidad <i>in vitro</i>	30
6.5.1 Inóculo ruminal y fecal	30
6.5.2 Procedimiento para determinar la DIVMS	31
6.5.3 Preparación de las soluciones amortiguadoras	32
6.6 Determinación de Proteína Cruda (PC)	33
6.7 Determinación de FDN y FDA	33
6.8 Determinación de Extracto Etéreo (EE)	34
6.9 Predicción de la respuesta productiva en bovinos de doble propósito	34
6.10 Análisis estadístico	35
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
7.1 Materia Seca (MS)	37
7.2 Producción por hectárea	38
7.3 Proteína Cruda (PC)	42
7.4 Fibra Detergente Neutra (FDN)	44
7.5 Fibra Detergente Ácida (FDA)	45
7.6 Extracto Etéreo (EE)	47
7.7 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la Materia Seca (DIVMS)	48
7.8 DIVMS utilizando inóculo fecal	50
7.9 Predicción de la respuesta productiva en bovinos de doble propósito	51
VIII. CONCLUSIONES	54
IX. APENDICE	55
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

INDICE DE CUADROS

		Páginas
Cuadro 1	Clasificación taxonómica de los cultivares CT-115 y CT-169.	10
Cuadro 2	Reactivos utilizados en la solución A.	32
Cuadro 3	Reactivos utilizados en la preparación de la solución B.	33
Cuadro 4	Tratamientos evaluados para comparar digestibilidad <i>in vitro</i> de los cultivares CT-115 y CT-169, con inóculo ruminal y fecal.	36
Cuadro 5	Producción de materia seca, materia verde y relación hoja:tallo de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.	38
Cuadro 6	Producción en kg/hectárea de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.	41
Cuadro 7	Porcentaje de Proteína Cruda de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.	44
Cuadro 8	Porcentajes de Fibra Detergente Neutra de King grass cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.	45
Cuadro 9	Porcentajes de Fibra Detergente Ácida de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.	46
Cuadro 10	Porcentajes de Extracto Etereo de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.	48
Cuadro 11	Porcentajes de Digestibilidad <i>in Vitro</i> de la Materia Seca para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.	49
Cuadro 12	Porcentajes de DIVMS con inóculo fecal para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca	51

INDICE DE FIGURAS

		Páginas
Figura 1	Incubador Daisy II® (Ankom Technology).	21
Figura 2	Esquema del análisis de fibras de Van Soest.	25
Figura 3	Líneas de tendencia que indican la producción de MS y MV en Kg/ha de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres intervalos de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.	41

APÉNDICE

	Páginas	
Apéndice 1	Recomendaciones de manejo para King grass cultivares CT-115 y CT-169	55
Apéndice 2	Gráficas con líneas de tendencia de PC, FDN, FDA, EE y DIVMS para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte	57
Apéndice 3	Ecuaciones y r^2 para las líneas de tendencia de las gráficas presentadas en el Apéndice 2 para PC, FDN, FDA y EE	60

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad del Mar - Campus Puerto Escondido, con el propósito de conocer la edad óptima de corte, así como la producción de forraje, Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) y valor nutritivo de dos cultivares de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thyphoides*), CT-115 y CT-169; en tres edades de corte (30, 60 y 90 días). Las pruebas para determinar Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) y Extracto Etéreo (EE) fueron realizadas en el laboratorio de suelo-agua-planta del Instituto Tecnológico de Conkal. La producción de Materia Verde (MV), Materia Seca (MS), de hojas y tallos, la relación hoja:tallo y su contenido de PC, FDN, FDA, EE fue comparada dentro y entre especies en un arreglo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x3 donde el primer factor fue el cultivar (CT-115 y CT-169) y el segundo factor fueron las edades de corte (30, 60 y 90 días). Además para comparar los datos de la DIVMS utilizando líquido ruminal y fecal como inóculo, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, siendo la unidad experimental una bolsa con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial 2x2x2x3, en donde el factor A, fue el cultivar de pasto (CT-115 y CT-169); el factor B, tipo de inóculo (ruminal y fecal); el factor C, parte de planta (hoja y tallo); y el factor D, edades de corte (30 d, 60 d y 90 d), dando lugar a 24 tratamientos. El análisis estadístico se realizó a través del análisis de varianza del procedimiento GLM del SAS 9.0 para Windows. Los resultados indican que el cultivar CT-115 produjo mayor cantidad de biomasa en toneladas de MS ha⁻¹, comparado con el CT-169, en las tres edades de corte (1.24, 17.7, 22.7; 0.92, 8.1, 11.4) respectivamente, con menor contenido de FDN y FDA, indicando mejor adaptación a las condiciones del estudio, también presentó crecimiento sostenido hasta los dos meses manteniendo estable su contenido nutricional hasta los 90 días. Sin embargo, el contenido de PC y de EE fue mayor para el cultivar CT-169. Para los dos cultivares el contenido de PC disminuye conforme avanza la edad de corte, en contraste con el contenido de FDN y FDA que aumentan conforme aumenta la madurez de la planta. El contenido de EE se mantiene estable sin mostrar cambios entre edades de corte. El cultivar CT-169 sigue aumentando la producción después de los 60 días. La digestibilidad disminuye conforme la edad de la planta aumenta, mostrando los mejores resultados el corte a 30 días, sin embargo, no fue

diferente ($P < 0.05$) con el corte a 60 días, con medias de 58.90% y 58.49% respectivamente. El corte a 90 días resultó ser diferente ($P < 0.05$), al compararlo con el corte a 30 y 60 días, con una digestibilidad de 55.31%. El cultivar CT-115, al ser comparado con el cultivar CT-169, presentó una mayor digestibilidad, con medias de 58.63% y 56.50% respectivamente, con una diferencia significativa ($P < 0.05$). Para la parte de la planta, en ambos cultivares las hojas siempre fueron superiores a los tallos, con digestibilidades de 59.49% y 55.65%, respectivamente. Los porcentajes de digestibilidad obtenidas con el inóculo fecal fueron menores que los del inóculo ruminal. Bajo las condiciones de este estudio se concluye que el CT-115 produce mayor biomasa y de mejor calidad que el CT-169 además ambos cultivares tienen un gran potencial de producción para la zona.

Palabras Clave: *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thypoides* (CT-115 y CT-169), Valor nutritivo, Digestibilidad *in vitro*, Edades de corte.

ABSTRACT

This study was conducted at the Universidad del Mar - Campus Puerto Escondido, in order to determine the optimal cutting age, forage yield, *in vitro* Dry Matter Digestibility (IVDMD) and nutritive value of two cultivars of King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thyphoides*), CT-115 and CT-169, in three cutting ages (30, 60 and 90 days). Testing to determine crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and Ether extract (EE) were made in the laboratory soil-water-plant at the Instituto Tecnológico of Conkal. The production of green matter (GM), dry matter (DM) of leaves and stems, the leaf to stem ratio of PC content, NDF, ADF and EE was compared within and between species in an arrangement completely randomized design 2x3 factorial arrangement where the first factor was the cultivar of grass (CT-115 or CT-169) and the second factor was the cutting ages (30, 60 and 90 days). In addition to comparing data on the IVDMD using ruminal fluid and faeces as inoculum, used a completely randomized design, the experimental unit being a bag with four repetitions with a factorial arrangement 2x2x2x3, where the factor A, was grass cultivar (CT-169 and CT-115), the factor B, type of inoculum (rumen and fecal), the factor C, part of the plant (leaf and stem), and factor D, cutting ages (30 d, 60 d and 90 d), resulting in 24 treatments. Statistical analysis was performed using analysis of variance by GLM procedure of SAS 9.0 for Windows. The results indicate that CT-115 cultivar produced higher amount of biomass in tonnes DM ha⁻¹, compared with the CT-169 in the three cutting ages (1.24, 17.7, 22.7; 0.92, 8.1, 11.4) respectively, with lower content of NDF and ADF, indicating better adaptation to the conditions of the study, also presented steady growth until two months while maintaining their nutritional content stable up to 90 days. However, the contents of PC and EE was higher for CT-169 cultivar. For both cultivars the CP content decreased with increasing age cutoff, in contrast to the contents of NDF and ADF to increase with increasing plant maturity. The content of EE is stable showing no change between cutting ages. The cultivar CT-169 continues to increase production after 60 days. The digestibility decreases as the age of the plant increases, showing the best results cut to 30 days, however, showed no statistically significant difference with the cut to 60 days, with averages of 58.90% and 58.49% respectively. The cutting of 90 days turned out to be different (P<0.05) when compared with the cut to 30 and 60 days, with a digestibility of 55.31%.

The CT-115 cultivar when compared with the CT-169 cultivar, resulted in a higher digestibility, with averages of 58.63% and 56.50% respectively with a significant difference ($P < 0.05$). For the part of the plant in both cultivars the leaves were always higher than the stems, with digestibilities of 59.49% and 55.65% respectively. Digestibility percentages generated by the fecal inoculum were lower than those of the rumen inoculum. Under the conditions of this study concluded that the CT-115 produces greater biomass and higher quality than the CT-169 both cultivars also have great production potential for the area.

Key words: *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thypoides* (CT-115 and CT-169), nutritive value, *in vitro* Digestibility, cutting ages.

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos forrajeros son fundamentales para la alimentación del ganado en las unidades de producción en el trópico del país. La introducción de nuevas especies ha sido acompañada por la aplicación de diferentes sistemas de utilización de forrajes (Dios-Vallejo 2001), por ejemplo, bajo el sistema de corte y acarreo, se tiene la ventaja de disminuir el desperdicio causado por animales en pastoreo; sin embargo, dos factores que afectan la calidad y uso de estos forrajes son la especie y la madurez (Arthington & Brown 2005). Por lo que se tiene la necesidad de conocer el tiempo óptimo de corte, donde el mayor porcentaje de nutrientes coincida con una alta producción de forraje (Arthington & Brown 2005).

La creciente disponibilidad de especies forrajeras de mayor adaptación y producción, ha permitido que el sector ganadero incremente progresivamente las áreas con pastos mejorados en sus fincas (Argel 2006). Por ello es importante conocer las especies o cultivares con mayor potencial de producción, así como las prácticas adecuadas para su establecimiento y manejo (Koppel-Rizo *et al.* 2002). Con la reciente introducción del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169 a México y particularmente al estado de Oaxaca, surge la necesidad de evaluar sus características de adaptación, producción de biomasa y nutritivas, bajo diferentes condiciones ambientales, por ejemplo en la Región Costa del estado.

En este sentido, se sugiere que el incremento en los días a corte en King Grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169 reduce la digestibilidad, el

porcentaje de proteína e incrementa la fibra. Adicionalmente se sugiere que resulta factible determinar la digestibilidad *in vitro* utilizando inóculo (bacterias) de origen fecal.

El presente estudio tiene el objetivo de determinar la edad óptima de corte de King Grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169, utilizando como indicadores la producción, el valor nutricional y digestibilidad *in vitro*, esta última utilizando el equipo Daisy^{II}®, ya que ha demostrado ser rápido, seguro, eficiente y económico (Zambom *et al.* 2001, Sullivan *et al.* 2004, Dean *et al.* 2005, Reddy *et al.* 2005, Giraldo *et al.* 2007).

1.1 JUSTIFICACIÓN

Existen varios factores internos y externos que limitan la producción de un material forrajero, entre los factores externos más importantes se encuentran las variaciones estacionales, que determinan la cantidad y calidad de biomasa disponible en pastos y forrajes (Valenciaga *et al.* 2001). En las regiones del trópico, existen diferencias de producción muy marcadas en la época de estiaje y lluviosa, lo que crea una necesidad de alimento en forma estacional. El principal objetivo de las tecnologías es mejorar la eficiencia en el uso de los recursos alimenticios disponibles durante el año para producir más leche y carne (Román-Ponce 1981, Flores *et al.* 1998, Macedo *et al.* 2003, Araya-Mora & Boschini-Figueroa 2005). Adicionalmente, otros factores disminuyen la eficiencia del pastoreo, como las altas temperaturas y la humedad ambiental que obligan a restringir el consumo durante las horas más calurosas del día y aumentar el pastoreo nocturno (Faría-Marmol 2006).

De acuerdo con esta estacionalidad se obtienen los mayores volúmenes de producción de carne en los meses de octubre a diciembre, teniendo su punto más alto en el mes de noviembre; este incremento en la producción se relaciona con la alta disponibilidad de forraje, consecuencia de la época de lluvias (SAGARPA 2006). La producción de leche en el país también presenta una marcada estacionalidad incrementándose en los meses de junio a noviembre (mayor al promedio anual), y es menor al promedio anual de diciembre a mayo (SAGARPA 2005).

Una gran proporción de leche en las zonas tropicales se produce en sistemas de manejo de doble propósito. El ganado que se utiliza para este sistema, normalmente obtiene los nutrientes para la producción de leche y carne en praderas de gramíneas (Juárez-Lagunes *et al.* 1999). Sin embargo, es importante mencionar que en México, el sistema de doble propósito tiene una productividad reducida comparándolo con ganaderías basadas en pastoreo como las de Australia y Nueva Zelanda; por ejemplo, en el año 1999, el 67% del ganado bovino nacional se ubicó en las zonas tropicales y subtropicales y aportó alrededor de 30% a la producción nacional de leche (Alonso & García 2002).

Debido a la competitiva producción que existe en el sector agropecuario, los productores se encuentran obligados a desarrollar un uso más eficiente de los recursos que poseen. Esto representa entre otras acciones, intensificar la producción por unidad de área; lo cual se ha reflejado en una constante búsqueda de recursos forrajeros que satisfagan los requerimientos nutricionales de sus animales, y a la vez establecer un sistema de cosecha uniforme asegurando un nivel de producción constante durante todo el año (Araya-Mora & Boschini-Figueroa 2005). Por ello, es necesario incorporar prácticas y

técnicas que mejoren el sistema de producción ganadero para aumentar la oferta de forraje (Elías-Ruíz *et al.* 2006).

El uso de pastos para corte, implica uso intensivo; a la vez, se busca minimizar el desperdicio del forraje, ya que se elimina el pisoteo, se evita el gasto de energía durante el pastoreo y disminuye la selección del animal, quien normalmente deja un residuo considerable en los potreros (Dávila & Urbano 2005). Uno de los pastos más utilizados para corte es el Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) (Márquez *et al.* 2007), el cual tiene una producción que va desde seis hasta 85 t ha⁻¹ de MS (Espinoza *et al.* 2001, Faría-Mármol *et al.* 2001). Se han descrito diferentes variedades del pasto *P. purpureum* (Febles *et al.* 2007), las que han demostrado una elevada producción de materia seca (t ha⁻¹ de MS), aproximadamente para King grass 15.3, Taiwán 13.9, Gigante 12.2, Camerún 6.9, Enano 4.7; las cuales varían según las condiciones particulares (Araya-Mora & Boschini-Figueroa 2005). Dos cultivares (cv.) de King grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thypoides*) han sido foco de estudio por su alto contenido de proteína y producción de biomasa a través del año, estos cultivares son el CT-115 y CT-169 (Roche & Hernández 1993). Sin embargo se tienen pocos estudios de la producción de biomasa y el valor nutritivo que poseen estos cultivares en la región de la costa del estado de Oaxaca.

El valor nutritivo de los forrajes depende del tipo y la cantidad de nutrientes digeribles a disposición del animal por unidad de tiempo; la calidad nutritiva está en función de la proporción y nivel de consumo, la velocidad y grado de digestibilidad y la eficiencia de la utilización de estos nutrientes (Barnes & Marten 1979, Rodríguez *et al.* 2007). Por lo anterior, el conocimiento de la digestibilidad de los cv. CT-115 y CT-169 es básico al

establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones de los rumiantes. Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (Posada & Noguera 2005).

La determinación *in vivo* de la digestibilidad es un proceso laborioso y costoso, requiere el empleo de grandes cantidades de alimento (Stern *et al.* 1997, Bochi-Brum *et al.* 1999, Fondevilla & Barrios 2001, Gutiérrez-Alderete 2004, Forejtová *et al.* 2005, Posada & Noguera 2005), por lo que se han propuesto distintos métodos para su estimación, entre los que destacan las técnicas *in vitro*, las cuales consisten en realizar un simulacro en el laboratorio de la digestión de los forrajes que se lleva a cabo en el tubo digestivo de los rumiantes (Gutiérrez-Alderete 2004). Del método *in vitro* desarrollado por Goering y Van Soest, fue desarrollado el sistema Daisy^{II}® que permite la incubación simultánea de hasta 100 muestras diferentes, distribuidas en cuatro jarras (con una capacidad de hasta 4 L cada una), donde se mantiene el calor uniforme y la agitación constante durante el procedimiento de incubación (Holden 1999). Así, la digestibilidad tanto aparente como verdadera medida en el sistema Daisy^{II}® presenta una alta repetibilidad, consistencia y reproducibilidad, haciendo el procedimiento más rápido, sencillo y económico (Giraldo *et al.* 2007).

II. ANTECEDENTES

2.1 TRÓPICO Y LA PRODUCCIÓN ANIMAL

En el estado de Oaxaca, al igual que en otros estados de la República Mexicana que se encuentran en la costa del Océano Pacífico y del Golfo de México, se practica la ganadería de doble propósito, de la cual se obtiene el 18% de la producción láctea nacional (SAGARPA 2004), y el 33% de la producción de carne, con una participación relativamente alta en el total del hato lechero nacional, al contar aproximadamente con el 60% (Magaña-Monforte *et al.* 2006). La característica principal de este sistema es que las empresas producen simultáneamente leche y carne, esta última en forma de becerros, los cuales son vendidos a otras empresas especializadas para el abasto de carne (Odermatt & Santiago-Cruz 1997).

Las condiciones climáticas del trópico exigen animales resistentes a esas condiciones naturales. La alimentación del ganado se realiza principalmente a base de forrajes de praderas, con una aplicación extensiva de las técnicas que aumentan la producción (fármacos y suplementos) (Odermatt & Santiago-Cruz 1997). Bajo este sistema la carga animal que puede soportar una hectárea depende de la especie de pasto, el tipo de suelo y la fertilización de este; es por ello que nuevas especies de pastos han sido introducidos, mejorando la productividad del rancho e incrementando la carga animal (Holmann *et al.* 2005). El efecto más directo de la adopción de pasturas mejoradas se observa en los incrementos en productividad de carne y leche, se estima que 24% de la producción

adicional de leche y 5% de la carne en México, se debe a la adopción de pastos basados en el género *Brachiaria* (Holmann *et al.* 2005).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS FORRAJES TROPICALES

La familia *poaceae* o *gramineae* es de amplia distribución, ya que está prácticamente, presente en cualquier bioma y por tanto es uno de los grupos vegetales más ampliamente adaptados a diferentes ambientes. Se distribuyen en comunidades diversas que abarcan de la tundra ártica, los bosques templados y cálido-húmedos, hasta las zonas áridas y semiáridas, e incluso los habitats acuáticos (Dávila *et al.* 2006). En todo México, se reporta la existencia de 204 géneros con 1182 especies, con un total de 1278 variedades; de las cuales 1119 son nativas y 159 introducidas (Dávila *et al.* 2006).

Los forrajes introducidos constituyen uno de los principales recursos que poseen los productores ya que tienen la ventaja de soportar mayor carga animal en comparación con los forrajes nativos; entre los géneros que han sido estudiados con mayor frecuencia para pastoreo se encuentran *Cynodon*, *Panicum*, *Andropogus* y *Brachiaria* (Villarreal 1994). El género *Pennisetum*, utilizado en el sistema de corte y acarreo, también ha sido estudiado y se han identificado 71 variedades tan sólo para la especie *Pennisetum purpureum* Schumach (Mello *et al.* 2002).

Los forrajes tropicales son de crecimiento y maduración rápida, los cuales al tener esta característica, su calidad nutricional también cambia rápidamente. Las principales limitaciones que presentan, son la reducción en el contenido de proteína y el aumento en pared celular a medida que el forraje madura (Juárez-Lagunes *et al.* 2000). La producción

de materia seca en los forrajes tropicales introducidos varia de 2 000 a 5 000 Kg/ha con edad de rebrote de los 30 a 60 días y un contenido de proteína mayor a 7% (Juárez-Lagunes *et al.* 2000).

2.3 ESTADO FENOLÓGICO DE LOS FORRAJES

El estado fenológico que es el periodo comprendido entre dos distintas fases de la planta, por ejemplo: crecimiento, floración, madurez; este afecta el valor nutritivo de los forrajes, por lo que el conocimiento de los cambios en el valor nutritivo debidos al estado fenológico es esencial para un uso adecuado de los pastizales (Gutiérrez-Alderete 2004).

La variación en el valor nutritivo de casi todas las especies de plantas forrajeras del pastizal sigue un ciclo en relación con su madurez. En general, en todas las plantas forrajeras los altos niveles nutritivos se obtienen en los primeros estadios de crecimiento, por lo que son altamente suculentas. Por otra parte, su alto contenido de proteína en relación con un bajo contenido de fibra en esta etapa de crecimiento, hace a las plantas altamente nutritivas como fuente de forraje para animales en pastoreo. No obstante, la cantidad de forraje presente es bajo (Navarro-Chavira 1995). El valor nutritivo de los forrajes disminuye generalmente a medida que las plantas avanzan en su estado de madurez, lo cual es debido en gran medida a los cambios en la relación hoja/tallo y a la senescencia de las hojas, la cual causa una translocación de los constituyentes químicos de las hojas envejecidas a las partes en crecimiento (Navarro-Chavira 1995). El valor nutritivo de las plantas forrajeras cambia con el estado fenológico y varía según la especie, variedad o cultivar (Gutiérrez-Alderete 2004).

2.4 ORIGEN DEL CT-115 Y CT-169

Martínez *et al.* (1989) en el congreso internacional de pastizales en Francia, publicó la obtención de clones que habían conseguido mediante la técnica de cultivo de tejidos, a partir de callos embriogénicos, provenientes de conos apicales de King grass (*P. purpureum* X *P. thypoides*), desarrollando sus células y obteniendo nuevas plantas, algunas cambiaron respecto a su progenitor y entre ellas, se seleccionaron caracteres deseables, donde surgen los cultivares CT-115 y CT-169. Posteriormente, se empiezan a hacer numerosas pruebas en su país de origen (Cuba), donde sobresalen por sus características adaptativas, de producción y calidad nutritiva (Padilla & Curbelo 2005).

2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVARES CT-115 Y CT-169

El CT-115 al igual que el CT-169 son cultivares del pasto King grass, con crecimiento erecto, perenne y de porte alto como otros pastos de su especie. Requieren suelos ligeramente ácidos a neutros (pH de 5.5 a 7.2) medianamente profundos y fértiles. Se comportan mejor en suelos pesados que retienen humedad pero no resisten el encharcamiento. El cultivar CT-169 se caracteriza por una altura de 2.5 m a los 5 meses, hojas anchas y largas, aceptable rendimiento (16.5 t MS en época lluviosa y 4.9 t MS en época de secas, a los 105 días de edad); resistencia a la sequía y un porcentaje de Proteína Cruda a los 60 días de 11.4 (Ramírez *et al.* 2008). El cultivar CT-115 se ha usado también como controlador de malezas (Fundora *et al.* 2005, Padilla *et al.* 2004) donde se ha concluido que además de una buena producción de biomasa, se logra el control de malezas, hasta en un 80% sólo el primer ciclo de producción, por consecuencia de la competencia de nutrientes del suelo y la luz solar directa.

Recientemente en Cuba se ha utilizado el CT-115 para pastoreo directo, dando buenos resultados, sobre todo en pastoreos intensivos, donde los periodos de reposo son de 45 días, esto es por la capacidad de este cultivar para producir gran cantidad de rebrotes (Carrasco *et al.* 2002).

En el Cuadro 1, se presenta la clasificación taxonómica, donde ambos cultivares fueron seleccionados a partir del mismo híbrido (King grass) que es una cruce de dos especies diferentes pero pertenecientes al mismo género.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de los cultivares CT-115 y CT-169.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Panicoideae</i>
Tribu	<i>Paniceae</i>
Subtribu	<i>Cenchrinae</i>
Genero	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>P. purpureum</i>
Variedad	King grass (híbrido <i>P. purpureum</i> x <i>P. thypoides</i>)
Cultivar	CT-115 CT-169

Fuente: Vibrans 2009.

2.6 ESTRUCTURA VEGETAL EN LOS TEJIDOS DE LAS GRAMÍNEAS

Las plantas han desarrollado estructuras especializadas en sus paredes celulares para evitar la invasión de microorganismos y brindar integridad estructural (Jung & Allen 1995).

La estructura y función de la pared celular está controlada por la composición y organización de los componentes individuales. La pared celular está compuesta principalmente de azúcares dispuestos en polisacáridos de composición y estructura variable, ácido hidroxicinámico, lignina, proteína, iones y agua (Ramírez-Orduña *et al.* 2002).

Histológicamente, los tejidos de las plantas forrajeras pueden ser divididos en tres tipos: 1) material de rápida fermentación (células del mesófilo); 2) material de lenta fermentación (esclerenquima, parénquima) y 3) material indigestible (tejido vascular lignificado) (Akin 1979).

En las primeras horas de fermentación una parte del sustrato, principalmente los azúcares solubles son fermentados inmediatamente; sin embargo, ellos sólo constituyen una pequeña parte del material potencialmente digestible. A medida que el proceso fermentativo continúa, una menor cantidad de material es hidratado y colonizado por los microorganismos ruminales, lo que origina diferentes tasas de degradación, dependiendo de la concentración de carbohidratos estructurales, contenido de lignina y estado de madurez de la planta (Rosero-Noguera & Posada-Ochoa 2007). Los productos finales de la fermentación ruminal de los carbohidratos estructurales son los ácidos grasos volátiles (AGV's) y gases como CO₂ y CH₄. Los AGV's, principalmente acético, propiónico y

butírico cruzan las paredes del rumen y llegan a la sangre, luego son oxidados en el hígado y pasan a ser la mayor parte de energía para las células (Angulo *et al.* 2005).

Los carbohidratos conforman el 70% o más de la materia seca consumida por rumiantes y aportan la mayor parte de la energía, aproximadamente la mitad de esta proviene de carbohidratos estructurales de las plantas, por lo que es de importancia la cantidad y forma física de estos carbohidratos en el mantenimiento de la salud y la producción de rumiantes (Jung & Allen 1995).

2.7 CAPACIDAD DE RUMIANTES PARA UTILIZAR FORRAJES

La fibra representa una fracción importante en la dieta de los herbívoros, por lo que su productividad está limitada por su capacidad para consumir y digerir dicha fracción (Allen & Mertens 1988). Dado que la fibra es resistente a la digestión por las enzimas de mamíferos, los rumiantes han desarrollado cámaras de fermentación (retículo, rumen y omaso) que albergan una compleja población microbiana, lo cual le permite transformar las estructuras de la pared celular de los vegetales en elementos nutritivos que pueden ser utilizados, una vez absorbidos, para su mantenimiento y funciones productivas (Carro 2001).

Los microorganismos presentes en el rumen, como bacterias, protozoos y hongos, son capaces de transformar la celulosa, hemicelulosa y la pectina, presentes en los alimentos fibrosos, en ácidos grasos volátiles (AGV's), que constituyen la principal fuente de energía para los animales (Weimer 1998). Además, permiten un aprovechamiento de fuentes de

nitrógeno no proteico (NNP), para su conversión en proteína microbiana, y sintetizan vitaminas hidrosolubles incluyendo B₁₂ (Smith & Loosli 1957).

De igual manera, en el contenido ruminal, pueden ser distinguidos dos estratos con diferentes características de degradación y pasaje: una fase líquida y una fase sólida, en la primera se evidencia la presencia de partículas con rápidas tasas de pasaje y degradación (alimentos concentrados) y en la fase sólida, partículas que presentan prolongados tiempos de retención y lenta degradación (forrajes) (Rosero-Noguera & Posada-Ochoa 2007).

El rumiante utiliza además de los productos finales de fermentación, la proteína microbiana, que es aprovechada al digerirse en el abomaso e intestino delgado (Angulo *et al.* 2005).

Todos estos procesos microbianos determinan el valor nutritivo de los alimentos y condicionan la productividad animal, tanto en lo que se refiere a la mejora de índices productivos, como a la calidad de los productos obtenidos (Angulo *et al.* 2005).

2.8 DIGESTIÓN MICROBIANA DE LA PARED CELULAR

La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras que el rumiante aporta alimentos y las condiciones medioambientales adecuadas, los microorganismos degradan los forrajes (de otra forma indigestible para los mamíferos) y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para los rumiantes (Calsamiglia 1997).

Los procesos de digestión microbiana de los polisacáridos estructurales (paredes celulares) son llevadas a cabo en el rumen, con la asociación de los microorganismos a un alimento en particular, el acoplamiento al sustrato ocurre a través de la adhesión íntima de los microorganismos a las estructuras vegetales, luego por la colonización hasta la acción enzimática de dichas estructuras que termina con la liberación de nutrimentos (Fondevilla 1998).

La magnitud de estos procesos está mediatizada por la naturaleza de la pared celular vegetal (propiedades intrínsecas del alimento), por las características de la población microbiana presente en el rumen y por las condiciones del ambiente ruminal (temperatura, acidez, anaerobiosis, etc.) (Fondevilla 1998, Chilibroste 2002, Rosero-Noguera & Posada-Ochoa 2007). La importancia de los componentes fibrosos en el valor nutritivo de las forrajeras producidas en el trópico es muy importante; ya que en las gramíneas, alrededor de 3/4 partes de la materia digerida proviene de la fibra. De los factores que afectan la digestibilidad de la fibra, la lignina es la más importante (Parra *et al.* 1972).

2.9 MICROORGANISMOS DEL RUMEN

Los factores que pueden afectar la eficiencia del crecimiento microbiano en el ecosistema son numerosos y complejos, por tanto, han sido ampliamente estudiados (Hespell & Bryant 1979).

Los microorganismos ruminales son clasificados en tres subpoblaciones, atendiendo a su interacción con las partículas de alimento: 1) los vehiculados con el fluido ruminal; 2) los débilmente asociados con las partículas; y 3) los firmemente adheridos a dichas partículas

(Czerkawski & Cheng 1988, Fondevilla 1998). La subpoblación relacionada con el fluido ruminal, es una mezcla de microorganismos que se han desprendido de las partículas del alimento, estas son las primeras en adherirse a las partículas después de la ingestión. Las dos restantes subpoblaciones, representan del 70 al 80% del total de microorganismos en el rumen. En este ecosistema se han encontrado bacterias, protozoos y hongos anaeróbicos (McAllister *et al.* 1994).

2.9.1 Bacterias

Las bacterias son los microorganismos con mayor actividad en la degradación de la pared celular, tanto cualitativamente como cuantitativamente. La concentración total de bacterias es de 10^{10} a 10^{12} bacterias por ml de fluido ruminal y estas traen consigo un complejo proceso de fermentación, que es esencial para el mantenimiento de los rumiantes en la digestión y nutrición (Bryant & Burkey 1953).

Las bacterias del rumen se caracterizan en base a su morfología, productos de la fermentación, sustrato que utilizan y por su movilidad. Por el sustrato que degradan se dividen en: celulolíticas, amilolíticas, hemicelulolíticas, bacterias que utilizan azúcares, bacterias que utilizan ácidos, proteolíticas, productoras de amonio, productoras de metano, lipolíticas y bacterias sintetizadoras de vitaminas (Grudsky & Arias 1983).

Dentro de los principales géneros de bacterias presentes en el rumen se encuentran: *acidomonococcus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Megasphora*, *Selenomonad*, *Streptococcus*, *Ruminococcus*, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Fibrobacter* y *Spirochete* (Krause & Russell 1996).

2.9.2 Protozoos

El efecto de los protozoos sobre la digestión de la fibra vegetal depende de la importancia relativa de los distintos géneros y especies en el ecosistema. La población de protozoarios en el rumen está compuesta por flagelados y ciliados. El contenido ruminal posee aproximadamente 10^6 protozoos por ml, principalmente ciliados. Muchos son anaerobios obligados, una característica poco frecuente entre los organismos eucarióticos (Krause & Russell 1996).

Los protozoos consumen bacterias y ejercen algún control sobre densidad de las mismas en el rumen. También hay protozoos que alternan una forma flagelada y otra inmóvil. Degradan celulosa, hemicelulosas, pectinas y solubilizan parcialmente lignina que es el compuesto que refuerza las paredes celulares de las plantas maduras (Jouany 1996).

Se han descrito alrededor de 40 especies de protozoos presentes en el rumen, los principales géneros son los siguientes: *Isotricha*, *Dasytricha*, *Charon*, *Blepharocerys* y *Buetschilla*; estos tienen su cuerpo cubierto de cilios y pertenecen a la subclase *Holotricos*. La subclase *spirotricos*, tienen solamente un penacho de cilios en el polo anterior, los géneros más importantes son: *Diplodinium*, *Eudiplodinium*, *Polyplastron*, *Ostracodinium*, *Enoploplastron*, *Entodinium*, *Epidinium* y *Ophryoscolex* (Krause & Russell 1996).

2.9.3 Hongos anaeróbicos

Estos hongos han demostrado poseer un amplio rango de enzimas que pueden degradar los principales carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa), de igual forma muchas de las especies de estos hongos son capaces de usar como fuentes de carbono los carbohidratos solubles glucosa, celobiosa, xilosa, maltosa y sucrosa (Obispo 1992).

Estos microorganismos se encuentran irregularmente distribuidos en la fracción líquida o adheridos al material sólido y paredes del rumen. La concentración en rumen ha sido estimada entre 10^3 y 10^6 hongos por ml de contenido ruminal, debiéndose esta variabilidad principalmente a la metodología empleada para la estimación, tipo de animal y dieta (Obispo 1992).

La clasificación de los hongos del rumen es un tanto incierta hasta el presente. En la clasificación se ha prestado poca atención a la estructura vegetativa; la ultra estructura de los zoosporos polifiagelados ha sido usada como la base para la clasificación como *Chitridiomycetos* (Obispo 1992).

2.10 TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDAD

El proceso productivo con rumiantes es altamente dependiente del consumo voluntario del forraje y su digestibilidad, y aun existiendo disponibilidad de éste, el consumo puede estar limitado por su calidad (bajo contenido de proteína y alto contenido de componentes estructurales) (Obispo *et al.* 2001).

El valor nutritivo de los forrajes está limitado por su contenido de nutrientes y el porcentaje de digestibilidad, estos son el resultado de la distribución y conversión de productos de la fotosíntesis y la absorción de los nutrientes del suelo, por parte de la planta; además de factores como edad de cosecha o corte, estrés y condiciones medioambientales (Van Soest *et al.* 1978).

El conocimiento de la degradabilidad y digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo y por lo tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Van Soest *et al.* 1978).

Para poder calcular la digestibilidad de los forrajes y alimentos para rumiantes, se han descrito técnicas *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. En la técnica *in vivo*, se disponen de jaulas metabólicas dotadas con separadores de heces y orina, los animales deben tener un manejo previo de adaptación (Torres *et al.* 2009). Se pesa el alimento ofrecido, el rechazado, el peso de las heces y todo esto se conserva para su posterior análisis químico. Los animales deben ser alimentados cada día, a la misma hora y con la misma cantidad de alimento más un 10% de rechazo (Torres *et al.* 2009). La técnica de digestibilidad *in situ* utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal, en animales previamente canulados en rumen (Torres *et al.* 2009). La técnica de digestibilidad *in vitro* simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables (Tilley & Terry 1963).

Aunque las determinaciones de la digestibilidad *in vivo* total, incluyendo la degradabilidad *in situ* o *in vivo* parcial, o de la bolsa de nylon son consideradas las más exactas, este es

un proceso laborioso y costoso que requiere el empleo de altas cantidades de alimento, uso de alta mano de obra y la disposición de instalaciones para su cuidado (Nocek 1988); por lo tanto, se han propuesto distintos métodos alternativos; entre ellos, los procedimientos *in vitro* para estimar la digestibilidad, estos pueden realizarse cuando se dispone de pequeñas cantidades de muestra, ya que la muestra se incuba con una porción de inóculo ruminal, simulando las condiciones de degradación ruminal (Dhanao *et al.* 2004).

Las técnicas *in vitro* se han utilizado ampliamente en la evaluación del alimento y en los estudios de fermentación ruminal (Dhanao *et al.* 2004). Desde su introducción en 1963 por Tilley y Terry, han sido modificadas según el tipo de alimento a analizar (forrajes o concentrados) y se han convertido en procedimientos más exactos para la predicción de la digestibilidad en rumiantes. De igual forma se han desarrollado y probado diferentes amortiguadores y sales minerales para ajustar el pH del inóculo a analizar, para ofrecer datos más exactos y precisos (Ishizaki *et al.* 1976).

2.11 FUENTES DE INOCULO PARA LAS PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

En las pruebas de digestibilidad *in vitro*, se han utilizado diferentes tipos de inóculos, buscando diferentes alternativas para realizarlas, ya que los análisis de digestibilidad *in vitro* dependen de animales canulados para la obtención de fluido ruminal como fuente de inóculo. En esta búsqueda, Arce *et al.* (2003) proponen la utilización de enzimas celulasas provenientes del hongo *Penicillium funiculosum*, que comparada con la digestibilidad *in vitro* con fluido ruminal tienen una alta correlación.

Denek *et al.* (2006), proponen obtener inóculo de animales de rastro, en su investigación obtienen una correlación entre digestibilidad *in vitro* y digestibilidad *in vivo* aparente. Pinacho-López *et al.* (2009), utilizaron inóculo de animales de rastro, proponiendo este tipo de inóculo como una alternativa para desarrollar estudios de digestibilidad con bajo costo y bienestar animal.

2.12 INCUBADOR DAISY^{II}® (ANKOM TECHNOLOGY)

La búsqueda para hacer más eficiente, rápido y económico el proceso para estimar la digestibilidad ha llevado al desarrollo del método *in vitro* de Goering y Van Soest, usando el equipo Daisy^{II}® que permite la incubación simultánea de hasta 100 muestras diferentes, distribuidas en cuatro jarras (con una capacidad de hasta 4 L cada una), donde se mantiene el calor uniforme y la agitación constante durante el procedimiento de incubación (Holden 1999) (Figura 1). Con este método, el material que desaparece de las bolsas durante la incubación es considerado digerible.

El principio del Daisy^{II}® 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 (Holden 1999).

El análisis de la digestibilidad *in vitro*, con el equipo Daisy^{II}® es rápido, seguro, eficiente y económico; los datos obtenidos para distintos alimentos tienen una alta correlación con los obtenidos por el método convencional de Tilley & Terry (1963). Esto hace que tenga

mayor aceptación y constituye un método estandarizado y reconocido para determinar la digestibilidad *in vitro* (Zambom et al. 2001, Sullivan et al. 2004, Dean et al. 2005, Reddy et al. 2005, Giraldo et al. 2007).



Figura 1. Incubador Daisy II® (Ankom Technology)

2.13 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP)

Este análisis también llamado análisis inmediato de Weende, consiste en determinar la humedad o materia seca (MS), la proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) o grasa, la fibra bruta (FB), las cenizas o minerales y el extracto libre de nitrógeno (ELN) (AOAC 1990).

Cenizas: es el residuo inorgánico que resulta de incinerar el alimento a 550°C. Lo que se combustiona es la materia orgánica (MO), de modo que $MS = MO + \text{cenizas}$. Esta fracción contiene los minerales y sílice (AOAC 1990).

Extracto Etéreo (EE): es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A,D,E,K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realiza mediante un extractor denominado Soxhlet. (AOAC 1990).

Proteína Bruta (PB): también se lo conoce como Proteína Cruda y se define como el Nitrógeno Total x 6.25, que deriva del hecho de que las proteínas, en promedio, contienen un 16% de Nitrogeno ($100/16=6.25$). En esta fracción se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) como aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc. NO_3 y NO_2 también son NNP pero no se detectan por Kjeldahl (AOAC 1990).

Fibra Bruta (FB): También se la denomina Fibra Cruda y pretende ser un estimador de los carbohidratos estructurales. Se determina mediante la extracción con éter y con hidrólisis con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, pretendiendo simular una digestión ácida

(estómago) y una alcalina (intestino), por lo cual representaría la fracción indigestible de los carbohidratos. Sin embargo, no tiene en cuenta la capacidad de los microorganismos para digerir carbohidratos estructurales. Parte de la celulosa, hemicelulosa y lignina es disuelta y algunos compuestos nitrogenados quedan en el residuo (AOAC 1990).

Extractos Libres de Nitrógeno (ELN): La fórmula para calcular esta fracción es; $100 - (\text{FB} + \text{PC} + \text{EE} + \text{CENIZAS})$. Esto implica que su determinación arrastra los errores cometidos en la determinación de las otras fracciones. ELN pretende ser un estimador de la suma de almidón, azúcares solubles y otros compuestos todos digestibles para el animal, aunque incluye celulosa, hemicelulosa y lignina (AOAC 1990).

Una importante limitación de este procedimiento es que durante el desarrollo se pierden ciertas proporciones de los componentes de la fibra. Parte de la lignina es eliminada por el álcali, y el extracto libre de nitrógeno contiene ciertos polisacáridos que no son completamente digeribles. Esto da por resultado una recuperación incompleta de la fibra y una subestimación del contenido de fibra de algunos alimentos, especialmente de forrajes (Van Soest 1967).

2.13. ANÁLISIS DE FIBRAS DE VAN SOEST

En este método ideado por Van Soest *et al.* (1967) en el laboratorio de investigación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la materia seca del alimento se separa en dos fracciones, una altamente digestible y la otra de baja digestibilidad. En este procedimiento se usa un detergente neutro para separar el contenido de la célula (Solubles Detergentes Neutros, SDN), de la pared celular (Fibra en Detergente Neutro,

FDN). El SDN está compuesto por azúcares, almidones, proteínas, lípidos, carbohidratos solubles y otros materiales hidrosolubles (Van Soest *et al.* 1991). La FDN está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada (Jung & Allen 1995). De todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario (Figura 2).

La fibra detergente ácido (FDA) es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido. Este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa. A pesar de las asociaciones estadísticas positivas encontradas entre concentración de FDA y digestibilidad, no existe una base científica sólida que conecte estos dos parámetros; sin embargo, se utiliza la FDA para predecir la digestibilidad por la alta correlación entre ambas variables (Van Soest *et al.* 1991).

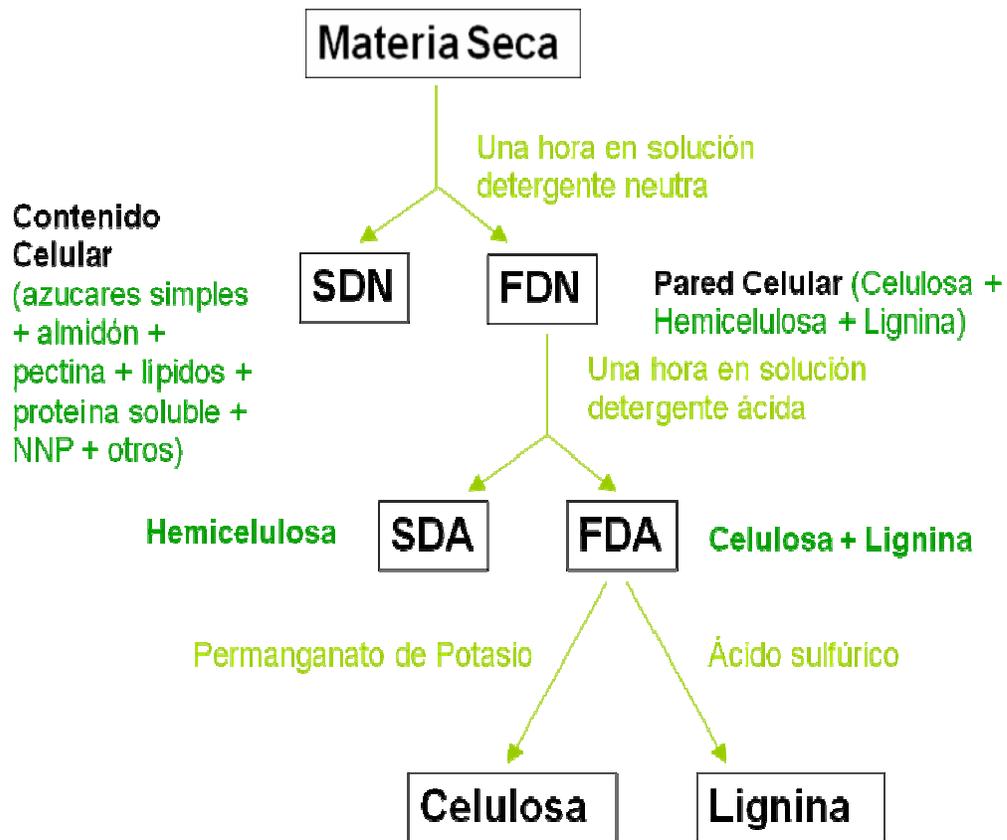


Figura 2. Esquema del análisis de fibras de Van Soest (Van Soest 1967).

III. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la edad óptima de corte de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169, utilizando como indicadores la producción, valor nutricional y digestibilidad *in vitro*.
- Predecir la producción de bovinos de doble propósito y ovinos empleando las tablas del AFRC (1993).

IV. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la producción de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cv CT-115 y CT-169 con base en materia seca a diferentes edades de corte.
- Determinar el valor nutricional de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cv CT-115 y CT-169 a diferentes edades de corte.
- Determinar la digestibilidad *in vitro* a diferentes edades de corte en King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cv CT-115 y CT-169.
- Comparar dos tipos de inóculo (ruminal y fecal), mediante la digestibilidad *in vitro* de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cv CT-115 y CT-169.
- Predecir las unidades animal que podría soportar una hectárea de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*) cv CT-115 y CT-169, utilizando las tablas del AFRC (1993).
- Predecir la producción en bovinos de doble propósito y ovinos alimentados de King Grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*) cv CT-115 y CT-169, utilizando las tablas del AFRC (1993).

V. HIPÓTESIS

- El incremento en la edad del pasto King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169 reduce el porcentaje de proteína y aumenta el contenido de fibra.
- La digestibilidad *in vitro* de King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169, disminuye conforme aumenta la edad de la planta.
- Es posible determinar la digestibilidad de forrajes *in vitro* utilizando inóculo de origen fecal.
- La carga animal que soportan King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169, incrementara mientras mayor sea la edad a corte.
- Es posible estimar la respuesta productiva de bovinos de doble propósito y ovinos de engorda con King grass (*P. purpureum* x *P. thypoides*), cultivares CT-115 y CT-169, utilizando las tablas del AFRC (1993).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN

Se establecieron dos parcelas de los cultivares CT-115 y CT-169, en la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, ubicada sobre la carretera a Oaxaca, vía Sola de Vega, Km 1.5; se delimita a 15°53'22.01" latitud norte y 97°04'31.35" de longitud oeste, con elevación de 75 msnm, los puntos geográficos fueron tomados con un GPS72, Garmin. De acuerdo con Serrano-Altamirano *et al.* (2005) en siete estaciones meteorológicas para la región costa, las que se ubican entre los 20 y 439 msnm, indican una precipitación media anual entre 839.1 y 1587.1 mm y una temperatura media anual entre los 24 y 27.2 °C. Lo anterior ubica a esta región entre los climas A(c)w2 y Aw0, lo que significa que se tienen dos estaciones bien diferenciadas (secas y lluvias), presentándose en algunos un periodo de secas entre el periodo de lluvias (canícula) (García 1988).

Se realizaron los cortes de acuerdo a la edad de la planta y su posterior análisis se efectuó en los laboratorios de química y biología de dicha institución. Los estudios de PC, FDA, FDN y EE se determinaron en el laboratorio de suelo-agua-planta del Instituto Tecnológico de Conkal, Mérida, Yucatán, México.

6.2 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EXPERIMENTALES

Para el establecimiento de las parcelas experimentales se realizaron los métodos agronómicos de desmonte, barbecho y siembra del material vegetal, la distancia de los

surcos fue de 1 m de ancho y la distancia entre plantas de 0.50 m, se dieron riegos auxiliares para las dos variedades. La siembra del material vegetal se realizó durante la época de lluvias (Julio) del año 2008; el corte de homogenización se realizó en el mes de noviembre, mes donde se inicio con la toma de datos y la finalización de la fase experimental fue en el mes de mayo de 2009. El manejo general se aplico en ambas parcelas, con tamaño de parcela de 40m² cada una y distancia entre parcelas de 1m.

6.3 PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

Para la determinación de la producción de Materia Verde se utilizó la técnica descrita por Akhtar (2001), considerando una área experimental de 40 m², para cada cultivar, donde fueron sembrados 4 surcos de 10 metros cada uno. El control de hierbas fue realizado a mano, durante los primeros días del establecimiento, y bajo nivel de mantenimiento para cortes posteriores. Las evaluaciones se realizaron después del tercer corte. Los datos de producción de materia verde se obtuvieron extrapolando la producción obtenida en las parcelas experimentales a una hectárea. Se utilizó una báscula Torrey modelo EQB-100/200 para la determinación de producción en verde, después de la determinación de MS se realizaron las operaciones para calcular la producción de MS por hectárea, y la relación hoja:tallo (Akhtar 2001).

6.4 MUESTRAS

Las plantas se cortaron a una altura de 5 cm, el primer corte fue a los 30 días, el segundo a los 60 días y el último a los 90 días. El total de la producción en verde se pesó en una báscula analítica Torrey modelo EQB-100/200. Se seleccionaron al azar cuatro plantas

de cada cultivar, se separó la hoja de los tallos y se pesaron individualmente. Se tomaron 20 muestras de hojas (100 g c/u) y 20 de tallos (50 g c/u) y se determinó la Materia Seca (MS) utilizando la estufa de aire forzado LAB-LINE Mod. 35L6M a 80°C por 48 horas, de acuerdo con Martínez *et al.* (1989). Posteriormente las muestras se procesaron en el molino IKA-WERKE Mod. MF10, utilizando dos cribas de 2 mm y de 1 mm.

6.5 DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

6.5.1 Inóculo ruminal y fecal

La obtención de inóculo ruminal se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Pinacho-López *et al.* (2009), en la cual se obtiene el fluido ruminal de animales recién sacrificados en el rastro. Se tomó fase acuosa de fluido ruminal y material sólido en una bolsa plástica, esta se metió en un termo Coleman previamente calentado a 39°C, el transporte del rastro al laboratorio tuvo una duración de 10 minutos, en condiciones totalmente anaeróbicas.

Posteriormente, este fluido ruminal se homogenizó en una licuadora WARING 51BL31 previamente calentada a 39°C durante 30 segundos a alta velocidad, en seguida se filtró por tres capas de tela tipo gasa en un embudo y matraz, hasta obtener 800 ml de este filtrado para dos jarras del equipo DAISY (400 ml por jarra).

El inóculo fecal se obtuvo de heces colectadas directamente del recto con un guante de nylon de palpación, transportándose en un termo Coleman previamente calentado a 39°C. Se le agregó agua carbonatada, se homogenizó en la licuadora por 30 segundos a la

velocidad más alta, después se filtro y en un matraz Erlenmeyer se midieron 800ml de este filtrado para dos jarras del equipo DAISY (400ml por jarra).

6.5.2 Procedimiento para determinar la DIVMS

Para la determinación de la digestibilidad *in vitro* (DIVMS), se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del incubador Daisy^{II}[®], (Ankom 2008), usando bolsas N° F57 de la misma marca, con un tamaño de 25 µm de poro, de 5 x 4 cm; en cada una se depositaron 0.25 g de muestra, posteriormente fueron selladas por calor (Ankom 2008).

Se precalentaron las jarras dentro del incubador Daisy^{II}[®], durante 30 minutos después de que la temperatura se mantuvo constante (39 °C), se agregaron 1600 ml de solución amortiguadora a 39 °C y 400 ml de inóculo ruminal o fecal, según fuera el caso, con las respectivas muestras contenidas dentro de las bolsas N° F57.

En cada una de las cuatro jarras de digestión se incubaron al azar 4 repeticiones de cada corte y cultivar, se incluyó una bolsa vacía y sellada sin muestra, con el fin de generar el factor de corrección para el posible ingreso de partículas ó pérdida de peso de las bolsas.

Las muestras se incubaron por 48 h a una temperatura de 39 °C, con agitación circular constante. Luego de la incubación, las bolsas se lavaron con agua fría, con el fin de detener la fermentación, hasta que el agua de salida fuera incolora. Después, se metieron a la estufa de aire forzado a 80 °C, por 48 horas, se determino la Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) por la siguiente fórmula:

$$\text{DIVMS \%} = 1 - (W3 - C1) - W1 / W2 * 100$$

Donde:

W1 = Peso de la bolsa

W2 = Peso de la muestra

W3 = Peso de la bolsa + muestra después del procedimiento

C1 = Factor de corrección (peso de bolsa blanco – peso de bolsa blanco después del procedimiento)

6.5.3 Preparación de soluciones amortiguadoras

La preparación de las soluciones amortiguadoras se realizó en el laboratorio de biología de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, se preparó la solución A, después la solución B (Cuadro 2 y 3 respectivamente).

Cuadro 2. Reactivos utilizados en la solución A.

REACTIVOS	g/litro
KH_2PO_4	10.0
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5
NaCl	0.5
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.5
UREA	0.5

Cuadro 3. Reactivos utilizados en la preparación de la solución B.

REACTIVOS	g/litro
Na ₂ CO ₃	15.0
Na ₂ S•9H ₂ O	1.0

Se precalentaron las soluciones A y B a 39 °C y se mezclaron ~266 ml de solución B en 1330 ml de solución A (relación 1:5), hasta obtener un pH de 6.8 a 39 °C, al final quedaron 1600 ml de solución tampón.

6.6 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA

Parte de las muestras de pasto que se secaron en la estufa de aire forzado, se guardaron en bolsas de papel, previamente etiquetadas y selladas en bolsas plásticas y fueron enviadas al laboratorio de suelo-agua-planta del Instituto Tecnológico de Conkal para el análisis de Proteína Cruda, FDN, FDA y Extracto Etéreo.

La Proteína Cruda (PC) se determinó por el método micro-kjendahl. Se define como N total x 6.25, que deriva del hecho de que las proteínas, en promedio, contienen un 16% de N ($100/16=6,25$).

6.7 DETERMINACIÓN DE FDN Y FDA

La determinación de Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), se determinó por el método de Van Soest, en el laboratorio suelo-agua-planta del Instituto Tecnológico de Conkal (Goering & Van Soest 1970).

Fórmula para calcular la fibra detergente neutro:

$$\text{FDN \%} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Fórmula para calcular la fibra detergente ácida:

$$\text{FDA \%} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

6.8 DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO ETÉREO (EE)

Es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A,D,E,K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realiza mediante un extractor Soxhlet, con la técnica descrita por la AOAC (1990) este procedimiento se realizó en el laboratorio de suelo-agua-planta del Instituto Tecnológico de Conkal.

6.9 PREDICCIÓN DE LA RESPUESTA PRODUCTIVA EN BOVINOS DE DOBLE PROPOSITO

Utilizando los datos generados en este trabajo de los mejores tratamientos de los dos cultivares (CT-115 y CT-169), y utilizando las tablas del Consejo de Investigación Agrícola y de Alimentos, AFRC (1993) para bovinos, se calculó la cantidad (kg) en base a materia seca que se necesita para alimentar un animal y los animales que se pueden alimentar en

una hectárea, en base al potencial máximo de producción que tienen ambos cultivares. Para predecir la respuesta de los animales se utilizó un software creado en el programa Excel de Windows.

6.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 2x3, donde el factor A, son dos cultivares del pasto King grass (CT-115 y CT-169), y factor B, tres edades de corte (30, 60 y 90 días).

El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ijr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijr}$$

Donde:

Y_{ijr} = Variable dependiente evaluada

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B

ε_{ijr} = Error experimental

Además para comparar los datos de la DIVMS utilizando inóculo ruminal y fecal se utilizó un diseño experimental completamente al azar, siendo la unidad experimental una bolsa con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial 2x2x2x3, en donde el factor A, fue cultivar

de pasto; el factor B, edad de corte (días); el factor C, tipo de inóculo; y el factor D, parte de la planta, dando lugar a 24 tratamientos que se muestran en el Cuadro 4. El análisis estadístico se realizó a través del análisis de varianza a través del procedimiento GLM de SAS 9.0 (SAS 2004).

Cuadro 4. Tratamientos evaluados para comparar digestibilidad *in vitro* de los cultivares CT-115 y CT-169, con inóculo ruminal y fecal.

CULTIVAR	EDAD DE CORTE	INOCULO	PARTE DE LA PLANTA	TRATAMIENTO
CT-115	30	FECAL	HOJA	1
			TALLO	2
		RUMINAL	HOJA	3
			TALLO	4
	60	FECAL	HOJA	5
			TALLO	6
		RUMINAL	HOJA	7
			TALLO	8
	90	FECAL	HOJA	9
			TALLO	10
		RUMINAL	HOJA	11
			TALLO	12
CT-169	30	FECAL	HOJA	13
			TALLO	14
		RUMINAL	HOJA	15
			TALLO	16
	60	FECAL	HOJA	17
			TALLO	18
		RUMINAL	HOJA	19
			TALLO	20
	90	FECAL	HOJA	21
			TALLO	22
		RUMINAL	HOJA	23
			TALLO	24

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 MATERIA SECA (MS)

La producción de materia seca (MS) de los dos cultivares de pasto King grass se muestran en el Cuadro 5, en donde se distinguen los valores promedio del porcentaje de materia seca en los tres cortes, se observa que conforme aumenta la edad de corte, la materia seca aumenta. Este proceso es dado por la cantidad de nutrientes y minerales que va adquiriendo la planta, conforme se incrementa el contenido de materia seca, la cantidad de humedad disminuye, esto es importante para la conservación de forrajes y para la formulación de dietas; para evitar pérdidas durante el almacenamiento y también para minimizar los costos durante la alimentación (Núñez-Hernández & Cantú-Brito 2000).

La materia seca para el cultivar CT-115 fue de 14.2% para el primer corte (30 días), por arriba del cultivar CT-169 (13% de MS) para la misma edad de corte; sin embargo, no hubo diferencia ($P>0.05$). El segundo corte (60 días), fue diferente ($P<0.05$) al compararlo con el primero (30 días); no obstante, entre cultivares no hubo diferencia, 17.58% y 18.65% de MS para los cultivares CT-115 y CT-169, respectivamente.

Nunes-Medeiros *et al.* (2007), utilizaron heno de pasto elefante a 60 días de edad, mencionan que el contenido de MS es de 85%, cifra muy alta al compararla con los valores reportados en esta investigación, sin embargo, al revisar la metodología de estos autores, ellos incluyeron la deshidratación del pasto para evitar pérdidas por pudrición en el proceso de henificación. Los datos de MS reportados en este estudio, se encuentran

dentro del rango al compararlos con los valores reportados por León-Meléndez *et al.* (2000), con el cultivar CRA-256 de pasto Taiwan, este autor reporta niveles crecientes de materia seca, conforme la edad de la planta aumenta. En cortes a 45, 60 y 75 días, los niveles promedios de MS fueron de 15.73, 15.93 y 19.41% respectivamente.

Cuadro 5. Producción de materia seca, materia verde y relación hoja:tallo de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.

CULTIVAR		EIDADES DE CORTE (DÍAS)		
		30	60	90
CT-115		Media± DE	Media± DE	Media± DE
	MV (kg)	0.87±0.26 ^b	8.49±2.75 ^a	7.86±2.29 ^a
	MS%	14.20±2.02 ^c	17.58±2.6 ^b	25.60±0.64 ^a
	Hoja MS%	17.70±0.58 ^c	31.46±0.71 ^b	52.27±3.36 ^a
	Tallo MS%	26.90±0.01 ^a	12.66±0.74 ^c	20.25±3.25 ^b
	Relación hoja:tallo	1.50 ^a	0.88 ^b	0.52 ^c
CT-169		Media± DE	Media± DE	Media± DE
	MV (kg)	0.711±0.18 ^c	3.16±0.58 ^b	4.85±1.78 ^a
	MS%	13.00±1.17 ^c	18.65±3.02 ^b	30.79±0.40 ^a
	Hoja MS%	15.84±0.77 ^c	29.48±0.43 ^b	53.06±1.35 ^a
	Tallo MS%	24.50±0.47 ^a	14.32±1.25 ^b	25.06±6.12 ^a
	Relación hoja:tallo	1.63 ^a	0.83 ^b	0.52 ^c

Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

7.2 PRODUCCIÓN POR HECTÁREA

La producción por hectárea del cultivar CT-115 sin fertilización, se muestra en el Cuadro 6. A los 30 días es de ocho toneladas de materia verde mientras que el CT-169 produce siete toneladas. Para 60 días el CT-115 produce 78 toneladas de materia verde, mientras que el cultivar CT-169 produce 31 toneladas. Para el corte a 90 días el cultivar CT-115

produce 84 toneladas por hectárea de materia verde, mientras que el cultivar CT-169 produce 49 toneladas de materia verde, mostrando diferencia estadística ($P < 0.05$) entre todas las edades y entre cultivares.

El cultivar CT-115 presenta la característica anatómica de producir un mayor número de rebrotes y un acortamiento de los entrenudos, produciendo así un mayor contenido de hojas, en comparación con el cultivar CT-169; por este motivo la producción de materia verde del cultivar CT-115 en el tercer corte (90 días) es de 84.9 toneladas, 38.9 toneladas de diferencia al compararla con el cultivar CT-169 a la misma edad de corte ($P < 0.05$).

En la Figura 3, la línea de tendencia de producción del CT-115 indica que para el tercer corte (90 días) hay un menor crecimiento y por ende una menor producción de biomasa, en comparación con el segundo corte (60 días); por lo que el punto óptimo de corte se encuentra antes de los 90 días. La línea de tendencia de producción para el CT-169, en cambio, nos indica que este pasto desarrolla un crecimiento lineal, con una producción de biomasa constante, por lo que este pasto tiene su punto de corte óptimo a los 90 días, si se tratara de buscar la máxima cantidad de biomasa.

Esta producción de forraje se encuentra dentro del rango reportado para las especies del género *Pennisetum*; en su mayoría, presentan rendimientos de 40 t de materia verde (MV)/ha/corte y más de 120 T MV/ha/año con porcentajes de proteína que oscilan entre 6 y 8.5% y rendimientos de materia seca que oscilan entre 72 y 85 t MS/ha/año (Bogdan 1977).

Martínez-Zubiaur (2007), en su investigación con King grass, cultivar CT-115, señala una producción de forraje en materia seca a los 73 días de 11.6 toneladas por hectárea de MS y a los 180 días de 26.7 toneladas por hectárea de MS, apreciando un aumento considerable en la tasa de crecimiento que se inició a partir de los 28 días y la acumulación de biomasa disminuyó a partir de los 120 días de edad y se mantuvo sin declinar hasta los 180 días; estos datos están por debajo de los calculados en este estudio, quizás principalmente por efecto de los riegos auxiliares, aplicados en el estudio mencionado; este mismo autor presenta una ecuación, la cual coincide con la presente investigación, en cuanto a sus datos de producción de materia seca; sin embargo, este modelo ($Y = 29.4 * \text{EXP} [-4.41 * \text{EXP}(-0.38 * X)]$ donde X es el número de cortes cada 14 días) no se adapta a los resultados obtenidos en este estudio ya que sobreestima la producción a los 30 días y subestima la producción a los 60 y 90 días.

Espinoza *et al.* (2001), compararon el *P. purpureum* cv. King grass en asociación con leguminosas forrajeras, con otros cultivares de *P. purpureum*, con un mayor rendimiento en los tratamientos asociados a las leguminosas (24 a 30 t MS/ha/año), esto es debido a la capacidad que tienen las leguminosas de fijar nitrógeno en el suelo, que es aprovechado por las gramíneas, en este caso, por el pasto King grass, lo que deriva en mayores producciones; además de esto el pasto King grass presenta una altura mayor en comparación con los cultivares CT-115 y CT-169.

La producción de MS por hectárea para el CT-169 a 30 días de edad coincide con los resultados reportadas por Ramírez *et al.* (2008); la producción a 60 días fue mayor. La parcela bajo este estudio se mantuvo con riegos auxiliares cada 2 días, a diferencia de la de Ramírez *et al.* (2008) que fue de temporal. Ramírez *et al.* (2008) reporta que el

rendimiento aumenta al envejecer la planta, con los mejores valores a los 105 días (16.52 t MS/ha corte⁻¹ lluvioso y 4.96 poco lluvioso).

Cuadro 6. Producción en kg/hectárea de King Grass cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.

CULTIVAR		EIDADES DE CORTE (DÍAS)		
		30	60	90
CT-115	MV Kg/ha	8730 ^a	78600 ^b	84900 ^c
	MS Kg/ha	1240 ^a	17700 ^b	22700 ^c
CT-169	MV Kg/ha	7110 ^a	31100 ^b	49100 ^c
	MS Kg/ha	924 ^a	8100 ^b	11400 ^c

Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas (P<0.05).

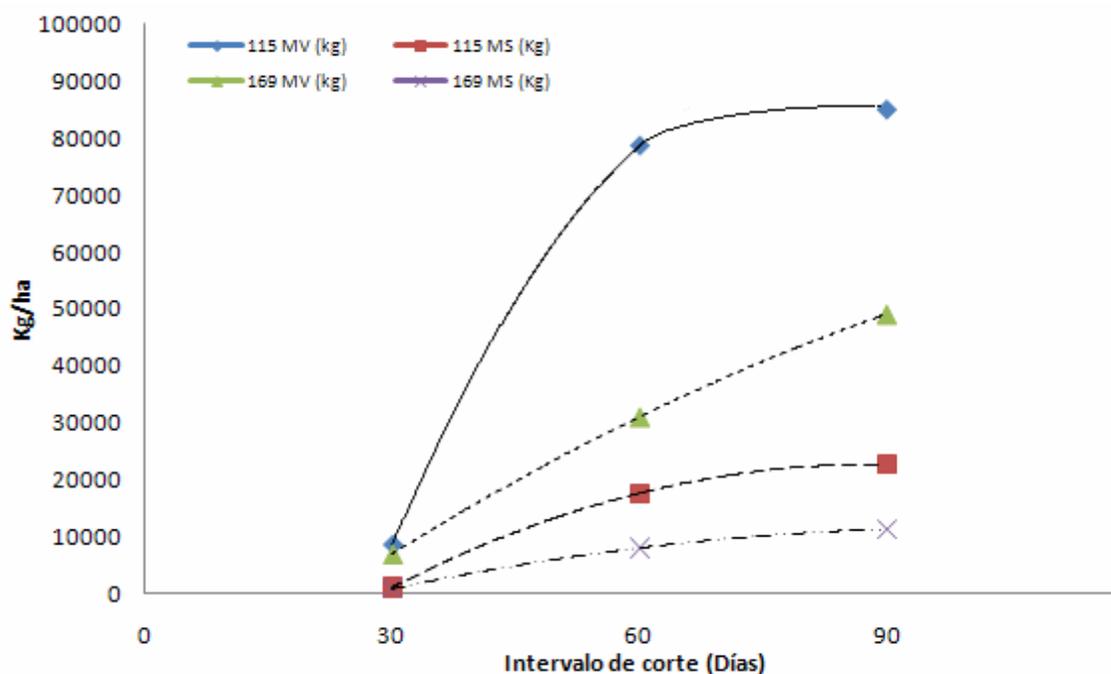


Figura 3. Líneas de tendencia que indican la producción de MS y MV en Kg/ha de King grass cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.

7.3 PROTEÍNA CRUDA (PC)

Existe diferencia significativa ($P < 0.0001$) para la variable proteína cruda en edades de corte y cultivar, siendo el cultivar CT-169 el que muestra los mejores resultados en los primeros 30 días (11.53% para hojas y 6.44% para tallos), seguida del cultivar CT-115 durante el mismo mes (10.57% y 5.57% para hojas y tallos respectivamente); a los 60 días de corte, el cultivar CT-115 disminuye su contenido de proteína en hoja, pero mantiene su contenido en tallo; sin embargo, para el cultivar CT-169 el contenido de hoja y tallo disminuyen a los 90 días de corte, el cultivar CT-169 continua disminuyendo su contenido de proteína (5.09% y 2.93% para hoja y tallo respectivamente), al igual que el CT-115; este último con mejores valores para esta edad de corte 6.31% para hoja y 3.15% para tallo (Cuadro 7).

Los dos cultivares evaluados cuentan con el 6% de proteína cruda en promedio, mismos que coinciden con los resultados obtenidos por Muñoz *et al.* 1984 y González & Eguiarte 1993. La reducción del contenido de proteína e incremento de la fibra al aumentar la edad de la planta coinciden con Martín (1998) y Fernández (2000) en diferentes especies de pastos. Nunes-Medeiros *et al.* (2007) reportan un valor de 5.0% para la PC en heno de pasto elefante a 60 días de edad, lo cual es respecto a los niveles mencionados en este estudio para la misma edad de corte.

León-Meléndez *et al.* (2000), señalan que el contenido de proteína declinó rápidamente entre la segunda y sexta semana de edad, desde 20%, hasta 7%; manteniendo un descenso gradual hasta 4% desde la séptima a la semana 24 de edad.

Ramírez-Ribera *et al.* (2003) encontraron un contenido de proteína para la variedad CT-115 a 30 días de 8.8% en época seca, y 6.4% en el corte a 60 días, en la misma época. En el periodo lluvioso a los 30 y 60 días de corte, los valores de proteína fueron de 7.4% y 6.5% respectivamente. Los autores atribuyen estos contenidos de proteína a un proceso de dilución durante la época de lluvia, en la cual la relación proteína cruda/compuestos químicos disminuye; por lo que a los 75 días, los contenidos de proteína van de 5.3% en época seca y 4.6% en época lluviosa.

Los valores de proteína cruda en esta investigación a 60 y 90 días son menores a los reportados por Valenciaga *et al.* (2006) con King grass, cultivar CT-115 a 60 y 95 días de edad a corte, donde, los contenidos de proteína no representan cambio significativo, ya que van de 12.63% a 12.44%; sin embargo, los altos valores de FDN 74.10% y 73.07% son superiores a los valores obtenidos en este trabajo. Los porcentajes de proteína cruda en la investigación de Valenciaga *et al.* (2006) se pueden justificar ya que la parcela fue fertilizada con 100 kg/ha de Nitrógeno.

Casanovas *et al.* (2006) al evaluar la frecuencia de corte en el pasto King grass, cultivar CT-115, encontraron valores de proteína en hojas que van de 6.70% a 3.85% y para tallos desde 4.48% a 4.59% en época seca en edades de 45 y 120 días, respectivamente. Estos mismos autores reportaron que el contenido de proteína decrece conforme se prolonga la frecuencia de corte y recomiendan el corte a los 75 días en época seca.

Cuadro 7. Porcentaje de Proteína Cruda de King grass, cultivares CT-115 y CT-169 en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	PROTEINA CRUDA (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	10.57 ^a	0.28	5.57 ^b	0.54	11.53 ^c	0.26	6.44 ^d	0.47
60	7.02 ^a	0.43	5.56 ^b	0.54	8.00 ^c	0.38	4.55 ^d	0.64
90	6.31 ^a	0.48	3.15 ^b	0.95	5.09 ^c	0.59	2.93 ^d	1.02

Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

7.4 FIBRA DETERGENTE NEUTRA (FDN)

Los valores para la variable fibra detergente neutra dentro de cultivar, entre cultivares y en edades de corte, son diferentes ($P < 0.05$). Estos valores se incrementaron conforme aumenta la edad de la planta, siendo los valores mayores a los 90 días de edad y los menores a los 30 días. Dentro de cada cultivar, las hojas siempre mostraron valores menores a los tallos, excepto en el corte a 90 días para el cultivar CT-115, donde el tallo (70.73%) muestra un valor menor al de la hoja (70.88%). El cultivar CT-169 resultó con menores valores para las dos primeras edades; sin embargo, para el tercer corte (90 días), el cultivar CT-115 muestra un porcentaje de FDN menor. Los valores de cada cultivar de acuerdo a la parte de la planta y edad de corte, se muestran en el Cuadro 8.

El contenido de fibra detergente neutra tiende a aumentar conforme aumenta la madurez de la planta (Cuadro 8) coincidiendo con Casanovas *et al.* (2006), estos autores reportan datos que van de 30.97% a 34.61% en hojas y de 32.50% a 38.68% en tallos. Los porcentajes para FDN en este trabajo (Cuadro 8) se encuentran dentro del rango reportado por Nunes-Medeiros *et al.* (2007) donde el contenido de Fibra Detergente

Neutro (FDN) fue de 65%. Similares valores son los reportados por Valenciaga *et al.* (2001), donde la fibra detergente neutra para King grass, cultivar CT-115 a 65 días de rebrote en hoja, tallo y planta completa es de 67.39%, 68.98% y 68.23% respectivamente, datos similares a los publicados en este estudio para el mismo cultivar a 60 días de corte 67.15% y 69.01% para hoja y tallo respectivamente.

Cuadro 8. Porcentajes de Fibra Detergente Neutra de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	FIBRA DETERGENTE NEUTRA (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	63.24 ^a	0.047	68.07 ^b	0.044	64.47 ^c	0.046	65.22 ^d	0.045
60	67.15 ^a	0.044	69.01 ^b	0.043	66.43 ^c	0.045	67.46 ^d	0.044
90	70.88 ^a	0.042	70.73 ^b	0.042	72.10 ^c	0.041	73.84 ^d	0.040

Literales distintas en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

7.5 FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA)

Con respecto al contenido de Fibra Detergente Ácida, se determinó que conforme la edad de los cultivares aumenta, también el contenido de FDA, teniendo mayor porcentaje a los 90 días con 44.77% y 46.18% para hoja y tallo, respectivamente en King grass, cv. CT-115, mientras que para el cv. CT-169 los porcentajes para hoja y tallo a esta edad de corte fue de 43.67% y 49.19%, respectivamente.

El contenido de FDA menor se da a los 30 días, coincidiendo con Queiroz-Philo *et al.* (2000), quienes indican que conforme la edad de corte aumenta, las fracciones fibrosas también aumentan, disminuyendo el valor nutritivo del forraje.

Los porcentajes de FDA en el cultivar CT-169 son mayores ($P<0.05$) con respecto a los valores del cultivar CT-115. Entre especies, las hojas mostraron siempre tener valores menores a los tallos, con diferencias significativas ($P<0.05$).

Los valores de cada cultivar de acuerdo a la parte de la planta y edad de corte, se muestran en el Cuadro 9.

Menores valores para fibra bruta fueron reportados por León-Meléndez *et al.* (2000), donde la fibra bruta en la materia seca se incrementa rápidamente entre la segunda y cuarta semana; desde 21%, hasta 26%. Después el aumento es lento, en un rango de 26% al 35% entre la quinta y la semana 24 de edad.

Valores similares a los del presente estudio fueron reportados por Nunes-Medeiros *et al.* (2007), quienes reportaron un contenido de FDA de 40% para el corte a 60 días de edad. Datos similares son los reportados por Valenciaga *et al.* (2001), para el contenido de FDA, donde a 65 días de rebrote muestran valores de 40.78%, 38.83% y 39.43%, para hoja, tallo y planta completa respectivamente.

Cuadro 9. Porcentajes de Fibra Detergente Ácida de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte, en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	FIBRA DETERGENTE ACIDA (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	39.47 ^a	0.076	39.87 ^b	0.075	38.85 ^c	0.077	39.82 ^b	0.075
60	40.89 ^a	0.073	42.37 ^b	0.070	40.13 ^c	0.074	45.22 ^d	0.066
90	44.77 ^a	0.067	46.18 ^b	0.064	43.67 ^c	0.068	49.19 ^d	0.060

Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P<0.05$).

7.6 EXTRACTO ETÉREO (EE)

Los resultados con respecto a Extracto Etéreo, indican que, los valores de los tallos se mantienen mientras aumenta la edad de corte en ambos cultivares, de igual forma entre cultivares no hay diferencia ($P < 0.05$), para EE en tallos. Dentro de los cultivares, las hojas siempre mostraron tener mayores valores que los tallos y estos fueron diferentes de acuerdo a la edad de corte. Existe diferencia ($P < 0.05$), en las edades de corte, para lo cual la edad de 30 días de corte, resultó ser la mejor, seguido de 90 días de corte y por último el corte a 60 días. El cultivar CT-169 resultó favorecido, ya que supera al cultivar CT-115 en porcentajes de EE en hojas y tallos.

Los valores de EE publicados en este estudio coinciden con Nunes-Medeiros *et al.* (2007), estos investigadores mencionaron que el contenido de EE para el cultivar CT-115 es de 2.0%. Por su parte, Ramírez-Ribera *et al.* (2003) reportaron que no hay diferencia estadística entre edades de corte, lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

A los 30 días, el valor de EE en un estudio realizado por Ramírez-Ribera *et al.* (2003) fue de 0.795% para ambas épocas, mientras que para los 60 días la época lluviosa fue mejor en 1.055% y 0.886% para la época seca, quedando al final con un porcentaje de 0.93% para la época lluviosa y 0.89% para la época seca; cifras que son menores a las reportadas en esta investigación, ya que las hojas en ambos cultivares superan el 2% de EE y los porcentajes de los tallos fueron mayores a 1.28% de EE.

Cuadro 10. Porcentajes de Extracto Etéreo para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	EXTRACTO ETEREO (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	2.66 ^a	1.12	1.33 ^b	2.25	2.86 ^c	1.04	1.28 ^b	2.34
60	2.00 ^a	1.50	1.35 ^b	2.22	2.70 ^c	1.11	1.30 ^b	2.30
90	2.30 ^a	1.30	1.38 ^b	2.17	2.57 ^c	1.16	1.32 ^b	2.27

Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

7.7 DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA (DIVMS)

Se determinó que la digestibilidad disminuyó conforme la edad de la planta aumentó, mostrando los mejores resultados a 30 días de corte; sin embargo, no se observó diferencia ($P < 0.05$) con el corte a 60 días. La edad de corte a 90 días resultó ser diferente ($P > 0.05$), al compararlo con el corte a 30 y 60 días.

El cultivar CT-115 presenta un mayor digestibilidad en comparación con el cultivar CT-169 ($P < 0.05$), en ambos cultivares, las hojas siempre fueron superiores a los tallos, con digestibilidades de 59.49% y 55.65%, respectivamente (Cuadro 11).

En este estudio la digestibilidad *in vitro* para las hojas fue superior que la obtenida para los tallos. Dichos cultivares se destacaron por sus grados de digestibilidad posiblemente por la relación hoja-tallo, aún en edades avanzadas como lo muestran los datos de León-Meléndez *et al.* (2000).

El contenido de fibra detergente ácida es también un factor importante en la digestibilidad de la materia seca, ya que niveles menores de FDA se asocian con una mayor digestibilidad de la materia orgánica en dietas para conejos (Nieves *et al.* 2008).

La degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) es muchas veces comparada con la Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca, sin embargo, utilizando el incubador Daisy II de Ankom Technology, se puede predecir ésta, mediante la ecuación propuesta por Giraldo *et al.* (2007). Estos datos pueden compararse con los de otros trabajos donde se obtuvo la DISMS, por ejemplo el de Valenciaga *et al.* (2001), donde presentó una degradabilidad ruminal de la materia seca para hojas, tallos y planta completa de 59.70%, 38.19% y 50.14%, respectivamente. Al aplicar la ecuación de Giraldo *et al.* (2007) en los datos generados en este estudio y compararlos con los datos de Valenciaga *et al.* (2001), coincide para la DIVMS de hojas (56.58%), mas no así para el tallo (54.97%), donde el valor presentado en este estudio es mucho mayor que el de Valenciaga *et al.* (2001) que fue de 38.39%.

Cuadro 11. Porcentajes de Digestibilidad *in Vitro* de la Materia Seca para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE LA MATERIA SECA (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	63.49 ^{a,d}	2.02	62.57 ^{ab,d}	4.08	57.70 ^{b,d}	2.02	51.85 ^{c,e}	6.47
60	57.96 ^{bc,e}	2.75	56.11 ^{c,e}	2.88	61.89 ^{ab,d}	5.12	58.02 ^{bc,d}	2.93
90	57.63 ^{a,e}	2.99	54.03 ^{ab,e}	2.99	58.27 ^{a,d}	4.42	51.30 ^{c,e}	1.16

(a,b,c, d, e) Literales diferentes en la misma línea o columna, indican diferencias estadísticas (P<0.05).

7.8 DIVMS UTILIZANDO INOCULO FECAL

La digestibilidad de los tallos siempre fue diferente ($P < 0.05$) a la de las hojas, con medias de 56.10% y 51.46% respectivamente. El mejor cultivar resultó el CT-115, seguido del CT-169 ($P < 0.01$). También existen diferencias para las edades de corte, por lo que el corte a 30 días, fue el de mayor digestibilidad, seguido del corte a 90 días, por último el corte a 60 días.

Estos datos (inóculo fecal) al compararlos con los resultados de la DIVMS (inóculo ruminal), son menores; lo cual coincide con los datos de D'ascanio (1996), quien comparó inóculo ruminal, contra inóculo fecal en diferentes tiempos de incubación.

En este estudio se encontró que hay diferencia ($P < 0.01$), entre la digestibilidad de inóculo ruminal (58%) sobre el fecal (54%).

En cuanto a la interacción que hay entre tipo de inoculo y cultivar, el estudio muestra diferencia estadística entre el cultivar y el tipo de inoculo, ya que el cultivar CT-115 representa una mayor digestibilidad para ambos tipos de inoculo, 56% y 58.6% para inoculo fecal y ruminal, respectivamente, mientras que el cultivar CT-169 muestra una digestibilidad de 51.4% y 56.5% para inoculo fecal y ruminal respectivamente. De acuerdo con Boschini & Amador (2001), en este estudio se observó que conforme la edad aumenta, la cantidad de fibra que se acumula en las paredes de las células de los forrajes también se incrementa, generando una menor degradación por parte de los microorganismos ruminales. El inóculo de origen ruminal tiene mayor capacidad de degradar los sustratos evaluados, esto puede ser debido a la población de

microorganismos, y también a que las soluciones amortiguadoras utilizadas son óptimas para inóculo ruminal, mientras que adecuaciones al medio pueden aumentar el potencial de degradación con inóculos diferentes al ruminal.

Cuadro 12. Porcentajes de DIVMS con inóculo fecal para King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte en Puerto Escondido, Oaxaca.

EDAD DE CORTE (DIAS)	DIVMS CON INÓCULO FECAL (%)							
	CT-115				CT-169			
	HOJA		TALLO		HOJA		TALLO	
	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV	MEDIA	CV
30	62.34 ^{aa,d}	5.00	60.15 ^{ab,d}	3.30	58.19 ^{ab,d}	2.95	54.22 ^{b,d}	2.60
60	54.58 ^{a,f}	8.13	49.83 ^{ab,e}	5.53	51.05 ^{ab,f}	6.40	45.45 ^{c,e}	5.69
90	57.42 ^{a,e}	3.05	52.23 ^{b,e}	5.13	53.00 ^{b,e}	1.59	46.86 ^{c,e}	1.51

(a,b,c,d,e,f) Literales diferentes en la misma línea, indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

7.9 PREDICCIÓN DE LA RESPUESTA PRODUCTIVA EN BOVINOS DE DOBLE PROPOSITO

Para tener una idea del uso potencial del forraje evaluado, los datos del pasto se adecuaron a los requerimientos indicados por el AFRC (1993) con el cual se incluyen las variables bromatológicas y de degradación. A continuación los resultados de uno de los tratamientos con mayor potencial forrajero, CT-115 con corte a 60 días.

7.9.1 Bovinos de engorda (400 kg)

El presente ejercicio indica que un novillo de 400kg que camina 3 km diarios, es capaz de mantenerse y ganar 250gr diarios, no mostrando limitantes de energía ni proteína, solo consumiendo 12 kg de MS de CT-115 a 60 días de corte.

Proporcionar las características de los animales y su nivel de producción						
IDENTIFICACION	PESO VIVO kg	CAMBIO PESO kg/día	SEXO (M)MACHO (H)EMBRA	METROS CAMINADOS m	DIAS PREÑEZ	
9	400	0,25	M	3000	0	

NECESIDADES DE PM (g/d) Y ENERGIA (MJ/d) (Nota: EMF, PEDR, PDNDR y PEDR/EMF son necesidades nacionales)						
	NECESIDADES TOTALES	APORTADO DIFERENCIA POR DIETA		LIMITANTES DE LA DIETA	Especificaciones de la dieta	
					Mínimo	Máximo
EM	90,78	89,64	-1,14	NO	86,2	99,9
PM	271,29	262,72	-8,57	NO	257,7	298,4
NOCIONAL						
EMF	44,49	85,52	41,04	NO	40,0	51,2
PEDR	792,27	412,11	-380,16	SI	713,0	911,1
PDNDR	8,57	0,00	-8,57	SI	7,7	9,9
PEDR/EMF	9,26	4,82	-4,45	SI		

7.9.2 Vaca lactancia (500kg PV)

Proporcionar las características de los animales y su nivel de producción								
IDENTIFICACION	PESO VIVO	CAMBIO PESO kg/día	LECHE PRODUCIDA kg/día	COMPOSICION DE LA LECHE			DIAS PREÑEZ	PESO ESTIMADO BECERRO (al nacimiento) kg
				GRASA g/Kg	PROTEINA g/Kg	LACTOSA g/Kg		
BAYA	500	0	4	35	31,9	44,2	0	31,24

NECESIDADES DE PM (g/d) Y ENERGIA (MJ/d) (Nota: EMF, PEDR, PDNDR y PEDR/EMF son necesidades nacionales)						
	NECESIDADES TOTALES	APORTADO POR DIETA	DIFERENCIA	LIMITANTES DE LA DIETA	Especificaciones de la dieta	
					Mínimo	Máximo
EM	82,46	112,05	29,59	NO	78,3	94,8
PM	442,59	457,45	14,86	NO	420,5	509,0
NOCIONAL						
EMF	77,50	106,91	29,41	NO	69,7	89,1
PEDR	989,85	717,57	-272,28	SI	890,9	1138,3
PDNDR	0,00	0,00	0,00	SI	0,0	0,0
PEDR/EMF	9,26	6,71	-2,55	SI		

Una vaca de 500 kg tiene la capacidad de sostener una producción de 4 litros por día, pero sin aumentar la condición corporal. Este ejercicio indica que el CT-115, presenta una

buena producción de forraje, pero es necesario suplementar con fuentes energéticas y proteicas cuando se busca aumentar la eficiencia biológica de la producción bovina.

7.9.3 Ovino (40 kg PV)

En el caso de los ovinos, el pasto CT-115 cubre los requerimientos de mantenimiento de los mismos como se puede apreciar en el siguiente ejercicio.

Proporcionar las características de los animales y su nivel de producción				
IDENTIFICACION	PESO VIVO	CAMBIO PESO	SEXO	
		Kg	(M)ACHO (H)EMBRA	
Cesyro 678	40	0	m	

NECESIDADES DE PM (g/d) Y ENERGIA (MJ/d)						
(Nota: EMF, PEDR, PDNDR y PEDR/EMF son necesidades nacionales)						
	NECESIDADES TOTALES	APORTADA POR DIETA	DIFERENCIA	LIMITANTES DE LA DIETA	Especificaciones de la dieta	
					Mínimo	Máximo
EM	8,60	8,96	0,36	NO	8,17	9,90
PM	38,41	37,33	-1,08	NO	36,49	44,17
NOCIONAL						
EMF	6,68	8,55	1,88	NO	6,01	7,68
PEDR	75,02	58,56	-16,46	SI	67,52	86,27
PDNDR	1,08	0,00	-1,08	SI	0,97	1,24
PEDR/EMF	8,77	6,85	-1,93	SI		

Es probable que dada la baja densidad de nutrientes, al ser consumido por ovinos la cantidad de nutrientes disponibles es menor que en los bovinos. Es necesario entonces que los ovinos tengan mayor oportunidad de seleccionar en estos forrajes de corte. Investigaciones recientes (Antonio *et al.* 2009 a, b) demuestran que hay un efecto sinérgico en la digestibilidad y por lo tanto la disponibilidad de nutrientes cuando se utilizan arbóreas con forrajes altos en FDN y FDA.

VIII. CONCLUSIONES

Del análisis de la información generada bajo las condiciones de este trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones:

1. La capacidad de estos dos cultivares para producir material forrajero durante la época de secas evidencian su gran potencial en la zona de estudio para la alimentación de rumiantes.
2. El incremento en la edad al corte de la planta, en ambos cultivares, ocasiona una disminución de los contenidos de PC y de la DIVMS y un incremento de los niveles de FDN y FDA.
3. Los niveles de EE son similares en las diferentes edades de corte.
4. Los valores de la digestibilidad utilizando inóculo de origen ruminal de animales de rastro, crea una posibilidad para la realización de más pruebas de este tipo, ya que los porcentajes encontrados están dentro del rango estimado de valores de digestibilidad.
5. La edad de corte óptima para el cultivar CT-115 es de 60 días y para el cultivar CT-169 es de 90 días, de acuerdo a la producción, el contenido de Proteína, FDN, FDA, EE y DIVMS.
6. Las predicciones hechas a partir del modelo de la AFRC, demuestran que estos cultivares son una buena opción para utilizarse como forraje de corte por su gran producción de materia seca con contenidos aceptables de energía y proteína.

IX. APÉNDICE

APÉNDICE 1. RECOMENDACIONES DE MANEJO PARA KING GRASS CULTIVARES CT-115 Y CT-169

Se recomienda hacer la siembra del material vegetativo (reproducción agámica) en época de lluvias, o si es en época de secas, uno o dos días antes de la siembra se deberá dar riego rodado, en este caso también se deberán dar riegos auxiliares hasta su establecimiento (60 días).

La siembra de CT-115 y CT-169 se hace en forma vegetativa, por lo que deberán de usarse tallos de 90 días de edad, de tres o más nudos, se deberá de dejar un porcentaje de hoja a fin que estas cubran las yemas apicales, que es de donde salen los rebrotes.

Antes de realizar la siembra, se deberá hacer un control de malezas, para que el establecimiento de las plantas y el rebrote continúe sin competencia, una vez establecida la pradera, los rebrotes de estos cultivares controlan la mayoría de las especies de malezas.

Ambas especies responden positivamente a la fertilización con nitrógeno (100 kg/ha año¹), por lo que realizar esta práctica en suelos pobres tendrá efectos positivos en aumento de la cantidad de biomasa y proteína cruda por hectárea.

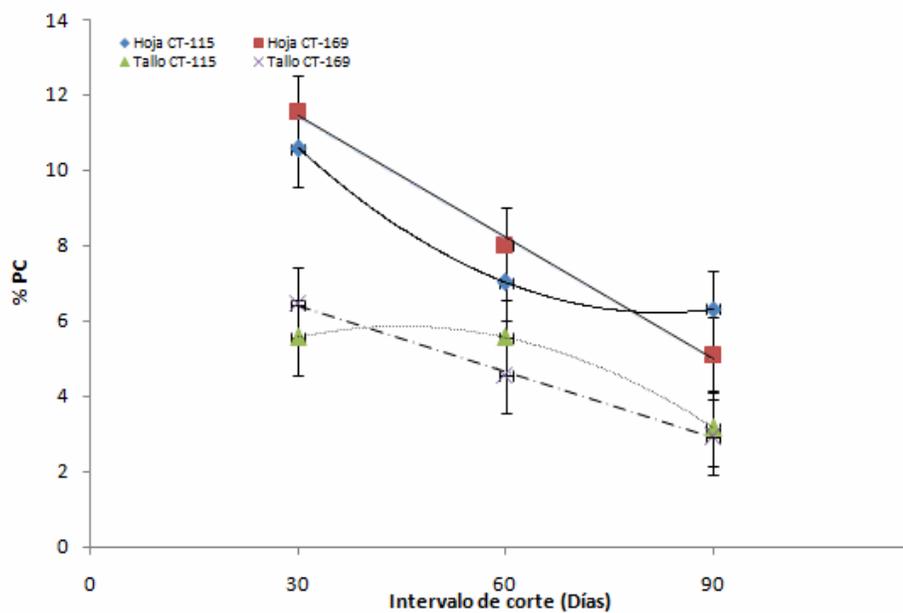
Intercalar leguminosas trepadoras entre los surcos o entre las plantas, es una práctica que beneficia al cultivo, por el nitrógeno que es depositado por las bacterias asociadas a las leguminosas y por el contenido nutricional que aumenta al incluir leguminosas a las dietas de rumiantes.

Ambos cultivares son recomendados para ser usados en el sistema de corte y acarreo, sin embargo, el cultivar CT-115 ha sido utilizado para pastoreo directo donde ha tenido muy buenos resultados especialmente a 45 días de descanso, a mayor edad este cultivar desarrolla una mayor cantidad de tallos que no son consumidos por el animal.

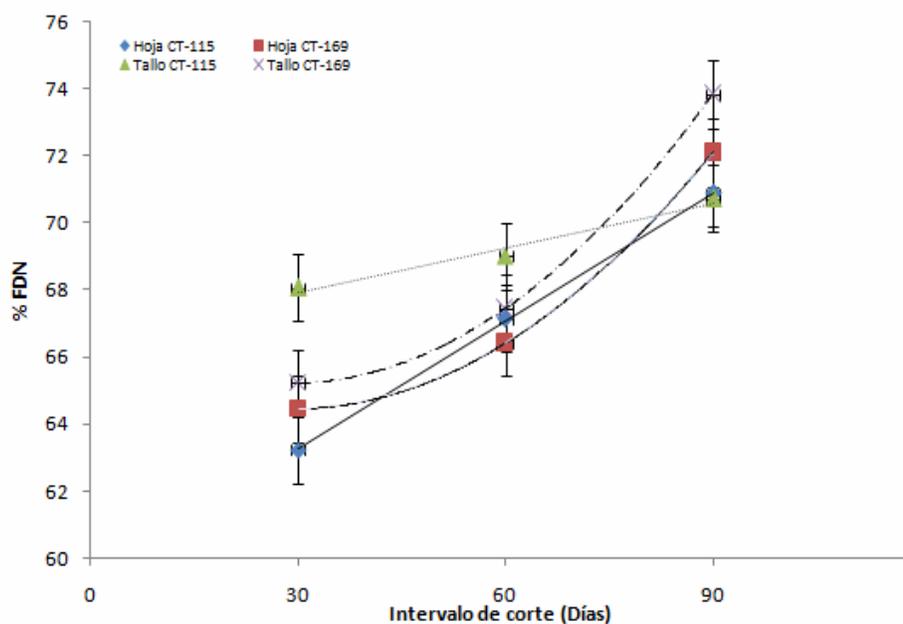
Ambos cultivares por tener tallos gruesos, no se recomiendan utilizarlos para henificado, ya que acumulan gran cantidad de humedad en ellos y habría un porcentaje alto de pérdidas por pudrición.

Usar una picadora de forraje a fin de dejar un tamaño de partícula de 3-5 cm aumentará el consumo de los tallos y disminuirá la pérdida de material forrajero, ya que son los tallos los que son menos consumidos por presentar menor valor nutritivo que las hojas.

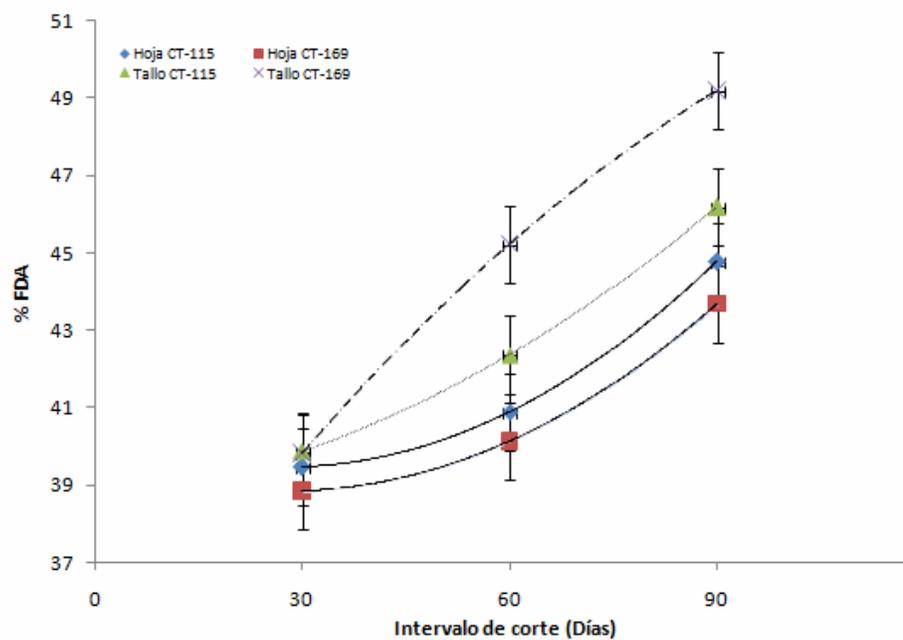
APÉNDICE 2. GRÁFICAS CON LÍNEAS DE TENDENCIA DE PC, FDN, FDA, EE Y DIVMS PARA KING GRASS, CULTIVARES CT-115 Y CT-169, EN TRES EDADES DE CORTE



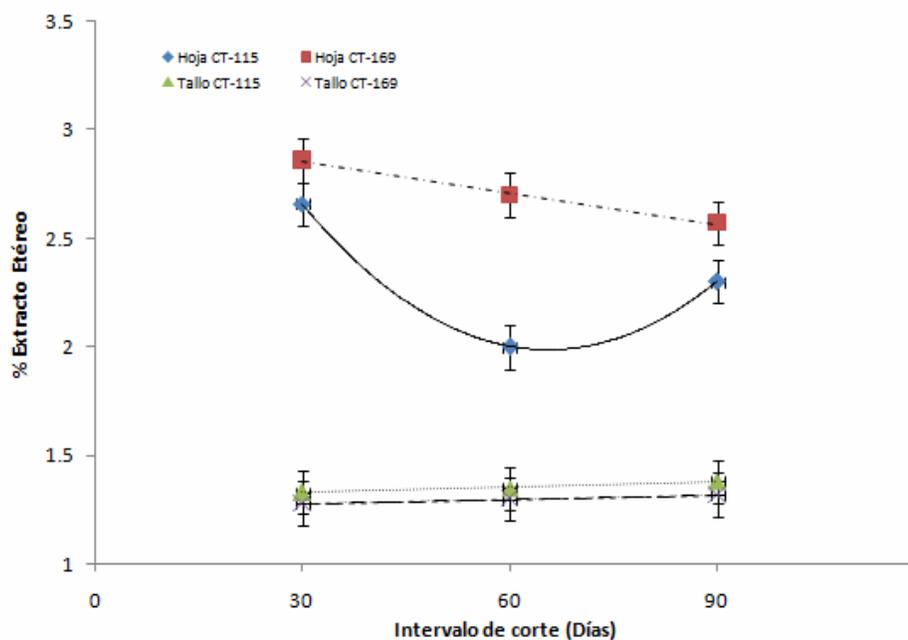
Líneas de tendencias indicando el porcentaje de proteína cruda, de hojas y tallos de King grass, variedades CT-115 y CT-169, en tres edades de corte.



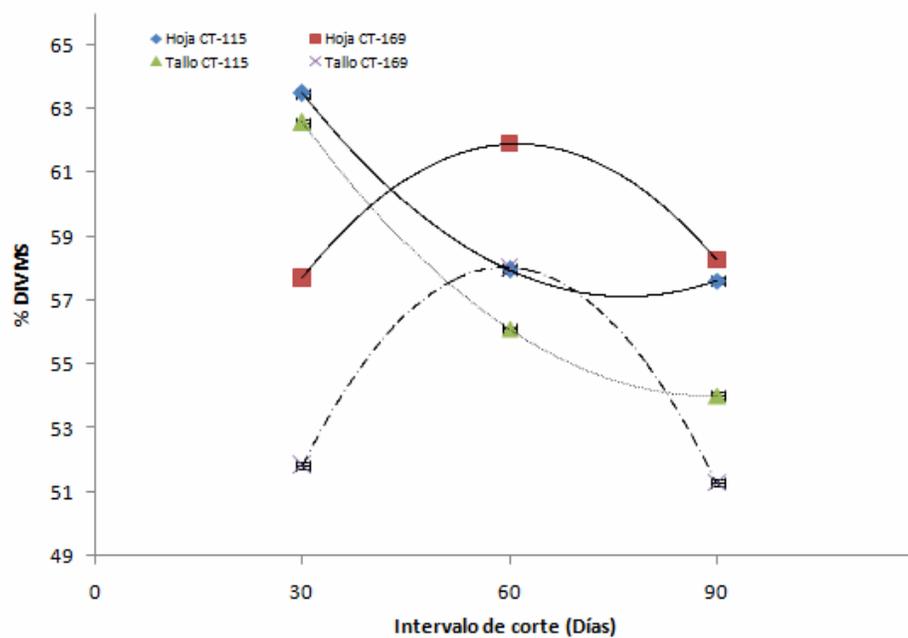
Líneas de tendencia indicando el porcentaje de Fibra Detergente Neutra, de hojas y tallos de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte.



Líneas de tendencia indicando el porcentaje de Fibra Detergente Ácida, de hojas y tallos de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte.



Líneas de tendencia indicando el porcentaje de Extracto Etéreo, de hojas y tallos de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte.



Líneas de tendencia indicando el porcentaje de DIVMS, de hojas y tallos de King grass, cultivares CT-115 y CT-169, en tres edades de corte.

APENDICE 3. ECUACIONES Y r^2 PARA LAS LÍNEAS DE TENDENCIA DE LAS GRAFICAS PRESENTADAS EN EL APENDICE 2 PARA PC, FDA, FDN Y EE

Proteína Cruda				
	CT-115		CT-169	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Ecuación	$y = 0.001x^2 - 0.260x + 16.96$	$y = -0.001x^2 + 0.119x + 3.18$	$y = -0.107x + 14.64$	$y = -0.058x + 8.15$
r ²	1	1	0.996	0.998
FDN				
	CT-115		CT-169	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Ecuación	$y = 0.127x + 59.45$	$y = 0.044x + 66.61$	$y = 0.002x^2 - 0.120x + 66.22$	$y = 0.002x^2 - 0.132x + 67.12$
r ²	0.999	0.972	1	1
FDA				
	CT-115		CT-169	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Ecuación	$y = 0.001x^2 - 0.075x + 40.51$	$y = 0.000x^2 + 0.017x + 38.68$	$y = 0.001x^2 - 0.070x + 39.83$	$y = -0.000x^2 + 0.251x + 32.99$
r ²	1	1	1	1
Extracto Etéreo				
	CT-115		CT-169	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Ecuación	$y = 0.000x^2 - 0.07x + 4.28$	$y = 0.000x + 1.303$	$y = -0.004x + 3$	$y = 0.000x + 1.26$
r ²	1	0.986	0.996	1

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 175 p.
- Akhtar, M., N. Noor-Elahi & M. Ashraf. 2001. Evaluation of exotic sugarcane germplasm for agronomic characters and productivity. Pak. J. of Biol. Sci. 4(1):37-40.
- Akin, D.E. 1979. Microscopic evaluation of forage by rumen microorganisms – A review. J. Anim. Sci. 48:701-722.
- Allen, M.S. & D.R. Mertens. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. Journal of Nutrition 118: 261-270.
- Alonso, P.F. & B.G. García. 2002. Producción y consumo de leche en México en el periodo 1989-1999. Memorias, XXVI Congreso Nacional de Buiatría, Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos (AMMVEB), Guerrero, México. (11-13 de julio).
- Angulo R.A., R.R. Noguera & J.A. Berdugo. 2005. El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal. Livestock Research for Rural Development. [en línea] 17(67) [fecha de consulta: 19 de enero de 2010] Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/6/angu17067.htm> ISSN 0121-3784.
- Ankom Technology. 2008. Operator's manual Daisy^{II} Incuber. Macedon NY, USA. 16pp.
- Antonio, H.J., U.E. Aguilar, G.R. Sanginés, L.P. Lara, O.M. Itzá & S.H. Magaña. 2009. (a). Efectos asociativos en la digestibilidad *in vitro* de pasto estrella con *Hibiscus rosa-sinensis* o *Eritrina indica*. XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, Coahuila, México. Pág. 172.

- Antonio, H.J., U.E. Aguilar, G.R. Sanginés, L.P. Lara, O.M. Itzá & S.H. Magaña. 2009. (b). Producción de gas *in vitro* de pasto estrella asociado con ramón (*Brosimum alicastrum*). XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, Coahuila, México. Pág. 173.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists (15th edition). (K. Helrick, editor). Arlington. 1230 pp.
- Araya-Mora, M. & C. Boschini-Figueroa. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):37-43.
- Arce, C., T. Arbaiza, F. Carcelén & O. Lucas. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Rev. Inv. Vet.* 14(1):7-12.
- Argel, J.P. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14(2):65-72.
- Arthington, J.D. & W.F. Brown. 2005. Estimation of feeding of four tropical forage species at two stages of maturity. *J. Anim. Sci.* 83:1726-1731.
- Barnes, R.F. & G.C. Marten. 1979. Recent Developments in Predicting Forage Quality. *J. Anim. Sci.* 48:1554-1561.
- Bochi-Brum, O., M.D. Carro, C. Valdés, J.S. González & S. López. 1999. Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: Efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Archivos de Zootecnia* 48:51-61.
- Bogdan, A. 1977. Tropical Pasture and Foder Plants (Grasses and Legumes). Tropical Agriculture Series. Longman Group Limited. London. pp. 475.

- Boschini, C. & A.L. Amador. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*sorghum almum*) en diferentes etapas. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 169-174.
- Bryant, M. P. & A. Burkey. 1953. Cultural methods and some characteristics of some of the more numerous groups of bacteria in the bovine rumen. *J. of Dairy Sci.* 36(3):205-217.
- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España. 6 y 7 de Noviembre de 1997. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Carrasco, E., R.García-López, A.V. Enrique & D. Fonte. 2002. Comparación de dos tiempos de reposo en el pastoreo de CT-115 (*Pennisetum purpureum*) para la producción de leche en el período poco lluvioso. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 36(4):337-340.
- Carro, M.D. 2001. La determinación de la síntesis de proteína microbiana en el rumen: comparación entre marcadores microbianos (Revisión). *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 16 (1):5-27.
- Casanovas, E., Y. Figueredo, R. Soto, R. Novoa & R. Valera. 2006. Effect of the cut frequency on the phonological and productive performance of *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115 in the dry season. *Cub. J. of Agric. Sci.* 40(4): 447-452.
- Chilibroste, P. 2002. Evaluación de modelos detallados de rumen para predecir disponibilidad de nutrientes en sistemas intensivos de producción de leche bajo pastoreo. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10(3):232-240.
- Czerkawski, J.W. & K.J. Cheng. 1988. Compartmentation in the rumen. In: P. N. Hobson *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Science Publishing, New York. 361 p.

- D'ascanio, G. 1996. Predictive capacity of fecal inoculum vs ruminal on fodder digestion. Tesis de disertación. Universidad Católica de Chile. 62 pp.
- Dávila, C. & D. Urbano. 2005. Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos. Pp:193-198 *In* González C. y E. Soto. (ed.), Manual de Ganadería Doble Propósito. Editorial Astro Data, Maracaibo, Venezuela.
- Dávila, P., M.T. Mejía-Sadés, M. Gómez-Sánchez, J. Valdés-Reyna, J.J. Ortiz, C. Murín, J. Castrejón & A. Ocampo. 2006. Catalogo de gramíneas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 271 pp.
- Dean, D.B., A.T. Adesogan, N. Krueger, & R.C. Littell. 2005. Effect of fibrolytic enzymes on the fermentation characteristics, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass silage. *J. Dairy Sci.* 88:994–1003.
- Denek, N., A. Can & S. Koncagül. 2006. Usage of slaughtered animal rumen fluid for dry matter digestibility of ruminant feeds. *J. Anim. Vet. Adv.* 5(6): 459-461.
- Dhanao, M.S., J. France, L.A. Crompton, R.M. Mauricio, E. Kebreab, J.A.N. Mills, R. Sanderson, J. Dijkstra & S. López. 2004. Technical note: A proposed method to determine the extent of degradation of a feed in the rumen from the degradation profile obtained with the in vitro gas production technique using feces as the inoculum. *J. Anim. Sci.* 82:733-746.
- Dios-Vallejo, O.O. de. 2001. Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo. Colección José N. Roviroso, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 376 pp.
- Elías-Ruíz, T., E. Castillo, J. Alonso & G. Febles. 2006. Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa en sistemas ganaderos. *Memorias*, X

- Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal, Universidad de Zulia, Maracaibo Venezuela. p: 87.
- Espinoza, F., P. Argenti, J.L. Gil, L. León & E. Perdomo. 2001. Evaluación del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King Grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Zootecnia Tropical* 19(1):59-71.
- Faría-Mármol, J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. Memorias, X Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal, Universidad de Zulia, Maracaibo Venezuela. p: 87.
- Faría-Mármol, J., B. Gonzales & Z. Chirinos. 2001. Producción forrajera de cuatro germoplasmas de *Pennisetum purpureum* en sistemas intensivos bajo corte. *Rev. Prod. Anim.* 13(1):35-37.
- Febles, G., X. Suárez, R.S. Herrera & R.O. Martínez. 2007. Botanical characterization of King Grass (*Pennisetum purpureum* Shum) clones. Use of morphological descriptors. *Cub. J. of Agric. Sci.* 41(4):363-366.
- Fernández, J.L. 2000. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento de *Brachiaria purpurascens* vc. aguada en el valle del cauto en Cuba. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 34:267.
- Flores, I., D.M. Bolivar, J.A. Botero & M.A. Ibrahim. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* [en línea] 10(1): [fecha de consulta: 12 de agosto de 2008] Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cati101.htm> ISSN 0121-3784
- Fondevilla, A. & E. Barrios. 2001. Técnica de producción de gas y su aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes. *Cub. J. of Agric. Sci.* 35(3):197-206.

- Fondevilla, M. 1998. Procesos implicados en la digestión microbiana de los forrajes de baja calidad. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 15:87-106.
- Forejtová, J., F. Lád, J. Třináctý, M. Ritchter, L. Gruber, P. Doležal, P. Homolka & L. Pavelek. 2005. Comparison of organic matter digestibility determined by *in vivo* and *in vitro* methods. *Czech J. Anim. Sci.* 50(2):47–53
- Fundora, O., A. Otero, M.E. González & Y. Sierra. 2005. Uso del *Pennisetum purpureum* (Clon Cuba CT-115) como banco de biomasa para búfalas de río y su efecto en el control de malezas. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 39(4):569-574.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köpen, para adaptarlos a las condiciones de la Republica Mexicana. 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, 217pp.
- Giraldo, L.A., L.A. Gutiérrez & C. Rúa. 2007. Comparación de dos técnicas *in Vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Ver. Col. Cienc. Pec.* 20:269-279.
- González, S.A. & V.A. Eguiarte. 1993. Producción y aprovechamiento de forrajes perennes de corte. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco (CIPEJ). Boletín informativo No. 25. Jalisco, México. 36 pp.
- Grudsky, P.R. & J.L. Arias. 1983. Aspectos generales de la microbiología del rumen. Monografías de Medicina Veterinaria. Universidad de Chile. 5(2). ISSN : 0716-226X.
- Gutiérrez-Alderete, J.L. 2004. Nutrición de rumiantes en pastoreo. 2ª ed. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México, 299 pp.
- Hespell, R.B. & M.P. Bryant. 1979. Efficiency of rumen microbial growth: influence of some theoretical and experimental factors on \dot{Y}_{ATP} . *J. Anim. Sci.* 49:1640-1659.

- Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. J. Dairy Sci. 82:1791–1794.
- Holmann, F., L. Rivas, P. Argel & E. Pérez. 2005. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 197. 31 p.
- Ishizaki, S.M., C.M. Campbell & W.Y. Toma. 1976. Estimators of the digestibility of tropical grasses microdigestion techniques and chemical solubility methods. J. Anim. Sci. 42:1503-1508.
- Jouany, J.P. 1996. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. Journal of Nutrition 126:1335s-1346s.
- Juárez-Lagunes, F.I., D.G. Fox, R.W. Blake & A.N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. J. Dairy Sci. 82(10):2136–2145.
- Jung, H.G. & M.S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 73:2774-2790.
- Koppel-Rizo, E.T., G.A. Ortiz-Ortiz, A. Avila-Durán, J. Lagunes-Lagunes, O.G. Castañeda-Martínez, I. López-Guerrero, U. Aguilar-Barradas, H. Román-Ponce, J.A. Villagómez-Cortés, R. Aguilera-Sosa, J. Quiroz-Valiente & R.C. Calderón-Robles. 2002. Manejo de ganado de doble propósito en el trópico. INIFAP. CIRGOC. Libro técnico Núm. 5. 2ª ed. Veracruz, México, 161 pp.
- Krause, D.O. & J.B. Russell. 1996. How Many Ruminant Bacteria Are There?. J. Dairy Sci. 79:1467-1475.
- León-Meléndez, J., G. Ibarra-Giraudy & O. Iglesias-Cruz. 2000. Pennisetum purpureum cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. Rev. prod. anim. 12: 17-20

- Macedo, R., M.A. Galina, J.M. Zorrilla, J.M. Palma & J. Pérez-Guerrero. 2003. Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. *Archivos de Zootecnia* 52(200):463-474.
- Magaña-Monforte J.G., G. Ríos-Arjona & J.C. Martínez-González. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14 (3):105-114.
- Márquez, F., J. Sánchez, D. Urbano & C. Dávila. 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):253-259.
- Martín, P.C. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 32: 1-10.
- Martínez, J.,F. Ojeda, I. Yepes & I. Jácome. 1989. Formas de secado en la determinación de la Materia Seca en el *Pennisetum purpureum* cv. Taiwan A-144. I. Por ciento de Materia Seca. *Pastos y Forrajes* 12(1):59-64.
- Martínez-Zubiaur, R.O. 2007 Un método de manejo del pasto en el periodo seco para la producción de leche. XI seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Pág. 31-40
- McAllister, T. A., H.D. Bae, G.A. Jones & K.J. Cheng. 1994. Microbial Attachment and Feed Digestion in the Rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004-3018.
- Mello, A.C. Leão de, M. de A. Lira, J.C. Batista, D. Júnior, M.V.F. dos Santos & E.V. de Freitas. 2002. Caracterização e Seleção de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.* 31(1):30-42.

- Muñoz, E., A. Elías & J.D. Suarez. 1984. Utilización de los suplementos con alto contenido de NNP para raciones forrajeras. Efecto en la digestibilidad *in situ* de los forrajes de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum thypoides*). Rev. Cub. De Cienc. Agric. 18(1):33-38.
- Nieves, D., I. Schargel, O. Terán, C. González, L. Silva & J. Ly. 2008. Estudios de Procesos Digestivos en Conejos de Engorde Alimentados con Dietas Basadas en Follajes Tropicales: Digestibilidad Fecal. Rev. Cient. [en línea] 18(3): 271-277 [fecha de consulta: 12 de Enero de 2010]. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000300006&lng=es&nrm=iso. ISSN 0798-2259.
- Nocek, J.E. 1988. In Situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A Review. J. Dairy Sci. 71:2051-2069.
- Nunes-Medeiros, A., R. Germano-Costa, I. Batista-Santos, F.F. Ramos-Carvalho, A. Vallecillo & N.M. dos Santos. 2007. Efecto de diferentes niveles de consumo de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum var. Cameroon) durante la recría de caprinos. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 15 (3): 75-82.
- Núñez-Hernández, G. & J.E. Cantú-Brito. 2000. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo x sudán de nervadura café en la región norte de México. Técnica Pecuaria en México. 38(003): 177-187.
- Obispo, N. 1992. Los hongos anaeróbicos del rumen. Zootecnia Tropical 10(1):91-107.
- Obispo, N.E., P. Pares, C. Hidalgo, J. Palma & S. Godoy. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. Zootecnia Tropical 19(3):423-442.
- Odermatt, P. & M.J. Santiago-Cruz. 1997. Ventajas comparativas en la producción de leche en México. Agroalimentaria 5:35-44.

- Padilla, C. & F. Curbelo. 2005. Two plantation methods in the establishment of the elephant grass Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). *Cub. J. of Agric. Sci.* 39(2): 213-216.
- Padilla, C., Y. Sardiñas, D.M. Cino & F. Curbelo. 2004. Efecto de la preparación del suelo y métodos de plantación de CT-115 (*Pennisetum purpureum*) en el control de espantillo (*Sporobolus indicus* L.R) Br. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* 38(4):431-438.
- Parra, R., J. Combellas & E.J. González. 1972. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. 2. Fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agronomía Tropical* 22(3): 219-230.
- Pinacho-López, B., J.R. Sanginés-García, J. Arroyo-Ledezma, & H. Magaña-Sevilla. 2009. Potencial de *Canavalia maritima* e *Indigofera hirsuta* como forraje para rumiantes. *Rev. Verde* 4(2):01-04.
- Posada, S.L. & R.R. Noguera. 2005. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development* [en línea] 17(4) [fecha de consulta: 2 de septiembre de 2008] Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posa17036.htm>
ISSN 0121-3784.
- Queiroz-Filho, J.L., D.S Silva & I.S. Nascimento. 2000. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. *R. Bras. Zootec.* 29(1): 69-74.
- Ramírez, J.L., D. Verdecia & I. Leonard. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum* Cuba CT-169 en un suelo pluvisol (Yield and Chemical composition of the grass *Pennisetum* Cuba CT 169). *Rev. Med. Vet.*, [en línea] 9(05) [fecha de

- consulta: 31 de agosto de 2009] Disponible en:
www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf ISSN 16957504.
- Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez-Lozano, F. López-Gutiérrez. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL* 5 (2):180-189.
- Ramírez-Ribera, J.L., I. Leonard-Acosta & C. Kijora. 2003. Efecto de la época y la edad de rebrote en algunos componentes químicos del pasto King grass CT-115. *Rev. Med. Vet.*, [en línea] 9(11) [fecha de consulta: 31 de agosto de 2009] Disponible en:
<http://comunidad.veterinaria.org/articulos/articulo.cfm?articulo=31103&pag=1&area=1&buscar=&donde=1> ISSN 16957504.
- Reddy, M.S.S., C. Fang, G. Shadle, L. Jackson, H. Aljoe & R.A. Dixon. 2005. Targeted down-regulation of cytochrome P450 enzymes for forage quality improvement in Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *PNAS* 102(46):16573-16578. [disponible en línea: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0505749102].
- Roche, R. y J.E. Hernández. 1993. Estudio comparativo de somaclones de King Grass (*Pennisetum purpureum*) con riego. *Pastos y Forrajes* 16(2):135-145.
- Rodríguez, N.M., E.O. Simoes-Saliba & R. Guimaraes-Junior. 2007. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20(4):518-525.
- Román-Ponce, H. 1981. Potencial de producción de bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria* 3:372.
- Rosero-Noguera, R., S.L. Posada-Ochoa. 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20:174-182.

- S.A.S. 2004. SAS/STAT. Users Guide Statistical Analysis System. V 9.0. Inc. Cary, N.C.
- Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. 2004. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Tomado de:
<http://www.cnog.com.mx/Estudios/estudios.html>
- Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Tomado de:
<http://www.cnog.com.mx/Estudios/estudios.html>
- Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México. Tomado de:
<http://www.cnog.com.mx/Estudios/estudios.html>
- Serrano-Altamirano, V., M.M. Silva-Serna, M.A. Cano-García, G. Medina-García & A. Ruiz-Corral. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Oaxaca (periodo 1961-2003). INIFAP. SAGARPA. Libro técnico No. 4. Oaxaca, México, 272 pp.
- Smith, E. & J.K. Loosli. 1957. Cobalt and vitamin B₁₂ in ruminant nutrition: a review. *J. of Dairy Sci.* 40(10):1215-1227.
- Stern, M.D., A. Bach & S. Calsamiglia. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 75:2256–2276.
- Sullivan, H.M., J.K. Bernard, H.E. Amos & T.C. Jenkins. 2004. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. *J. Dairy Sci.* 87:665–671.
- Tilley, J.M.A. & Terry R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18:104-111.

- Torres, G.G., T.F. Arbaiza, F.C. Carcelén & O.A. Lucas. 2009. Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Rev. Inv. Vet.* 20(1): 5-9.
- Valenciaga, D., B. Chongo & O. La O. 2001. Characterization of *Pennisetum purpureum* CUBA CT-115 clone. Chemical composition and rumen DM degradability. *Cub. J. of Agric. Sci.* 35(4):325-329.
- Valenciaga, D., O. La O., B. Chongo & A. Oramas. 2006. Effect of the resting time on the rumen degradation *in situ* of the lignocellulosic compound and the *in vitro* gas production of the clone Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum* sp.). *Cub. J. of Agric. Sci.* 40(1): 67-77.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119-128.
- Van Soest, P.J., D.R. Mertens & B. Deinum. Preharvest 1978. Factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47:712-720.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson & B.A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597
- Vibrans, H. 2009. Malezas de México. [en línea] [fecha de consulta: 18 de marzo de 2010] Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico>
- Villarreal, M. 1994. Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. *Pasturas Tropicales* 16(1):27-31.
- Weimer, P.J. 1998. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *J. Anim. Sci.* 76:3114-3122.

Zambom, M.A., G.T. dos Santos, E.C. Modesto, C.R. Alcalde, G.D. Gonçalves, D.C. da Silva, K.T. da Silva & J.O. Faustino. 2001. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. *Acta Scientiarum*. 23(4): 937-943.