

1. RESUMEN

Guillermo Juan García Dessommes

Fecha de Graduación: Julio, 2003

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Biológicas

Título: ESTIMACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIÓN RUMINAL DE CINCO LÍNEAS APOMÍTICAS Y UN HÍBRIDO DE PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)

Número de Páginas: 86

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Alimentos

Área de Estudio: Nutrición de Rumiantes

Propósito y Método del Estudio: La introducción del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), en el sur de Texas y el norte de México en los años cincuenta revolucionó la ganadería extensiva, al aumentar la productividad forrajera. En México existen más de 4 millones ha de pasto buffel, que en su mayoría provienen de una sola línea la T-4464 o buffel "común". Se tienen identificados genotipos de pasto buffel con una mayor productividad forrajera pero se desconoce su calidad nutritiva, por lo que es incierto su valor real como fuente de nutrientes. Los objetivos del presente trabajo fueron estudiar el efecto del genotipo y la época del año en la producción de materia seca y valor nutritivo de cinco nuevas líneas y el híbrido Nueces de pasto buffel bajo condiciones de temporal.

Contribuciones y Conclusiones: Mayores diferencias en valor nutritivo se encontraron entre épocas de corte que entre genotipos. La temperatura tuvo un efecto negativo sobre la degradabilidad efectiva de la materia seca y la pared celular. Los niveles de N fueron consistentemente bajos. Además, con excepción del K, Mn, Fe, Co y Mo los contenidos minerales fueron bajos para satisfacer los requerimientos de los rumiantes en pastoreo. Se encontraron mayores diferencias entre la producción total de nutrientes que entre la calidad nutricional de los pastos evaluados. La línea PI409443 por su mayor producción de materia seca y mayor degradabilidad de los nutrientes, comparada con el híbrido Nueces, puede ser considerada como un excelente pasto para el ganado en pastoreo en el noreste de México.

FIRMA DEL ASESOR: _____
Ph D Roque G. Ramirez Lozano

ABSTRACT

Guillermo Juan García Dessommes

Graduation date: July, 2003

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Biológicas

Title: NUTRITIONAL VALUE AND RUMINAL DIGESTION OF FIVE APOMITIC LINES AND ONE HYBRID OF BUFFEL GRASS (*Cenchrus ciliaris* L.)

Number of pages: 86

**Doctorate in Science Candidate
mayor field in Food Science**

Field of study: Ruminant nutrition

Purpose and Method of Study: The introduction of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), in the south of Texas and the north of Mexico in the fifties revolutionized the extensive livestock production, because forage productivity increased dramatically. In Mexico there are more than 4 million ha of buffel, mostly came from one line the T-4464 o “common” buffel. New genotypes of buffel grass with higher forage productivity had been identified but it is not know their nutritional quality, therefore its real value, as a source of nutrients is uncertain. The objectives of this study were to estimate the effect of the genotype and season of the year on the dry matter production and nutritional value of five new lines and the hybrid Nueces of buffel grass under rain feed conditions.

Contributions and Conclusions: Larger differences on nutritional value were found among cutting dates than among genotypes. The temperature had a large negative effect on the dry matter and cell wall degradability. The N contents were consistently low. Moreover, with the exception of K, Mn, Fe, Co, and Mo the mineral contents were low to satisfy the requirements of grazing ruminants. Larger differences were found on the total nutrient production rather than on the nutritional quality of the grasses evaluated. The line PI409443 due to its larger dry matter production and nutrient degradability, than the hybrid Nueces, can be considerate has an excellent grass for grazing livestock in the northeaster Mexico.

ADVISOR SIGNATURE: _____

Ph D Roque G. Ramirez Lozano

2. INTRODUCCIÓN

La ganadería en el noreste de México depende de forrajes que no son nativos del Continente Americano. La mayoría de los forrajes cultivados de importancia económica fueron introducidos de África y Asia. Otros fueron obtenidos en programas de mejoramiento que utilizaron germoplasma originario de esos continentes. Sin embargo, ninguno de estos forrajes ha tenido la importancia que la introducción del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) tuvo a fines de los años cincuentas. Baste señalar que para el año 2000 se estimaba que el buffel ocupaba una superficie de 4 millones de ha en México, y más de 500,000 ha en Nuevo León (Martín *et al.*, 1995; INIFAP, 1991).

Este impresionante éxito conlleva riesgos que desde los años setenta fueron señalados por algunos investigadores. Por su particular tipo de reproducción, por apomixis, la inmensa superficie establecida con buffel corresponden a un solo genotipo conocido como la línea T4464 o buffel común. Al ser éste un pasto introducido de África existe el riesgo de que se pusiera en contacto con plagas y enfermedades nuevas para él, con las que no había estado en contacto durante su evolución y por lo tanto no tenía desarrollados mecanismos de defensa (Rodríguez *et al.*, 1999).

La aparición de plagas, como la mosca pinta durante los años sesenta y setentas, provocaron que algunos investigadores introdujeran más germoplasma de buffel con el fin de ampliar la base genética. Estos investigadores señalaban que se podría aumentar la producción forrajera utilizando otras líneas o ecotipos de buffel diferentes al común. No

obstante la superficie sembrada con buffel común siguió creciendo durante los años setenta y ochentas en el país y en el estado de Nuevo León.

Por último, cabe señalar que en 1996 se presentó una epifitía en pasto buffel común provocada por un hongo conocido como *Pyricularia grisea* (Cook) Sacc (Rodríguez *et al.*, 1999). Aun cuando, no se conoce el alcance que esta nueva enfermedad tendrá en las praderas de buffel ya establecidas, sirvió para cuestionar, una vez más, la inteligencia de mantener un monocultivo en una superficie tan grande con una base genética tan reducida. La ganadería representa en Nuevo León un 60 % de los ingresos generados por el sector primario (INIFAP, 1991). Es, por tanto, una actividad de suma importancia para los productores y para la sociedad. La cual es necesario proteger de la pérdida que significaría el daño total o parcial de superficie establecida con pasto buffel.

Se tiene información que nuevas líneas de pasto buffel son capaces de producir mayor cantidad de forraje que buffel común y la mayoría de las variedades e híbridos comerciales que actualmente se utilizan. Sin embargo, se desconoce el valor nutritivo de estas nuevas líneas de buffel por lo que su contribución real a los sistemas de producción de carne de la región es incierta.

2.1. Objetivos

Objetivo general:

Determinar el efecto del genotipo y la época de corte sobre la producción de materia seca, composición química y dinámica del valor nutritivo de cinco nuevas líneas y un híbrido de pasto buffel en condiciones de temporal durante dos años consecutivos.

Objetivos específicos:

- Estimar la producción de materia seca de cinco líneas y un híbrido de buffel durante dos años consecutivos.
- Determinar y comparar el contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina, celulosa, hemicelulosa, materia orgánica y cenizas en cinco líneas de buffel y el híbrido Nueces durante dos años consecutivos.
- Estimar y comparar la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica, paredes celulares y proteína cruda en cinco líneas de buffel y el híbrido Nueces, durante dos años consecutivos.
- Determinar y comparar la cinética ruminal de cinco líneas de buffel y el híbrido Nueces, por dos años consecutivos.
- Conocer y comparar la composición mineral de cinco líneas y el híbrido Nueces de buffel, por dos años consecutivos.

2.2 Hipótesis.

1) El genotipo y la época de corte tienen efecto sobre la producción de forraje, composición química y valor nutritivo en líneas e híbrido de pasto buffel.

2) Las líneas apomíticas tienen la misma producción de forraje y calidad nutritiva que el híbrido nueces.

3) La época de corte tiene un efecto mayor que el genotipo en la composición química y valor nutritivo del pasto buffel.

4) La interacción entre el genotipo y la época de corte definen la composición química y valor nutritivo del pasto buffel.

3. LITERATURA REVISADA

3.1 Descripción, origen y calidad nutricional del pasto buffel

El buffel común ha sido descrito como una planta perenne de culmos amacollados, de 60 a 100 cm de alto, vainas comprimidas, glabras o escasamente pilosas, ligula ciliada diminuta, de 1.3-1.8 mm de largo, láminas escasamente escabrosas, a veces ligeramente pilosas, de 16-25 cm de largo por 7.8-20 mm de ancho (Akerman y Johnson, 1991; Rotar y Plucknett, 1980). El pasto *Cenchrus ciliaris* L, ó buffel "Común" como la mayoría de las personas lo conocen, fue colectado en el desierto de Turkana en el Norte de Kenia (África) e introducido a los Estados Unidos de Norteamérica en 1946 como la PI153671 (Holt, 1985; Alcalá, 1995). Algunas introducciones anteriores, realizadas en 1917, fallaron debido a que se realizaron muy al Norte de los EUA y en suelos arcillosos (Hussey, 1985). El buffel en los lotes de introducción mostró una buena adaptación por lo que fue liberado informalmente, en 1949, como la línea T-4464 por el Soil Conservation Service de Texas (Holt, 1985). A México fue introducido por un maestro del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en los años cincuentas (Olga Fresnillo comunicación personal).

La introducción del pasto buffel en el sur de Texas y norte de México en los años cincuenta revolucionó la ganadería extensiva, al aumentar la productividad forrajera, lo que permitió incrementar la carga de 12 ha por unidad animal (UA) a 4 ha por UA (Hanselka, 1985 y 1988). En un estudio realizado en Sonora, México, Martín *et al.*,

(1995a) encontró que el buffel produce al año tres veces más forraje que los pastos nativos. En México existen más de 4 millones ha de pasto buffel y en Nuevo León más de 500,000 ha que en su mayoría provienen de una sola línea o genotipo, la T-4464 o buffel “común”, limitando la posibilidad de obtener mayor productividad forrajera. No obstante, que existen más de 800 líneas clasificadas de este pasto en la Universidad de Texas A & M, EUA (Bashaw, 1985).

Evidencias de investigaciones en citología indican que el buffel se reproduce por apomixis, esto es que la semilla producida es idéntica en su composición genética a la madre de la que fue cosechada, por lo que la recombinación genética es muy limitada. Esta característica la hace susceptible al ataque de plagas y enfermedades. Se ha sabido de brotes de la enfermedad conocida como tizón de fuego en buffel común por años en el sur de Texas y México. Sin embargo, esta enfermedad causada por *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (ver Figura 1), durante 1996 alcanzó niveles de epifitía. El riesgo de que se presentara una enfermedad capaz de afectar a buffel común siempre ha sido alto, ya que su tipo de reproducción lo hace muy susceptible (Rodríguez *et al.*, 1999).

La mayoría de los cultivares comerciales que existen en el mercado son el resultado de selecciones de ecotipos o líneas. Los cultivares mejorados más conocidos son Nueces y Llano (Bashaw, 1980). Los cuales son híbridos F1 seleccionados de las cruzas de TAM-CRD B-1s y una línea apomítica rizomatosa introducida de Sudáfrica. Ambos se reproducen por aposporia y pseudogamia. Presentan raíces con rizomas, una mayor tolerancia al frío, rebrotan tres semanas antes en la primavera y producen más forraje que la línea T4464 o buffel común.



Figura 1. Fotografía de una planta de buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) con un severo ataque de *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. tomada en noviembre de 2002 en el Rancho Los Sauces en General Terán, N. L.

Investigadores norteamericanos de esa Universidad condujeron durante 1976 una colecta de germoplasma de buffel por más de 9,000 millas en Sudáfrica y colectaron más de 800 líneas para usarse en su programa de mejoramiento genético. Algunos de estos ecotipos se colectaron en lugares con precipitaciones de 4 a 8 pulgadas al año (Bashaw, 1985).

La aceptación de buffel como una especie de gran importancia en las regiones áridas y semiáridas del mundo se debe a que es altamente productivo en pastoreo y ha permitido incrementar la carga animal. Es posible establecerlo fácilmente y soporta períodos largos de sequía (Humphrey, 1976). Además, responde bien a la fertilización (Silcock, *et al.*, 1976) y al riego (McBee, 1959) y tiene una calidad nutricional por encima del promedio de los pastos de verano (Humphrey, 1976; Hyam *et al.*, 1975; y Playne, 1970). Está generalmente sujeto a sobrepastoreo pero rebrota con buen manejo. Un uso excesivo e intenso puede ser compensado por largos períodos de recuperación sin pastoreo. Cortos períodos de descanso y una defoliación o pastoreo moderado facilitan un rebrote vigoroso, y permiten que las raíces permanezcan fuertes y que la producción de materia seca se incremente (Hanselka, 1985).

El valor nutritivo del buffel común está determinado por factores genéticos, ambientales y de manejo, los cuales interaccionan simultáneamente en las explotaciones pecuarias. En el noreste de México no existe mucha información sobre el valor nutricional de pasto buffel ni de su dinámica de composición química durante el año. Algunos autores han señalado que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, del buffel, varía de 40 a 60 % y el contenido de proteína cruda tiene rangos que van de 6 a 13 % (Hussey y Bashaw, 1985; y Woodward, 1980). Otros autores señalan que la planta de buffel contiene

diferentes porcentajes de proteína dependiendo de su estado de madurez, con un 19 % cuando está verde y activamente creciendo, 11 % durante la formación de espigas, 8% durante la madurez y de 2 a 4% durante la época seca (Martín e Ibarra, 1995). Ha sido señalado, también, que existe una considerable diferencia entre partes de la planta (hojas y tallos) en los contenidos de proteína cruda, paredes celulares y digestibilidad de la materia seca, así como, diferencias significativas en calidad nutricional entre variedades e híbridos de pasto buffel (Reyna, 1999; Zermeño, 1999; y Ramírez, 2001a y 2001b).

La suplementación de animales en pastoreo en praderas de buffel con proteína parece ser necesaria durante los meses de enero a febrero y durante los periodos de sequía, siempre y cuando exista suficiente pasto para satisfacer las demandas diarias de consumo de energía. Los niveles de fósforo en el pasto buffel fluctúan significativamente en respuesta a la precipitación y su suplementación es requerida todo el año. Por otra parte los niveles de calcio, potasio, manganeso y sodio son aparentemente adecuados durante el año (White y Wolfe, 1985).

3.2 Nuevas líneas de pasto buffel

Las líneas que se evaluaron en este experimento PI307622, PI409252, PI409375, PI409443, PI409460 y el híbrido Nueces, se introdujeron a México en la primavera de 1993. Como parte de un total de 100 líneas de pasto buffel procedentes del Banco Mundial de Germoplasma de este pasto de la Universidad de Texas A & M. Estas líneas proceden de las que colectaron en 1976 en Sudáfrica investigadores norteamericanos

(Bashaw, 1985). Se evaluaron durante 5 años y se logró identificar a un grupo de líneas (PI-307622, PI-409252, PI-409375, PI-409443 y PI-409460) que por su producción de forraje, producción de semilla, sanidad y persistencia (Figura 2) se consideraron como susceptibles de ser utilizadas como variedades comerciales (García y Maldonado, 1998).

3.3 Efecto del genotipo y la madurez en la calidad nutritiva de los forrajes

La mayoría de nuestras especies de pastos cultivados se originaron en ambientes que involucraban la interacción con animales en pastoreo. La planta y el animal son interdependientes y el valor nutritivo de la planta es esencial para la supervivencia de los animales en pastoreo. Los ambientes donde se originó el auténtico pastoreo fueron las regiones semiáridas de Asia y África, donde éste favoreció los pastizales y pastos de calidad (Van Soest, 1994). En el noreste de México no existió ese auténtico pastoreo, ya que los rumiantes originarios de esta zona, con excepción de las manadas de bisonte que ocasionalmente se presentaba, son pequeños y no se alimentan exclusivamente de pastos (Venado Cola Blanca). Esta es, quizás, la razón que la mayoría de nuestros forrajes cultivados en el noreste de México son originarios de África ó Asia (Johnson, Buffel, Sorgo, Sudan, Pretoria, Estrella del África, Bermuda, Klein, Alfalfa, etc.).

La mayoría de los pastos tropicales tienen como primer producto estable de la fotosíntesis compuestos de cuatro carbonos (C4), mientras que los pastos de climas templados y dicotiledóneas de tres carbonos (C3). Esta diferencia genética es importante ya que se ha encontrado que las plantas C3 son por lo general más digestibles

para las actividades que se C4. Además, de las diferencias específicas, genotípicas y de



Figura 2. Fotografía de la línea PI 409443 de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) tomada en noviembre de 2000 en el Campo Experimental de General Terán, N. L.

para los rumiantes que las C4. Además, de las diferencias específicas, genotípicas y de estructura entre las plantas C3 y C4, las condiciones climáticas parecen ser las responsables de estas diferencias (Nelson y Moser, 1994).

La madurez ha sido identificada como la principal variable que determina de la calidad de los forrajes (Blaser, 1964; y Van Soest, 1976), es ésta la causa principal de variación en valor nutritivo de una planta durante el año y de la diferencia encontrada entre pastos. Una disminución en la digestibilidad como consecuencia de una mayor madurez es casi una constante entre las gramíneas utilizadas por los rumiantes.

La madurez se tiene que entender no como una causa sino como el resultado de la interacción del genoma de la planta con las variables que componen el medio ambiente como son: temperatura, luz, agua, nutrientes en el suelo, viento, manejo, etc. Un mismo genotipo en dos ambientes diferentes alcanzará un mismo grado de madurez a diferentes edades y probablemente con una calidad nutritiva también diferente (Van Soest, 1994). Podemos comparar forrajes en la misma edad o en el mismo estado fisiológico, pero nunca en los dos al mismo tiempo y esta limitación siempre discrimina alguno de ellos. Cuando los forrajes son cosechados a la misma edad es posible esperar una mayor diferencia en la calidad nutritiva de los mismos, en contraste una menor diferencia es probable cuando los forrajes son cosechados en el mismo estado fisiológico, debido al fuerte lazo que existe entre madurez y calidad.

3.4 Efecto del clima en la calidad nutritiva de los forrajes

Como ya se estableció el grado de madurez es la mayor fuente de variación que determina el valor nutritivo de los forrajes. Por lo tanto es lógico considerar que las variables de clima que tengan un mayor efecto sobre la madurez son las que afectarán en mayor grado el valor nutritivo de los forrajes. Se asume que la temperatura es la variable climática que en mayor medida determina la digestibilidad de las Gramíneas, la intensidad de luz tiene una importancia menor, la humedad atmosférica y la fertilización presentan solamente efectos inconsistentes o pequeños (Struik, 1983). Wilson y Nag (1975) reportaron que no existe un efecto consistente entre el nivel de humedad en el suelo y la digestibilidad; sin embargo, Pitman *et al.*, (1981) señalaron que un estrés prolongado de humedad produce un significativo decremento en la digestibilidad.

Los componentes ambientales como la temperatura puede cambiar la cantidad y la relación entre los diferentes componentes químicos de las plantas que son importantes para la nutrición animal. Como estos componentes de las plantas son afectados por la temperatura es una de las áreas donde más investigación se ha realizado. La temperatura parece ser el factor ambiental que más afecta la calidad nutritiva de las plantas. Es generalmente aceptado que en la mayoría de los casos un incremento en la temperatura produce un decremento en la digestibilidad de la materia orgánica (Deinum *et al.*, 1968). Este decremento en la digestibilidad es causado por un incremento de las paredes celulares y el contenido de lignina en la planta (Deinum *et al.*, 1968; Deinum y Dirven, 1972, 1975 y 1976; Henderson y Robinson, 1982 a y b; Minson y Mcleod, 1970 y 1972; Sullivan, 1961; Van Soest, 1976 y 1994; Wilson y Minson 1983; y Barton *et al.*, 1976).

Sin embargo, cabe señalar que otras respuestas se han obtenido especialmente con pastos tropicales, leguminosas y algunos pastos templados, en donde la digestibilidad permanece sin cambio y las paredes celulares decrecen al aumentar la temperatura (Bowman y Law, 1964; Faix, 1975; Ford *et al.*, 1979; Wilson y Ford, 1971 y 1973).

Por otra parte una disminución de la temperatura provoca un aumento en la digestibilidad de los pastos, ya desde principios del siglo los fisiólogos vegetales descubrieron que una disminución brusca de la temperatura producía una acumulación de contenidos celulares solubles, *i. e.* azúcares, en las plantas como una respuesta a este estrés ambiental (Lioforss 1907, citado por Steponkus, *et al.*, 1982). Esto puede ser explicado como una diferencia positiva entre las tasas de fotosíntesis y respiración. La acumulación de contenidos celulares solubles aumenta la digestibilidad debido a que éstos son totalmente digestibles, a diferencia de las paredes celulares que nunca alcanzan este grado de digestibilidad.

Una disminución rápida de la temperatura, de la humedad en el suelo o un incremento en la salinidad del suelo son clásicos ejemplos donde ocurre una inmediata acumulación de contenidos celulares solubles (Rosa, 1921). Este incremento en contenidos celulares está generalmente asociado a una disminución en el crecimiento y expansión de las células. La cantidad de compuestos sintetizados depende directamente del control de las enzimas involucradas en su síntesis o catabolismo. La mayoría de los componentes acumulados durante un estrés de temperatura no son parte de algún camino bioquímico importante en la planta, por el contrario son el producto final de alguno o un atajo para alguno de ellos (Paley y Aspinall, 1981). La evidencia experimental señala que la digestibilidad es

disminuida por altas temperaturas ya que decrecen los contenidos celulares por una mayor tasa de respiración y de crecimiento. Además, de existir una mayor lignificación de las paredes celulares. No obstante, cabe señalar que este efecto negativo de las altas temperaturas no es equivalente para diferentes partes de las plantas (García, 1984).

La radiación fotosintéticamente activa (400 a 700 nm) y la cercana al infrarrojo (700 a 730 nm) son las que mayores efectos tienen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los efectos de la luz sobre la fisiología de la planta pueden ser estudiados al menos desde tres orígenes: calidad, intensidad y duración de la luz. De éstos la calidad puede ser ignorada debido a su uniformidad en el planeta (Madriz, 1981). De los otros dos factores la intensidad ha sido la más estudiada y sus efectos sobre las plantas son marcados en la fotosíntesis y el desarrollo morfológico de éstas.

Altas intensidades de luz incrementan la fotosíntesis rápidamente hasta que la saturación se produce. Esta estabilización en la asimilación de CO₂ es alcanzada en diferentes niveles entre plantas, siendo las mayores diferencias entre plantas C₃ y C₄. Las curvas de respuesta a la luz de especies C₃ tienen una pendiente inicial menor y posiblemente una eficiencia fotoquímica menor que las especies C₄. Las C₃ presentan saturación al 30 a 50 % de plena luz solar. Por el contrario las C₄, en la ausencia de algún factor limitante, no presentan saturación a la luz en sus curvas de respuesta (Cooper y Tainton 1968). Altas intensidades de luz producen plantas pequeñas con largos sistemas radicales y más tallos. Bajas intensidades de luz, en cambio, producen elongación de tallos y hojas, resultando en hojas más delgadas (Madriz, 1981; y Evans, 1973).

Es difícil distinguir entre los efectos de la intensidad y la duración de la luz sobre la calidad nutritiva de las plantas. Por lo general cuando una cantidad determinada de energía (luz) se distribuye en un período más largo existe una mayor eficiencia en su conversión por medio de la fotosíntesis, adicionalmente la duración de la luz (largo del día) tiene importantes efectos sobre la morfología de las plantas (Cooper y Tainton, 1968). La luz incrementa el contenido celular al incrementar la fotosíntesis, pero este incremento muchas veces no es lo suficientemente grande como para modificar la digestibilidad (Deinum *et al.*, 1968; Henderson y Robinson, 1982 a y b; y Van Soest, 1994).

Por otra parte, la luz acelera la maduración de las plantas y éstas pasan más rápidamente de un estado vegetativo a uno reproductivo y por lo tanto una disminución de la digestibilidad es de esperarse (Faix, 1975). El efecto final de la luz sobre la calidad nutritiva de las plantas podría depender de cuando se realice la cosecha de éstas. Si las plantas son cosechadas en estados iniciales de desarrollo vegetativo un incremento de la calidad es muy posible, producido por un aumento en la fotosíntesis y a que la luz no tendría el mismo efecto sobre la respiración (Deinum *et al.*, 1968; Deinum y Dirven, 1972; y Smith, 1973). Sin embargo, si la cosecha se realiza en un estado vegetativo avanzado las plantas que hayan estado expuestas a una mayor intensidad de luz o un día más largo (duración) habrán alcanzado la madurez primero y por lo tanto una menor calidad sería probable (Faix, 1975).

3.5. El uso de la digestibilidad *in situ* para la determinación del valor nutritivo de los forrajes

El uso de bolsas para investigar la digestión de alimentos en el rumen de ovejas fistuladas lo inició Quin *et al.*, en 1938. La técnica básicamente consiste en suspender bolsas de nylon, en el rumen, con alimento al que se le determina la desaparición de materia seca y proteína cruda a diferentes intervalos de tiempo (Ørskov y McDonald, 1979). La desaparición de materia seca o proteína se estima de la diferencia que se tiene entre la cantidad puesta y la pesada al final de la incubación en el rumen. Esta técnica ha proveído a los investigadores de una poderosa herramienta para la evaluación de los alimentos y ha mejorado el entendimiento del proceso de degradación que ocurre en el rumen.

A pesar de su popularidad la técnica de digestibilidad *in situ* o *in sacco* ha sido sometida a diferentes críticas. Entre las principales se mencionan: el tamaño y material de la bolsa, porosidad de la bolsa, tamaño de la partícula, tamaño de muestra, periodo de incubación, dieta del animal, contaminación microbial, y efectos del animal (García, 1995). Recientemente, Villalobos *et al.*, (2000) hicieron una revisión de la técnica de digestibilidad *in situ* y han propuesto algunas ideas para uniformarla, éstas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Sugerencias propuestas para estandarizar la técnica de digestibilidad *in situ* *

Factor	Sugerencia
Dieta	
Tipo	60 a 70 % de forraje
Nivel	Mantenimiento
Frecuencia de alimentación	= 3 veces al día
Bolsas	
Material	Poliéster (Nylon)
Tamaño de poro	40-60 microns
Relación tamaño de muestra: área superficial	10 mg/cm ²
Procesado de muestra	
Número de animales	2
Número de días	2
Número de bolsas	1
Procedimiento de incubación	
Pre-incubación	No necesario
Posición ruminal	Parte ventral del rumen
Inserción/remover	Remover simultáneamente
Tiempo de incubación	Tiempo necesario para describir la curva
Lavado	
Corrección microbial	Lavadora (5 veces a 1 min/lavado)
Modelo matemático	El más simple disponible
Substrato estándar	Necesario

* Tomado de Villalobos *et al.*, (2000)

Por otra parte, Van Soest (1994) mencionó que el uso de bolsas *in situ* puede ser muy útil para medir las tasas de digestibilidad, y que en general presentan los mismos problemas metodológicos que la digestibilidad *in vivo*. Además, señala que la desaparición de la materia seca es la medida más común de digestibilidad para esos estudios, pero falla al distinguir entre las bacterias y sus productos del substrato indigestible de los alimentos y puede producir valores bajos de digestibilidad. Este error puede ser mayor en forrajes toscos y bajos en proteína.

El método de digestibilidad *in situ* ha sido utilizado extensamente para determinar la tasa de degradación y para identificar las fracciones que son solubles o indigestibles para la proteína, materia seca, materia orgánica y fibra. Además, se han desarrollado varios modelos matemáticos para estimar estas fracciones (Villalobos *et al.*, 2000).

La degradabilidad efectiva y la tasa de digestión son características importantes del forraje y pueden ser utilizadas para predecir más exactamente el valor nutritivo y comparar la utilidad de diferentes forrajes en la dieta de rumiantes (Ørskov, 1991). En el noreste de México Ramírez *et al.*, (1997, 2001a, 2001b y 2001c) han utilizado exitosamente la técnica de digestibilidad *in situ* para estimar la degradabilidad de diferentes forrajes regionales como: Buffel, Klein, Bermuda, etc. Estos investigadores reportan que utilizando borregos fistulados en el rumen han podido estimar la degradabilidad efectiva de la materia seca, proteína curda y fibra neutra. Además, han señalado que esta técnica es útil para estimar el valor nutritivo de los pastos y permite compararlos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

En este experimento se utilizaron cinco líneas apomíticas de pasto buffel PI-307622, PI-409252, PI-409375, PI-409443, PI-409460 y el híbrido Nueces. Los cuales fueron cosechados dentro de un lote de evaluación de 100 genotipos de pasto buffel, introducidos a México del Banco Mundial de Germoplasma de Pasto Buffel que se encuentra en la Universidad de Texas A & M en EUA. Los 100 genotipos de buffel habían sido establecidos en 1994, bajo un diseño Completamente al Azar con tres repeticiones, con una parcela total de 4 m² y una parcela útil de 0.8 m², bajo condiciones de temporal, en terrenos del Campo Experimental de General Terán del INIFAP. El cual está situado en el km 30.5 de la carretera Montemorelos-China en el municipio de General Terán, N. L., a 25° 18' latitud Norte, 99° 35' longitud Oeste y una altura de 332 msnm. La temperatura media anual registrada es de 22.4°C, con una máxima promedio de 36.1°C y una mínima promedio de 9.3°C. La precipitación pluvial promedio anual es de 784 mm con una evaporación de 1622 mm al año. El fotoperíodo es de 4,439.7 horas al año y la radiación solar de 143,272 calorías/cm². Los suelos son de tipo aluvión y se clasifican como Unidades Vertisol con pH de 7.9 a 8.2, y alto contenido de carbonatos de Calcio (INIFAP, 1991).

El experimento se realizó durante los años 1999 y 2000. Dado que el grado de madurez es la fuente de variación que más influencia tiene sobre la composición química y valor

nutritivo del forraje (Van Soest, 1994), la cosecha de los pastos se efectuó cada vez que éstos alcanzaron plena floración. Esto ocurrió tres veces en los dos años del estudio. En la estación climatológica del Campo Experimental de General Terán se registró la precipitación, evaporación y temperaturas máximas y mínimas diarias del sitio durante el experimento. Para uniformar el crecimiento de los pastos se dieron dos cortes generales a todos ellos el 1° de marzo de 1999 y 2000.

En las Figuras 3 y 4 se presenta la cantidad de lluvia, las temperaturas máximas y mínimas promedio y las fechas cuando se efectuaron los cortes de los pastos durante los dos años en los que se realizó este experimento. La precipitación anual que se registro durante el estudio fue similar para 1999 y 2000 (512 y 452 mm, respectivamente), pero su distribución fue muy diferente. La precipitación total para 1999 y 2000 fue un 34.7 y 42.4 % respectivamente menor que la media histórica del sitio, por lo que se les puede considerar a éstos como años secos. En 1999 (ver Figura 3) las lluvias se distribuyeron de manera bimodal con dos picos de precipitación en julio y septiembre. Esta distribución y la cantidad de lluvia permitió realizar dos cortes a los pastos, cuando éstos alcanzaron plena floración, en agosto 1° y noviembre 10. La primera precipitación pluvial apreciable de 1999 se presentó el 27 de mayo, lo que dio inicio al crecimiento de los zacates. La precipitación total recibida antes del primer corte, entre mayo 27 y agosto 10, fue de 329 mm, con una evaporación de 643 mm, una temperatura media máxima de 35° C, media mínima de 22° C y una edad de 75 días de haber rebrotado. La precipitación total recibida entre el primer corte y el segundo (noviembre 1) fue de 183 mm, con una evaporación de 437 mm, una temperatura media máxima de 32° C, media mínima de 18° C y una edad de 81 días de haber rebrotado.

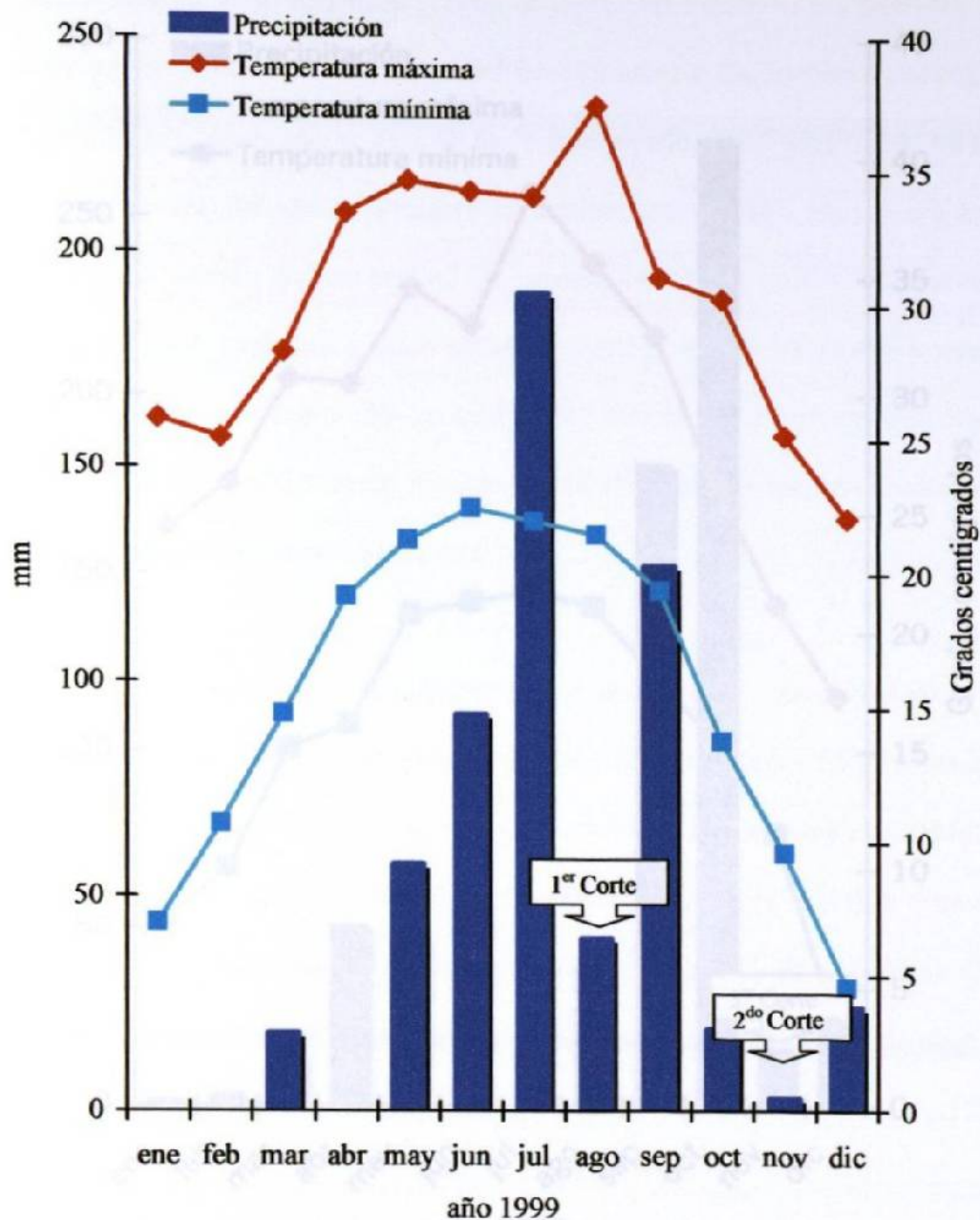


Figura 3. Precipitación (mm), temperaturas (°C) máximas y mínimas registradas y fecha de corte de los genotipos evaluados durante 1999 en el Campo Experimental de General Terán, N. L.

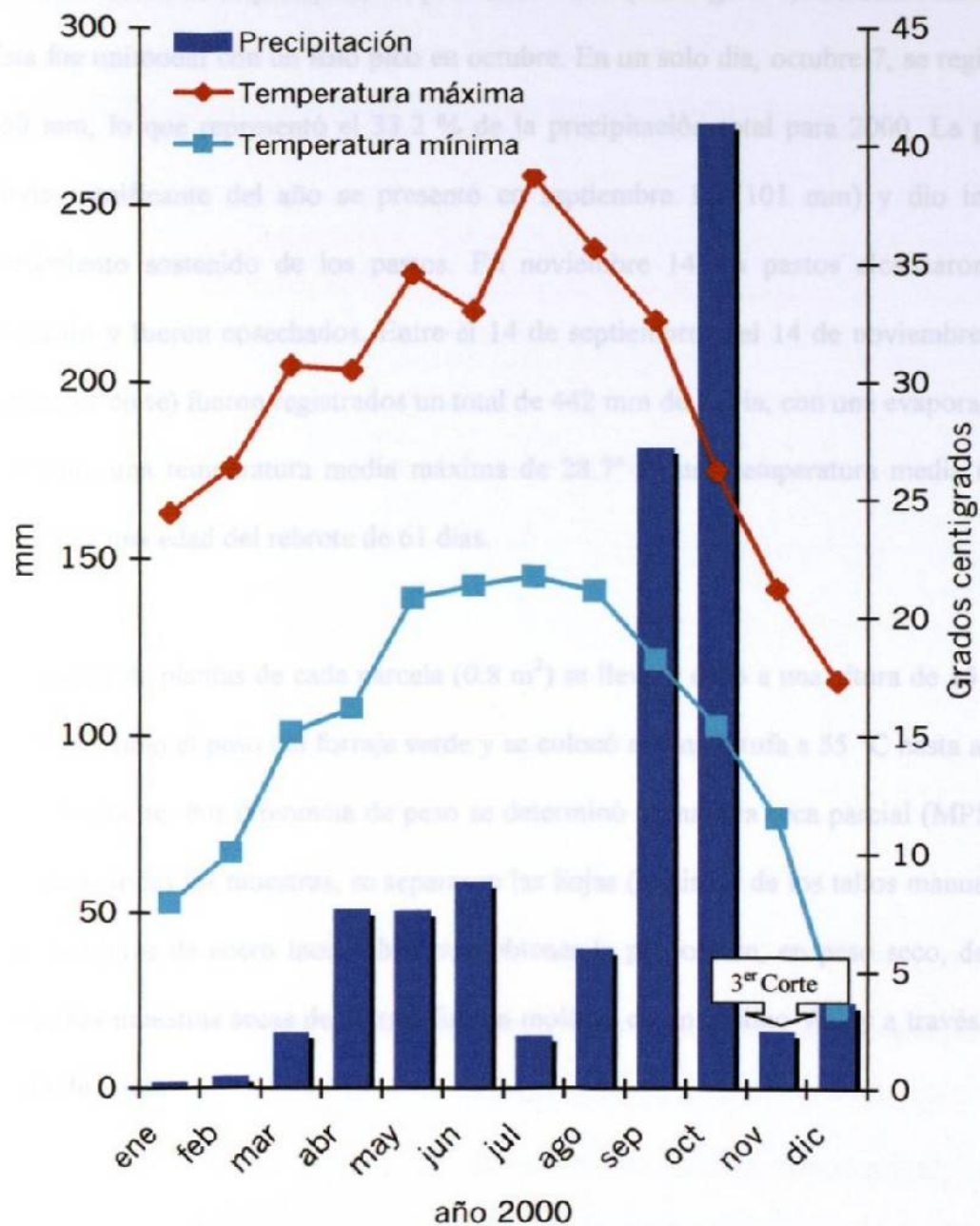


Figura 4. Precipitación (mm), temperaturas ($^{\circ}$ C) máximas y mínimas registradas y fecha de corte de los genotipos evaluados durante 2000 en el Campo Experimental de General Terán, N. L.

La distribución de la precipitación pluvial en 2000 (ver Figura 4) fue diferente a 1999. Ésta fue unimodal con un solo pico en octubre. En un solo día, octubre 7, se registraron 150 mm, lo que representó el 33.2 % de la precipitación total para 2000. La primera lluvia significativa del año se presentó en septiembre 14 (101 mm) y dio inicio al crecimiento sostenido de los pastos. En noviembre 14 los pastos alcanzaron plena floración y fueron cosechados. Entre el 14 de septiembre y el 14 de noviembre (fecha del tercer corte) fueron registrados un total de 442 mm de lluvia, con una evaporación de 640 mm, una temperatura media máxima de 28.7° C, una temperatura media mínima 16.6° C y una edad del rebrote de 61 días.

La colecta de plantas de cada parcela (0.8 m²) se llevó a cabo a una altura de 15 cm del suelo. Se tomó el peso del forraje verde y se colocó en una estufa a 55 °C hasta alcanzar peso constante. Por diferencia de peso se determinó la materia seca parcial (MPS). Una vez secas todas las muestras, se separaron las hojas (láminas) de los tallos manualmente usando tijeras de acero inoxidable para obtener la proporción, en peso seco, de hojas. Todas las muestras secas de forraje fueron molidas en un molino Wiley a través de una malla de 1 mm.

4.2 Análisis químicos

Los análisis químicos y de digestibilidad *in situ* se llevaron a cabo en el Laboratorio de Manejo Integral de Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. A las muestras de

cada repetición se les determinó por duplicado el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (A), proteína cruda (PC) mediante el método descrito en AOAC (1990), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HC), celulosa (C), lignina (LDA) y Sílice (Si) usando la metodología propuesta por Goering y Van Soest, (1970); Robertson y Van Soest, (1981). Además, se determinaron las fracciones nitrogenadas de la pared celular: N insoluble en detergente neutro (NIFDN), Nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIFDA) y N degradado lentamente (NIFDN-NIFDA) por la técnica de Van Soest *et al.*, (1991) y Krishnamoorthy *et al.*, (1982).

4.3 Determinación de la digestibilidad *in situ* de los zacates

La digestibilidad *in situ* de MS, PC y FDN se determinó utilizando la técnica de la bolsa nylon. Para lo cual se usaron 4 borregos (Rambouillet x Pelibuey) castrados y fistulados del rumen de 45 ± 2 kg de peso vivo. Para cada pasto, en cada corte y en cada repetición se usaron dos borregos. Se utilizaron para cada corrida 7 bolsas nylon (5 x 10 cm y 53 μ m de tamaño de poro) que contenían cada una 4 g de muestra molida. Seis bolsas se introdujeron y suspendieron en la parte ventral del rumen con una secuencia de incubación de 4, 8, 12, 24, 36 y 48 h. Una vez recobradas del rumen las bolsas se lavaron con agua circulante hasta que el agua estuviese cristalina. La desaparición del material en la hora cero, fue estimada en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las de los demás. Durante la prueba los borregos

fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso. Posteriormente, las bolsas fueron secadas en una estufa a 55° C durante 48 h. Al residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se le determinó su contenido de MS, PC y FDN (AOAC, 1990; Goering y Van Soest, 1970). El porcentaje de desaparición de MS, PC y FDN se estimó por diferencia en peso. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Desaparición, \%} = ((\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}) / \text{Peso final}) \times 100$$

Para determinar las características de la digestión de MS, PC y FDN los porcentajes de desaparición de cada fracción fueron calculados utilizando la ecuación señalada por Øskov y McDonald, (1979).

$$p = a + b(1 - e^{-ct}),$$

Donde **p** es la tasa de desaparición **a** en un tiempo **t**

a es el intercepto que representa la porción de MS, PC o FDN soluble al momento de iniciar la incubación (tiempo 0)

b es la fracción de MS, PC o FDN que es degradada lentamente en el rumen.

c es la tasa constante de desaparición de la fracción **b** y,

t es el tiempo de incubación.

e es el logaritmo natural.

Los parámetros no lineales **a**, **b** y **c**; así como, la degradabilidad efectiva de la MS (DEMS), PC (DEPC) y FDN (DEFDN) = $(a+b)c/(c+k)(e^{-(c+k)Lt})$, fueron calculadas por

medio del paquete computacional Neway (McDonald, 1981). La DEMS, DEPC y DEFND fueron estimadas usando una tasa de recambio ruminal de 2%/h, la cual representan un nivel bajo de consumo (ARC, 1984).

4.4 Determinación de contenido de minerales

La determinación de minerales se llevo a cabo en el Laboratorio de Química Analítica de al Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Para la determinación de minerales las muestras de cada líneas y cada corte fueron incineradas en una mufla a 550° C durante 4 h. Posteriormente las cenizas fueron digeridas en una solución de HCL y HNO₃, usando la técnica de la digestión húmeda. Los contenidos de los minerales Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Co y Mo en las muestras fueron estimados por medio de espectrofotometría de absorción atómica. La concentración de P se calculó usando un colorímetro (AOAC, 1990).

4.5 Análisis estadísticos

Las variables obtenidas de valor nutritivo y características de la digestibilidad *in situ* (a, b, c) y DEMS, DEFND y DEPC fueron analizadas estadísticamente usando un arreglo factorial de 6 x 2. El factor A fue los genotipos(6) y el factor B las épocas de corte(3). Las medias de los tratamientos fueron separadas con el método de diferencia mínima significativa y se realizaron estimaciones de correlación y regresión simple entre

las variables de clima, las diferentes fracciones obtenidas y las degradabilidades efectivas calculadas (Snedecor y Cochran, 1980).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Producción de forraje

La producción promedio de materia seca total (MST) de los tres cortes fue diferente ($P < 0.05$) entre los genotipos evaluados (ver Tabla 2). La MST fue similar ($P > 0.05$) entre las líneas apomíticas evaluadas, pero no con el híbrido Nueces. La línea PI409443 produjo un 36.2 % más forraje que el híbrido Nueces. El Nueces ha sido señalado como un pasto con alta producción y calidad de forraje (Bashaw, 1980); sin embargo, en este estudio fue el que menor MST produjo. La mayor productividad de algunas de las líneas probadas aquí comparadas con el híbrido Nueces ya había sido reportada. En un ensayo donde se evaluaron 100 líneas de pasto buffel, incluyendo las aquí estudiadas y el híbrido Nueces, se encontró que algunas de estas líneas producían una mayor cantidad de materia seca que el híbrido Nueces (García y Maldonado, 1998).

La producción de MST entre cortes fue similar ($P > 0.05$) para todos los genotipos evaluados (ver Tabla 2). Sin embargo, si se considera la producción anual como base de la comparación, en 1999 se produjo el doble de MST que en 2000. La producción de forraje en la región Noreste de México está íntimamente relacionada con la cantidad y la distribución de la lluvia. Por lo general, las lluvias en la primavera y al inicio del verano son causadas por frentes fríos que ingresan desde el norte al país. Por el contrario las precipitaciones a mediados del verano y el inicio del otoño, generalmente más regulares

Tabla 2. Efecto del genotipo y corte sobre la producción de materia seca (ton ha^{-1}), contenido de hojas (%) y cenizas (%) en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	MST	%H	CEN
Genotipos:			
Nueces	3.7 ^b	62.0 ^{ab}	10.4 ^c
PI307622	5.0 ^{ab}	57.0 ^{bc}	12.1 ^{ab}
PI409252	4.4 ^{ab}	49.0 ^d	10.6 ^c
PI409375	4.7 ^{ab}	54.0 ^{cd}	11.6 ^b
PI409443	5.8 ^a	66.0 ^a	12.5 ^a
PI409460	4.1 ^{ab}	60.0 ^b	10.9 ^c
Cortes:			
Ago-99	4.9 ^a	61.0 ^b	10.7 ^b
Nov-99	4.5 ^a	48.0 ^c	10.4 ^b
Nov-00	4.5 ^a	65.0 ^a	13.0 ^a
Interacciones:			
Genotipo x Corte	NS	NS	**
Media	4.6	58.0	11.4
Error Estándar	0.2	1.0	0.2
Coef de Var	29.4	6.4	4.1

^{abc} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

MST= Materia seca total ($\text{ton ha}^{-1}\text{corte}^{-1}$).

%H= Porcentaje de hojas en peso con respecto al peso de la planta completa.

CEN= Cenizas (% de la materia seca).

NS= No significativo ($P > 0.05$)

**= ($P < 0.01$)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

y abundantes, son provocadas por vaguadas o depresiones tropicales que vienen del ecuador e ingresan por el golfo de México. Como ya se señaló (ver Figura 3 y 4) la cantidad total de precipitación fue similar para 1999 y 2000 (512 y 452 mm, respectivamente), pero su distribución fue diferente. Un retraso en el inicio de las lluvias y su concentración en pocas semanas, como sucedió en 2000, determinan un menor período de crecimiento de los pastos ya que durante el otoño las temperaturas y la duración del día disminuyen constituyéndose en limitantes del desarrollo vegetal. Éstas son las causas probables por las cuales durante 1999 se obtuvo el doble de MST que en 2000.

Al analizar la interacción entre los genotipos y cortes no se encontró diferencia a ($P>0.05$) para esta variable (ver Tabla 2). La ausencia de interacción, pudiera significar que los genotipos se comportaron entre sí de una manera consistente e independiente del corte o de la época del año. La línea PI409443 produjo la mayor cantidad de MST en los tres cortes y el híbrido Nueces la menor MST en el primer y segundo corte. Lo que señala la independencia de la producción de MST con la época de corte, los genotipos más productivos lo fueron siempre sin importar la época de corte.

El contenido de hojas (%H) entre los pastos estudiados (ver Tabla 2) fue diferente ($P<0.05$). Los genotipos estudiados tuvieron un 58 % de su peso constituido por hojas (%H). La línea PI409443 tuvo el mayor porcentaje de hojas y la línea PI409252 el menor con 66 y 62 % respectivamente. Un alto contenido de hojas en el pasto buffel ha sido asociado, frecuentemente, a una mayor calidad nutritiva ya que las hojas suelen tener una mayor digestibilidad que los tallos. Así lo han reportado para los híbridos

Nueces (Ramírez, *et al.*, 2001b), Llano (Foroughbackhch, *et al.*, 2001) y buffel común (Ramírez, *et al.*, 2001a), los cuales tuvieron un mayor valor nutritivo en las hojas que en los tallos.

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) entre cortes para %H, siendo el tercer corte (2000) el más alto con un 65 % del peso total compuesto por hojas. La presencia de un mayor contenido de hojas suele estar asociado a la precipitación recibida y a la temperatura en la época de crecimiento de los pastos. Así, en este estudio, el primer y tercer corte recibieron la mayor cantidad de precipitación y tuvieron la mayor cantidad de hojas, comparados con el segundo corte. No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en la interacción genotipos x cortes. Al igual que en el caso de la producción de MST los pastos se comportaron iguales entre sí, para la variable %H, independientemente del corte. Las líneas PI409443 y PI409252 tuvieron el mayor y menor %H en cada uno de los tres cortes, respectivamente.

El contenido de cenizas fue diferente ($P < 0.05$) entre los pastos (ver Tabla 2). En promedio el contenido de cenizas fue de 11.4 % para todos los pastos y cortes en estudio. Esto es similar a lo reportado por la literatura (Ramírez, *et al.*, 2001a y Ramírez, *et al.*, 2001b) para distintos sitios y las mismas épocas del año de este experimento. El contenido de ceniza también fue diferente ($P < 0.05$) entre cortes, siendo el tercer corte el de mayor contenido de ceniza. Asimismo, la interacción entre genotipos y cortes fue altamente significativa lo que señala la fuerte covarianza entre los pastos y la época de corte en lo que respecta a su contenido de ceniza. No obstante estas diferencias estadísticas ya señaladas, las diferencias numéricas entre los valores observados no

fueron grandes. Así los rangos en contenido de ceniza entre genotipos y entre cortes fueron del 2.0 y 2.6 %, respectivamente.

5.2 Composición de la pared celular

Los componentes de la pared celular (FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina y Si) fueron diferentes ($P < 0.05$) entre genotipos y cortes (ver Tabla 3). La fracción FDN, considerada como el contenido total de paredes celulares en la planta, constituye la fracción más resistente a la degradación ruminal; por el contrario, el contenido celular (100-FDN) está constituido por la fracción altamente digestible de la materia seca (Van Soest, 1994). Para todos los pastos y cortes el promedio de FDN fue 70.4 %, lo que es similar a lo previamente reportado para buffel común en esta región (Ramírez *et al.*, 1997). El híbrido Nueces tuvo el más alto contenido de FDN con 72.3% y la línea PI409460 el más bajo con 68.9 %, por lo que el rango de esta variable entre genotipos fue pequeño. Ramírez *et al.*, (2001b) reportan para la misma región que Nueces presentó un rango para FDN, durante las cuatro estaciones del año, de 65.5 a 86.7%, con una media de 76.1 % lo que es ligeramente superior a los valores que en este experimento se obtuvieron.

En este estudio, el mayor contenido de FDN en Nueces, fue el resultado de un mayor contenido de hemicelulosa y celulosa. Por el contrario, el bajo contenido de FDN de la línea PI409460 fue causado por una baja concentración de hemicelulosa. La hemicelulosa es el más complejo de los polisacáridos que componen la pared celular en

Tabla 3. Efecto del genotipo y corte sobre la composición de la pared celular (%) en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	Si
Genotipos:						
Nueces	72.3 ^a	46.7 ^c	25.5 ^a	37.1 ^a	5.3 ^{bc}	4.4 ^b
PI307622	70.5 ^{ab}	48.6 ^{ab}	21.9 ^{bc}	35.3 ^b	8.1 ^a	5.1 ^a
PI409252	70.7 ^{ab}	47.1 ^{bc}	23.6 ^{ab}	37.6 ^a	4.8 ^c	4.7 ^b
PI409375	70.5 ^{ab}	48.7 ^a	21.8 ^{bc}	37.2 ^a	5.6 ^{bc}	5.9 ^a
PI409443	69.3 ^b	47.6 ^{abc}	21.7 ^{bc}	36.7 ^{ab}	5.8 ^b	5.1 ^a
PI409460	68.9 ^b	48.7 ^a	20.2 ^c	37.8 ^a	5.5 ^{bc}	5.3 ^{ab}
Cortes:						
Ago-99	72.3 ^a	48.5 ^b	23.8 ^a	38.7 ^a	5.2 ^b	4.6 ^b
Nov-99	69.1 ^b	45.3 ^c	23.8 ^a	34.5 ^c	5.3 ^b	5.6 ^a
Nov-00	69.6 ^b	49.9 ^a	19.7 ^b	37.6 ^b	7.2 ^a	5.1 ^a
Interacciones:						
Genotipo x Corte	NS	**	**	**	**	**
Media	70.4	47.9	22.5	36.9	5.9	5.1
Error Estándar	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2
Coef de Var	2.5	2.2	7.5	2.7	10.8	18.0

* Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<.05).

FDN= Fibra detergente neutro (% de la materia seca).

FDA= Fibra detergente ácido (% de la materia seca).

HEM= Hemicelulosa (% de la materia seca).

CEL= Celulosa (% de la materia seca).

LIG= Lignina (% de la materia seca).

Si= Silicio (% de la materia seca).

**= (P<0.01)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

las plantas (Van Soest, 1994). Su extracción y estimación por diferencia de los valores para FDN y FDA hacen difícil conocer cual de los carbohidratos que la componen es el que hace variar sus valores entre un genotipo a otro. La celulosa por otra parte, fue relativamente homogénea entre los genotipos evaluados, con una media de 36.9% y un rango de 2.5%. La concentración de lignina fue por lo general, homogénea entre los pastos, con la excepción del la línea PI307622, la cual tuvo la concentración más alta (8.1%). Sin tomar en cuenta la línea PI307622, el rango para lignina entre genotipos fue de 1%. El contenido de Si, aun cuando fue diferente ($P < 0.05$) entre genotipos, fue relativamente homogéneo con un rango de 1.5%.

Los contenidos de FDN en los cortes realizados en noviembre de 1999 y 2000 (segundo y tercer corte) fueron iguales ($P > 0.05$) entre sí, y significativamente diferentes ($P < 0.05$) al corte realizado en agosto 1999 (segundo corte; ver Tabla 3). Una menor ($P < 0.05$) concentración de celulosa en el segundo corte (agosto-99) y una menor ($P < 0.05$) concentración de celulosa y hemicelulosa en el tercer corte (2000) fueron parcialmente responsables de esas diferencias en el contenido de FDN.

Una vez que la precipitación ha dado inicio al crecimiento de los pastos, la temperatura es el factor ambiental que mayor efecto tiene sobre el contenido de FDN (García, 1984). Cuando la disponibilidad de agua en el suelo no es un limitante para el desarrollo de las plantas, la temperatura al aumentar produce un doble efecto sobre las plantas al disminuir los contenidos celulares y aumentar la síntesis de los componentes de la pared celular (Van Soest, 1994; Nelson y Moser, 1994). El mayor contenido de FDN en el verano (primer corte), en comparación con los cortes realizados en otoño (segundo y

tercero), sería posible explicarlo por las temperaturas más altas que se registraron en el verano con respecto a las del otoño de 1999 y 2000 (28.5°C y 23.9°C respectivamente).

Por otra parte, no se encontró significancia ($P>0.05$) para la interacción de genotipo x corte en la variable FDN. Esto pudiera indicar que los pastos se comportaron de manera similar entre sí independientemente de la época de corte. El híbrido Nueces tuvo el mas alto contenido de FDN en todos los cortes y la línea PI409443 registró la más baja concentración de FDN en los dos primeros cortes.

El contenido de FDA no presentó un comportamiento similar al del FDN entre cortes. El contenido más alto (49.9%) se registró para el tercer corte (2000) y el mas bajo (45.3%) para el segundo corte (noviembre 1999). Estos resultados son similares a los reportados por Ramírez *et al.*, (2001a) en donde para buffel común se encontró un valor de FDA que varió de 35.9% a 53.9% durante el año y se tuvo un promedio de 48.1%. Además, la interacción genotipo x corte fue significativa para esta variable. En este estudio la concentración de lignina fue igual ($P>0.05$) en los dos primeros cortes y significativamente diferente con el tercer corte, el cual presentó el contenido más alto de lignina (7.2%). El contenido Si fue igual ($P>0.05$) para los cortes segundo y tercero y significativamente diferente al primer corte. Sin embargo, el rango fue pequeño, 1%.

5.3 Contenido de Nitrógeno y N asociado a la pared celular

El contenido de PC fue bajo para todos los pastos y cortes, siendo el 7.1% la media general del experimento (ver Tabla 4). Este nivel de N es prácticamente el mínimo necesario para mantenimiento de funciones normales del rumen en vacas gestantes (NRC, 1996). Esta baja concentración de N en los genotipos evaluados, pudiera deberse a dos principales factores: el estado de madurez de los pastos cuando se cosecharon y a una baja disponibilidad del nitrógeno en el suelo.

Se ha reportado que el contenido de proteína cruda en pasto buffel tiene un rango, dependiendo del estado de madurez de las plantas, que van de 6 a 13 % (Hussey y Bashaw, 1985; Woodward, 1980). Otros autores, han señalado que la planta de buffel contiene diferentes porcentajes de proteína dependiendo de su estado de madurez, con un 19% cuando está verde y activamente creciendo, 11 % durante la formación de espigas, 8% durante la madurez y de 2 a 4% durante la época seca (Martín e Ibarra, 1995). El valor promedio obtenido en este experimento (7.1%) es relativamente bajo comparado con el reportado en la literatura para el estado de madurez cuando se cosecharon los pastos.

Por otra parte, se ha demostrado que el contenido de nitrógeno del suelo afecta directamente el contenido de PC en las plantas, como lo indica la relación positiva entre la fertilización nitrogenada y el contenido de PC en el zacate buffel (Ramos y McDowell, 1994; Rai, 1991; Witehead, 2000). Los suelos donde se realizó el experimento presentan problemas de disponibilidad de N, debido a su baja

Tabla 4. Efecto del genotipo y corte sobre el contenido de Nitrógeno (%) y N asociado a la pared celular en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	PC	NIFDN	100-NIFDN	NIFDA	100-NIFDA	NIFDN-NIFDA
Genotipos:						
Nueces	7.7 ^a	44.2 ^{ab}	55.8 ^{bc}	27.4 ^b	72.7 ^a	16.3 ^a
PI307622	6.4 ^c	47.3 ^a	52.7 ^c	33.9 ^a	66.1 ^b	13.4 ^a
PI409252	7.1 ^b	41.3 ^{bc}	58.7 ^{ab}	28.1 ^b	71.9 ^a	13.2 ^a
PI409375	6.9 ^b	41.6 ^{bc}	58.4 ^{ab}	34.1 ^a	65.9 ^b	7.6 ^b
PI409443	7.5 ^a	38.7 ^c	61.3 ^a	26.1 ^b	73.9 ^a	12.7 ^a
PI409460	7.2 ^{ab}	44.6 ^{ab}	55.4 ^{bc}	28.3 ^a	71.7 ^b	16.2 ^a
Cortes:						
Ago-99	7.0 ^b	44.8 ^a	55.2 ^b	31.8 ^a	68.2 ^c	12.8 ^b
Nov-99	6.2 ^c	38.7 ^b	61.3 ^a	27.3 ^c	72.7 ^a	11.4 ^b
Nov-00	8.3 ^a	45.2 ^a	54.8 ^b	29.8 ^b	70.2 ^b	15.5 ^a
Interacciones:						
Genotipo x Corte	**	**	**	**	**	**
Media	7.1	42.9	57.1	29.6	70.4	13.2
Error Estándar	0.2	0.9	0.9	0.6	0.6	0.7
Cof de Var	3.8	6.0	4.5	6.4	2.7	20.8

^{abc} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<.05)

PC: Proteína cruda (% de la materia seca)

NIFDN: Nitrógeno insoluble en detergente neutro como % de la proteína total.

100-NIFDN: Nitrógeno soluble en detergente neutro como % de la proteína total.

NIFDA: Nitrógeno insoluble en detergente ácido como % de la proteína total.

100-NIFDA: Nitrógeno soluble en detergente ácido como % de la proteína total.

NIFDN-NIFDA: Nitrógeno soluble en detergente neutro pero insoluble en detergente ácido como % de la proteína total.

**= (P<0.01)

Cof de Var= Coeficiente de variación (%)

concentración, un alto pH, alta concentración de carbonatos y continuo uso por más de 40 años (INIFAP, 1991).

En este experimento, se encontraron diferencias ($P < 0.05$) para el contenido de PC entre pastos y cortes (ver Tabla 4). El híbrido Nueces tuvo el contenido más alto de PC con un 7.7% y la línea PI307622 el más bajo con 6.4%. No obstante, el Rango de PC entre los pastos fue pequeño (1.3%). El tercer corte (2000) tuvo el contenido más alto ($P < 0.01$) de PC en este ensayo (ver Tabla 4). Lo anterior pudo haberse debido a que en el tercer corte fue cuando se recibió la mayor precipitación pluvial (ver Figura 4).

Además, se encontró una alta significancia ($P < 0.01$) para la interacción genotipo x corte para el contenido de PC. Esto nos señala que los pastos no se comportaron de una manera consistente entre sí con respecto al contenido de PC entre cortes. De esta manera, una misma línea PI409460 registró el menor y mayor contenido de PC en el primer y tercer corte respectivamente. Esta falta de consistencia, parecería indicar una alta dependencia de la concentración de la PC con el ambiente donde se desarrollaron las plantas.

El contenido de Nitrógeno asociado a la FDN (NIFDN; media general = 42.9%) y a la FDA (NIFDA media general = 29.6%) fueron diferentes ($P < 0.05$) para genotipos y cortes (ver Tabla 4). Asimismo, NIFDN y NIFDA fueron relativamente altos comparados con lo que se reporta en la literatura (NRC, 2001) para otros forrajes. No se encontró en la literatura científica información sobre estas variables para el pasto buffel como para establecer una comparación con los valores encontrados. La línea PI409443

tuvo el NIFDN más bajo (38.7%) de todos los pastos evaluados y la PI307622 el más alto (47.3%). Lo anterior pudiera significar que la línea PI409443 tuvo un 8.6% más de nitrógeno rápidamente disponible para fermentación en el rumen. El nitrógeno soluble en detergente neutro (100-NIFDN) proviene de proteínas verdaderas, que en el caso de pastos, constituyen la maquinaria enzimática del metabolismo de la planta. Esta fracción nitrogenada es rápidamente degradada en el rumen y transformada a proteína microbiana. (Van Soest *et al.*, 1991).

El alto contenido de NIFDA (ver Tabla 4) que constituye el nitrógeno no disponible para el animal, encontrado en este experimento, parecería indicar que algún daño por calor degradó los aminoácidos de los pastos haciéndolos indigestibles. Esta reacción es conocida como Maillard e involucra la reducción de azúcares con aminoácidos seguidos por una polimerización (Van Soest, 1994). En ocasiones durante el proceso de secado de las muestras una combinación de altas temperaturas y humedad pueden causar este tipo de reacción. En el caso de las muestras de pasto en el experimento nunca se excedieron los 60 °C temperatura durante su secado, lo que se considera aceptable para no producir la reacción de Maillard. Sin embargo, el alto contenido de NIFDA (29.6%) en todos los genotipos y cortes nos hace suponer que existió algún tipo de daño o que los contenidos de NIFDA en pasto buffel en la región son más altos que los que se reportan para otros pastos en otras regiones (NRC, 2001). Se necesita más información sobre esta variable en los distintos forrajes que se utilizan regionalmente.

5.4 Contenido de macrominerales

Se determinó el contenido de los macrominerales (Ca, P, Mg, K y Na) en los genotipos para los cortes evaluados en este experimento (ver Tabla 5). Se les conoce como macrominerales porque la concentración necesaria, generalmente en g por kg de alimento, para satisfacer las necesidades de los rumiantes es mayor que la de otros elementos. Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los genotipos para las concentraciones de todos los macrominerales evaluados (ver Tabla 5). Nueces tuvo las concentraciones más altas de Ca, P y Mg. La línea PI307622 la más alta concentración de K y la línea PI409443 la más alta de Na. Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre cortes para las concentraciones de todos los macrominerales evaluados con excepción de Ca.

Las concentraciones de Ca, P, Mg, K y Na fueron más altas en el tercer corte (2000) que en los otros cortes. Como ya se discutió previamente la razón de lo anterior pudiera deberse a las condiciones climáticas más favorables que se presentaron en este corte (tercero). Una mayor precipitación pluvial aumenta la solubilidad de los minerales en el suelo y hace posible su acumulación en los tejidos de las plantas (McDowell, 1997). En el tercer corte se presentaron las mayores precipitaciones durante el período de crecimiento de los zacates. La interacción genotipo x corte fue significativa ($P < 0.05$) para las concentraciones de P, Mg y Na; pero no para Ca y K. No existió un comportamiento uniforme para esta interacción entre los macrominerales evaluados (ver Tabla 5).

Tabla 5. Efecto del genotipo y corte sobre el contenido de macrominerales en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variables	gr/kg de materia seca				
	Ca	P	Mg	K	Na
Genotipos:					
Nueces	0.39 ^a	0.09 ^a	0.48 ^a	22.28 ^{ab}	0.12 ^{bc}
PI307622	0.38 ^{abc}	0.09 ^a	0.36 ^d	22.60 ^a	0.13 ^{ab}
PI409252	0.37 ^{bc}	0.08 ^{ab}	0.40 ^{cd}	16.68 ^c	0.12 ^{bc}
PI409375	0.38 ^{ab}	0.09 ^a	0.43 ^{bc}	17.31 ^c	0.11 ^{bc}
PI409443	0.37 ^{bc}	0.08 ^{ab}	0.40 ^{cd}	20.43 ^{abc}	0.16 ^a
PI409460	0.37 ^c	0.07 ^b	0.45 ^{ab}	18.27 ^{bc}	0.09 ^c
Cortes:					
Ago-99	0.38 ^a	0.07 ^b	0.39 ^b	18.51 ^b	0.11 ^b
Nov-99	0.37 ^a	0.08 ^b	0.44 ^a	15.77 ^c	0.10 ^b
Nov-00	0.38 ^a	0.10 ^a	0.44 ^a	24.51 ^a	0.15 ^a
Interacciones:					
Genotipo x Corte	NS	**	**	NS	**
Media	0.38	0.08	0.42	19.60	0.12
Error estándar	0.001	0.002	0.008	0.706	0.005
Cof de Var	2.28	9.80	6.70	14.88	18.97

^{abcd} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05)

** = (P<0.01)

Cof de Var= Coeficiente de variación (%)

Las concentraciones de macrominerales encontradas en este ensayo fueron relativamente más bajas que otras reportadas en estudios previos donde evaluaron el contenido de macrominerales en el pasto buffel. Martín e Ibarra, (1995) señalaron que en Sonora para un grupo de zacates introducidos el contenido de Ca y P varió durante el año de 0.3 a 0.6% y de 1.2 a 2.2 %, respectivamente. Por otra parte, White y Wolfe (1985) reportaron valores bajos para P (0.23%), Ca (0.30%), K (1.6%) y Mg (0.18%) en buffel común durante el otoño en Cotula, Texas, EUA. Las razones para esta baja concentración de macrominerales en el forraje pueden ser similares a las que se discutieron previamente respecto las bajas concentraciones de N en este trabajo. El tipo de suelo tiene un papel relevante en la concentración de los diferentes minerales presentes en los forrajes.

El consumo potencial de los macrominerales estudiados, por una vaca de 400 kg de peso vivo consumiendo 10.2 kg de materia seca diaria de cada uno de los genotipos estudiados se muestra en la Tabla 6. Debido a las bajas concentraciones de los macrominerales, con excepción del K, todos los demás fueron insuficientes para satisfacer las necesidades de vacas en pastoreo. Cabe señalar la situación del P en donde el consumo promedio calculado (0.85 gr día^{-1}) solamente cubriría el 4.6 % del requerimiento para este mineral para vacas en pastoreo. Esta deficiencia crónica de P en los pastizales de Norte de México ya había sido reportada (Martín e Ibarra, 1995). También, Ramos-Santana y McDowell, (1994) reportaron que las concentraciones de Ca, Mg y Na en pasto buffel fueron deficientes para satisfacer los requerimientos del ganado bovino de carne.

Tabla 6. Efecto del genotipo y corte sobre consumo potencial de Macrominerales en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N.

L., México.

Variable	Ca	P	Mg	K	Na
Genotipos:					
Nueces ¹	3.94	0.91	4.87	227.28	1.20
PI307622 ¹	3.86	0.91	3.66	230.52	1.36
PI409252 ¹	3.82	0.80	4.05	170.18	1.20
PI409375 ¹	3.89	0.90	4.43	176.60	1.10
PI409443 ¹	3.82	0.82	4.08	208.41	1.63
PI409460 ¹	3.74	0.74	4.60	186.37	0.94
Cortes:					
Ago-99 ¹	3.89	0.72	3.94	188.82	1.16
Nov-99 ¹	3.82	0.77	4.44	160.81	1.05
Nov-00 ¹	3.83	1.05	4.47	250.05	1.51
Requerimientos²:					
En la dieta (gr/kg)	1.8	1.8	0.7	6.0	1.0
Diario (gr/animal)	18.3	18.3	7.1	61.2	10.2

¹ g. del mineral en 10.2 kg MS de la planta completa de los pastos evaluados.

² Requerimientos diarios (McDowell, 1997) para una vaca de 400 kg con un consumo de 10.2 kg (NRC, 1984).

En contraste, el consumo potencial de K en promedio para todos los genotipos y cortes cubriría 3.2 veces las necesidades de este mineral. Sin embargo, se sabe que un exceso de K podría intervenir con la absorción del Mg (McDowell, 1997), haciendo más agudo el déficit de este mineral. Pudiendo presentar hipomagnesemia tetánica.

5.5 Contenido de elementos traza

La Tabla 7 muestra las concentraciones de los elementos traza (Cu, Mn, Fe, Zn, Co y Mo) en los genotipos de pasto buffel. Se les señala como traza o microminerales porque la concentración necesaria, generalmente mg/kg, en los alimentos para satisfacer las necesidades de los rumiantes es menor que la de otros elementos. Las concentraciones de Cu, Mn, Fe, Zn, Co y Mo fueron relativamente bajas. Las razones para estas bajas concentraciones en el forraje pueden ser similares a las que se discutieron previamente con respecto a las bajas concentraciones de N. El tipo de suelo tiene un papel relevante en la concentración de los diferentes minerales presentes en los forrajes. Además, McDowell (1997) reporta que las deficiencias de minerales se presentan en muchos pastos que crecen en climas tropicales.

Los elementos traza fueron significativamente diferentes entre genotipos (ver Tabla 7). La línea PI307622 tuvo las concentraciones más altas de Cu y Fe; PI409443 la de Mn; PI409375 las de Zn y Co. Además, Nueces tuvo la concentración más alta de Mo. Se encontraron diferencias significativas entre cortes para las concentraciones de todos los elementos evaluados. Las concentraciones más altas, con excepción de Mn, se

Tabla 7. Efecto del genotipo y corte sobre contenido de elementos traza en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	mg/kg de materia seca					
	Cu	Mn	Fe	Zn	Co	Mo
Genotipos:						
Nueces	2.28 ^a	28.06 ^{bc}	107.37 ^{ab}	10.51 ^d	6.47 ^{ab}	1.54 ^a
PI307622	2.29 ^a	28.76 ^{ab}	119.29 ^a	13.83 ^{cd}	6.46 ^{ab}	1.19 ^{ab}
PI409252	1.62 ^{ab}	32.27 ^{ab}	73.10 ^b	19.07 ^{ab}	6.35 ^{ab}	1.11 ^b
PI409375	1.07 ^b	31.46 ^{ab}	102.79 ^{ab}	21.54 ^a	6.60 ^a	1.21 ^{ab}
PI409443	2.17 ^a	37.25 ^a	91.90 ^{ab}	15.85 ^{bc}	6.41 ^{ab}	1.10 ^b
PI409460	1.83 ^{ab}	20.07 ^c	89.42 ^{ab}	12.87 ^{cd}	6.02 ^b	0.86 ^b
Cortes:						
Ago-99	1.25 ^b	26.01 ^b	55.26 ^b	10.99 ^c	6.45 ^b	0.92 ^b
Nov-99	1.59 ^b	31.97 ^a	108.60 ^a	15.22 ^b	5.93 ^c	1.26 ^a
Nov-00	2.79 ^a	30.96 ^a	128.06 ^a	20.63 ^a	6.77 ^a	1.33 ^a
Interacciones:						
Genotipo x Corte	**	NS	NS	NS	*	NS
Media	1.88	29.65	97.31	15.61	6.38	1.17
Error Estándar	0.143	1.113	5.955	0.840	0.071	0.049
Cof de Var	29.72	1.11	30.33	18.62	5.10	21.12

^{abcd} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05)

NS= No significativo (P>0.05)

*= Significativo (P<0.05)

**= (P<0.01)

Cof de Var= Coeficiente de variación (%)

dieron en el tercer corte (2000). Como se discutió previamente la razón de lo anterior pudiera deberse a las condiciones climáticas más favorables que se presentaron en el corte tercero. Una mayor precipitación pluvial aumenta la solubilidad de los minerales en el suelo y hace posible su acumulación en los tejidos de las plantas y en el tercer corte se presentaron las mayores precipitaciones durante el período de evaluación de los pastos.

Hubo significancia ($P < 0.05$) en la interacción genotipo x corte para Cu y Co exclusivamente. En los demás elementos la interacción no fue significativa ($P > 0.05$). Por lo que se puede concluir que no existió una fuerte interacción entre los genotipos evaluados y los cortes realizados para la concentración de los microminerales evaluados. Esto es que los genotipos se comportaron de una manera uniforme entre sí, durante los cortes realizados.

El consumo potencial de los elementos traza por una vaca de 400 kg de peso vivo consumiendo 10.2 kg de materia seca diaria de los genotipos evaluados se muestra en la Tabla 8. Los consumos potenciales fueron suficientes para satisfacer las demandas de Mn, Fe, Co y Mo. No así, los consumos de Cu y Zn debido a las relativamente bajas concentraciones en los pastos y cortes. Estos resultados coinciden con otros autores (Ramos-Santana y McDowell, 1994) que han reportado deficiencias en buffel para Cu y Zn. Cabe señalar que a diferencia de los contenidos de macrominerales, los elementos traza estudiados fueron más abundantes y pudieron satisfacer en un mayor número de casos (66.6%) las necesidades de rumiantes en pastoreo. Finalmente, se encontró una concentración de Mo por debajo del límite tóxico.

Tabla 8. Efecto del genotipo y corte sobre el consumo potencial de elementos traza en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N.

L., México.

Variable	Cu	Mn	Fe	Zn	Co	Mo
Genotipos:						
Nueces ¹	23.29	286.21	1095.15	107.21	65.94	15.73
PI307622 ¹	23.34	293.39	1216.75	141.10	65.85	12.12
PI409252 ¹	16.47	329.17	745.65	194.52	64.79	11.35
PI409375 ¹	10.91	320.93	1048.42	219.68	67.29	12.32
PI409443 ¹	22.16	379.93	937.35	161.66	65.39	11.21
PI409460 ¹	18.63	204.67	912.04	131.28	61.38	8.76
Cortes:						
Ago-99 ¹	12.71	265.26	563.70	112.06	65.77	9.38
Nov-99 ¹	16.19	326.09	1107.76	155.24	60.47	12.83
Nov-00 ¹	28.51	315.80	1306.22	210.44	69.09	13.53
Requerimientos²:						
En la dieta (mg/kg)	7.0	30.0	30.0	50.0	1.8	1.0
Diario (mg/animal)	71.4	306.0	306.0	510.0	18.3	10.2

¹ mg de mineral en 10.2 kg de la planta completa

² Requerimientos diarios (McDowell, 1997) para una vaca de 400 kg con un consumo de 10.2 kg (NRC, 1984).

5.6 Degradabilidad efectiva de la materia seca

La degradabilidad de la materia seca fue diferente ($P < 0.05$) entre genotipos para las variables a y b, pero no hubo diferencia ($P > 0.05$) para c (ver Tabla 9). Lo que pudiera indicar que tanto la materia seca soluble (a) al inicio de la incubación como la lentamente degradable (b) en el rumen fueron diferentes entre los pastos evaluados, no así la tasa de degradación de b en el rumen (c) que fue similar entre genotipos ($P > 0.05$).

Con el fin de calcular la DEMS se utilizó una tasa de recambio ruminal del 2 % hora⁻¹, la cual es factible para este tipo de pastos que son usados por el ganado en condiciones extensivas. Se encontró un promedio general de la DEMS de todos los genotipos y cortes de 54.42% (ver Tabla 9). El cual es mayor al promedio anual (38.6 %) encontrado para buffel común por otros autores (Ramírez, *et al.*, 2001a) en la misma región. Además, estos autores señalaron que la DEMS para buffel común presentó valores de 28.6 y 50.5 % durante el invierno y verano, respectivamente. El valor encontrado para el verano (50.5%), por estos investigadores, es similar al promedio (54.42%) para los tres cortes en este estudio.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre genotipos en DEMS (ver Tabla 9). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Williams (1972) y Lovelace *et al.*, (1972) quienes reportaron diferencias significativas entre líneas e híbridos de pasto buffel. Pero difieren con lo reportado con Pachauri *et al.*, (1998) quienes señalaron haber encontrado diferencias significativas entre genotipos de pasto buffel en las digestibilidades de los nutrientes estudiados, con excepción del extracto etéreo.

Tabla 9. Influencia del genotipo y corte sobre la degradabilidad efectiva de la materia seca y parámetros no lineales de la digestibilidad *in situ* del forraje de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	a	b	c	DEMS
Genotipos:				
Nueces	35.92 ^a	31.96 ^b	4.66 ^a	55.61 ^a
PI307622	31.31 ^b	42.24 ^a	3.81 ^a	55.99 ^a
PI409252	27.01 ^c	38.20 ^{ab}	4.36 ^a	50.49 ^b
PI409375	31.67 ^b	37.26 ^{ab}	4.32 ^a	53.36 ^{ab}
PI409443	33.10 ^{ab}	36.19 ^{ab}	4.77 ^a	56.12 ^a
PI409460	31.93 ^b	41.00 ^a	3.64 ^a	54.96 ^a
Cortes:				
Ago-99	25.01 ^c	37.46 ^{ab}	4.31 ^{ab}	47.38 ^c
Nov-99	33.10 ^b	35.80 ^b	4.69 ^a	54.98 ^b
Nov-00	37.36 ^a	40.16 ^a	3.78 ^b	60.91 ^a
Interacciones:				
Genotipo x Corte	**	**	**	**
Media	31.82	37.81	4.26	54.42
Error Estándar	0.85	0.95	0.16	0.91
Coef de Var	6.24	12.27	19.74	4.33

** Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05)

DEMS= Degradabilidad efectiva (%) de la materia seca asumiendo una tasa de recambio ruminal de 2% hora⁻¹.

a= Fracción de la materia seca (%) perdida durante el lavado.

b= Fracción de la materia seca (%) degradada en el rumen.

c= Tasa de degradabilidad de la materia seca (%h⁻¹).

**= (P<0.01)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

En este estudio la línea PI409443 fue la que tuvo el valor más alto de DEMS (56.12%) y la línea PI409252 el menor (50.49%; ver Tabla 9). El híbrido buffel Nueces, señalado en la literatura como un pasto de alta calidad, tuvo una DEMS (55.61%) alta y similar ($P>0.05$) a la línea PI409443. En estudios parecidos sobre la DEMS del buffel Nueces, Ramírez *et al.*, (2001b) reportaron que ésta varió de 34.0 a 49.5 % durante el año, y que los valores más altos se obtuvieron en el verano. Los valores obtenidos en este experimento fueron superiores a los reportados por estos autores. Cabe señalar, que no obstante estas diferencias significativas encontradas para la DEMS entre genotipos, el rango para esta variable no fue grande: 5.6 unidades de digestibilidad lo que representa un 10 %.

En este estudio la materia seca soluble (a) al inicio de la incubación, la lentamente degradable (b) en el rumen, y la tasa de degradación de b en el rumen (c) fueron diferente ($P<0.05$) entre los cortes. Asimismo, la DEMS fue significativamente diferente entre cortes (Ver Tabla 9) y por lo tanto entre épocas. El tercer corte (2000) tuvo el valor más alto (60.91%) y el primer corte (agosto 1999) el menor (47.38%). El rango para DEMS entre cortes fue mayor que entre genotipos, de 13.5 unidades de digestibilidad lo que representa un 22.2 %. El forraje de los genotipos cosechados durante el otoño (segundo y tercero) fue significativamente ($P<0.05$) más digerido por los microbios del rumen que aquel cosechado en el verano (primer corte). En este estudio la época de corte tuvo una mayor influencia que el genotipo sobre las características de la digestibilidad y DEMS.

Los valores de DEMS pudieron haber sido afectados por las temperaturas registradas durante la época de crecimiento de los pastos, ya que todos los genotipos evaluados disminuyeron su DEMS conforme aumento la temperatura (ver Figura 5). Aparentemente, cuando las temperaturas son bajas, las paredes celulares están menos lignificadas, tiene una mayor digestibilidad y la acumulación de carbohidratos es mayor en las hojas. En contraste, a mayores temperaturas la síntesis de lignina es mayor causando que la digestibilidad disminuya (Nelson y Moser, 1994). Las temperaturas promedio durante crecimiento de los pastos en el primero, segundo y tercer corte correspondieron a 28.5, 25.0 y 22.7 °C, respectivamente. La correlación simple entre la DEMS y la temperatura promedio resultó negativa ($P < 0.01$) y con un valor del coeficiente de determinación (r^2) de 0.76 (Ver Tabla 10). Lo anterior pudiera significar que por cada grado centígrado de incremento en la temperatura, la DEMS disminuye 2.32 ± 0.32 %. Los datos generados por la ecuación de regresión simple se muestran en la Figura 6.

Estos resultados concuerdan con otros que se reportan en la literatura. Utilizando una regresión parcial Deinum *et al.*, (1968) mostró un decremento de media unidad de digestibilidad por cada incremento de un grado °C de temperatura, cuando la luz, edad, madurez y fertilización fueron iguales. Por otra parte, Wilson y Minson (1980) concluyeron que las hojas de pastos C3 pierden en promedio un 0.66% de digestibilidad por cada grado de incremento en la temperatura. En este experimento el efecto de la temperatura sobre la DEMS fue mayor del que estos investigadores reportaron, sin embargo, cabe aclarar que ellos trabajaron con gramíneas C3, y la relación entre la temperatura y la DEMS en gramíneas C4 no ha sido lo suficientemente estudiada.

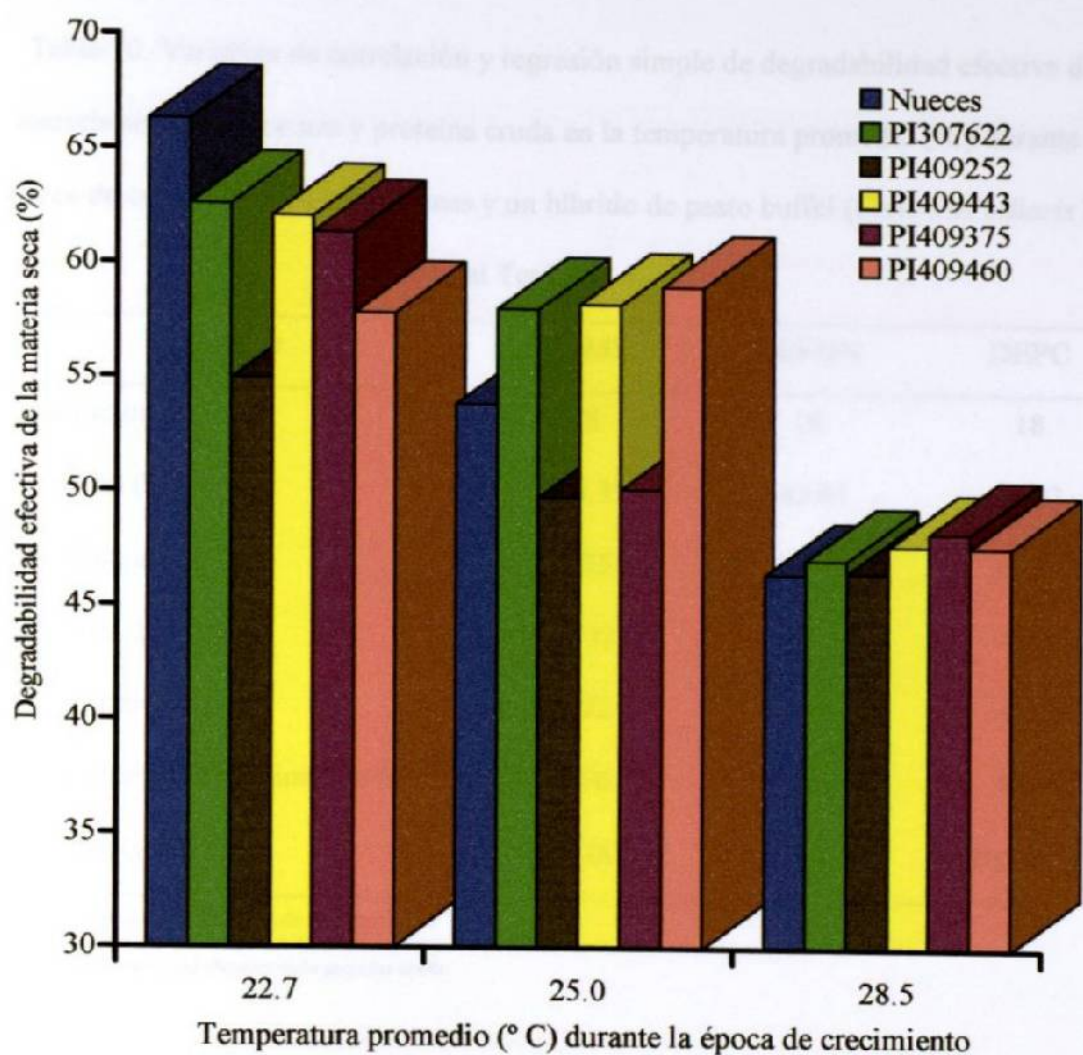


Figura 5. Relación entre degradabilidad efectiva de la materia seca y temperatura (°C) media durante la época de crecimiento de los genotipos evaluados durante 1999 y 2000 en el Campo Experimental de General Terán, N. L., México.

Tabla 10. Variables de correlación y regresión simple de degradabilidad efectiva de materia seca, fibra neutra y proteína cruda en la temperatura promedio (°C) durante la época de crecimiento en cinco líneas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en General Terán, N. L., México.

Variable	DEMS	DEFDN	DEPC
Observaciones (N)	18	18	18
Intercepto (b ₀)	113.33	142.65	78.03
Error Estándar de b ₀	8.25	11.23	13.34
Pendiente (b ₁)	-2.32	-3.53	-0.62
Error Estándar de b ₁	0.32	0.44	0.52
Coefficiente de determinación (r ²)	0.76	0.80	0.08
Nivel de significancia	P≤0.001	P≤0.001	P≤0.252

DEMS = Degradabilidad efectiva de la materia seca.
 DEF DN = Degradabilidad efectiva de la fibra neutra.
 DEPC = Degradabilidad efectiva de la proteína cruda.

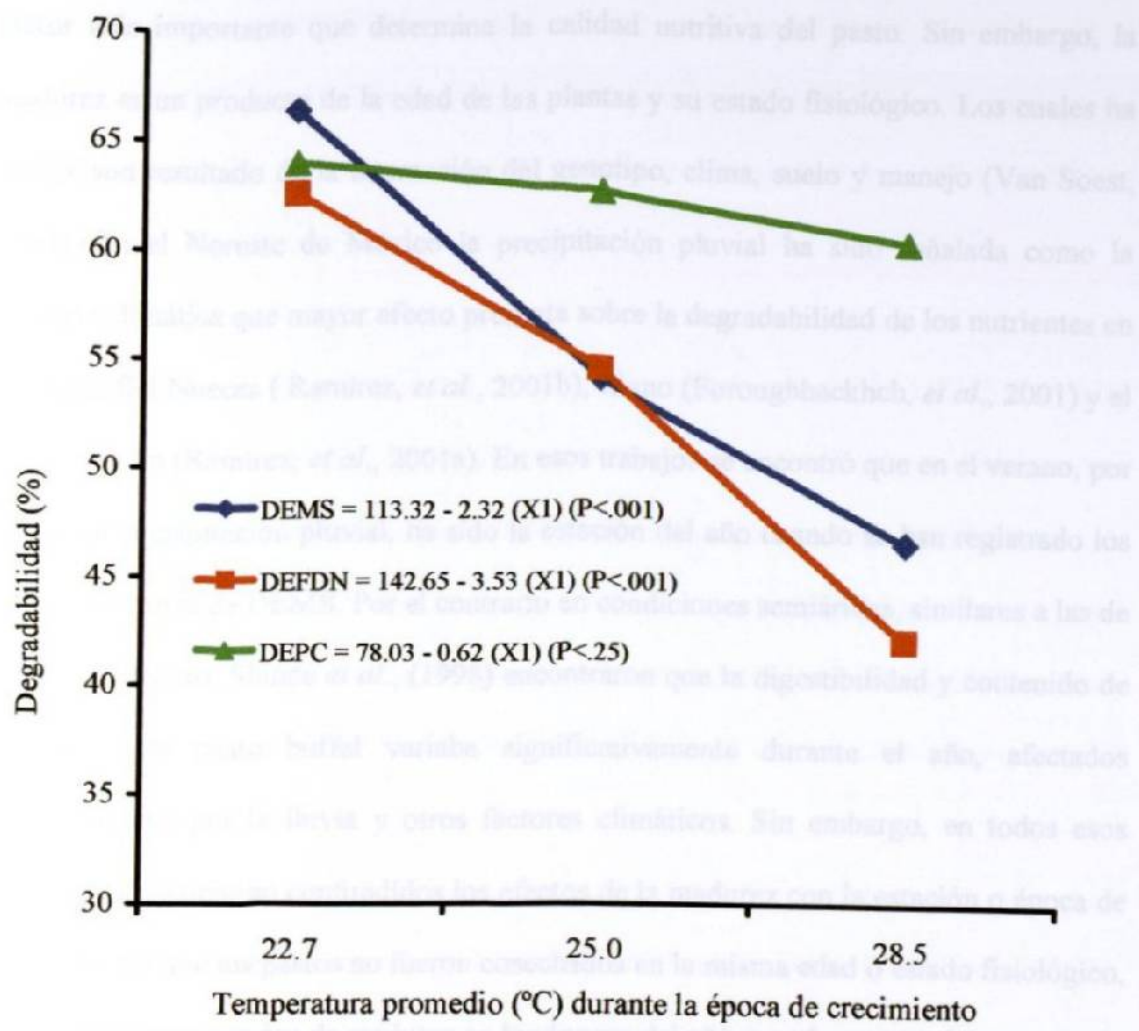


Figura 6. Ecuaciones de regresión de la degradabilidad efectiva de la materia seca, fibra neutro y proteína cruda en la temperatura (° C) media durante la época de crecimiento de los genotipos evaluados durante 1999 y 2000 en el Campo Experimental de General Terán, N. L., México.

La calidad nutritiva de los forrajes está estrechamente ligada a su madurez y éste es el factor más importante que determina la calidad nutritiva del pasto. Sin embargo, la madurez es un producto de la edad de las plantas y su estado fisiológico. Los cuales a su vez son resultado de la interacción del genotipo, clima, suelo y manejo (Van Soest, 1994). En el Noreste de México la precipitación pluvial ha sido señalada como la variable climática que mayor efecto presenta sobre la degradabilidad de los nutrientes en zacate buffel Nueces (Ramírez, *et al.*, 2001b), Llano (Foroughbackhch, *et al.*, 2001) y el buffel común (Ramírez, *et al.*, 2001a). En esos trabajos se encontró que en el verano, por su mayor precipitación pluvial, ha sido la estación del año cuando se han registrado los mayores valores de DEMS. Por el contrario en condiciones semiáridas, similares a las de este experimento, Shinde *et al.*, (1998) encontraron que la digestibilidad y contenido de nutrientes en pasto buffel variaba significativamente durante el año, afectados negativamente por la lluvia y otros factores climáticos. Sin embargo, en todos esos estudios se encuentran confundidos los efectos de la madurez con la estación o época de corte. Puesto que los pastos no fueron cosechados en la misma edad o estado fisiológico, tenían diferentes estados de madurez en las épocas del año cuando se cosecharon.

En este estudio todos los cortes fueron realizados cuando los genotipos presentaban el mismo estado fisiológico (plena floración), por lo que es posible aislar esta causa de variación. Por lo tanto, las diferencias encontradas entre genotipos y cortes obedecen exclusivamente a las causadas por ellos, y no por un diferente estado de madurez.

Al analizar la interacción entre genotipos y cortes para DEMS se encontró una alta significancia (ver Tabla 9). Esto pudiera significar que los genotipos se comportan de

una manera diferente entre sí al cambiar las condiciones en que se desarrollan. En el primer corte la línea PI409375 presentó el valor más alto de DEMS (48.4%), en el segundo corte la línea PI409460 tuvo el valor más alto (59.2%) y en el tercer corte Nueces (66.3%); Sin embargo, la línea PI409443 presentó el valor más alto (56.12%) en promedio de los tres cortes para todos los genotipos evaluados.

El contenido de FDN y hemicelulosa afectaron negativamente la DEMS ($r=-0.40$; $P<0.01$ y $r=-0.45$; $P<0.01$), respectivamente. Asimismo, el contenido de Celulosa ($r=-0.24$) y NIFDA ($r=-0.24$) se correlacionaron negativamente pero no significativamente ($P<0.10$) con la DEMS. El contenido de FDA ha sido tradicionalmente usado para predecir la digestibilidad de los forrajes; sin embargo, Van Soest *et al.*, (1991) señaló que la FDA no es una fracción de la fibra válida para usos nutricionales o para la predicción de digestibilidades.

En este experimento la FDN resultó estar más relacionada con la DEMS que la FDA, coincidiendo con los resultados obtenidos por Williams, (1972) donde se evaluaron 147 híbridos de pasto buffel. Otros autores, han señalado que aun cuando existen correlaciones entre los componentes de la pared celular y la composición química con la digestibilidad del pasto buffel, éstas no son lo suficientemente significantes como para ser usadas en modelos de predicción (Lovelace *et al.*, 1972).

5.7 Degradabilidad efectiva de la pared celular (DEFDN)

Las variables a y b fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) entre genotipos. Sin embargo, la variable c no fue diferente ($P > 0.05$) como se presenta en la Tabla 11. Se encontró una diferencia significativa para DEF DN entre los genotipos evaluados (ver Tabla 11). El híbrido Nueces fue el que tuvo el mayor valor y la línea PI409252 el menor. Los valores de DEF DN para Nueces fueron similares ($P > 0.05$) a la línea PI307622 y diferentes ($P < 0.05$) al resto de los genotipos evaluados. Ramírez *et al.*, (2001b) reportan valores de DEF DN para Nueces durante el año que van de 21.4% en la primavera a 43.5% en el verano. En el otoño estos investigadores encontraron un valor de DEF DN de 34.8%, el cual es substancialmente menor al encontrado en este ensayo para Nueces. El rango para la DEF DN entre los genotipos evaluados fue de 8.5 unidades de digestibilidad lo que significa un 14.9 %.

La DEF DN para todos los genotipos y cortes fue estimada en 53%, este valor es alto comparado con el señalado en otros estudios. En una evaluación de ocho pastos en la misma región Ramírez *et al.*, (1997) reportó un valor promedio para la digestibilidad de la FDN de 45.6%. Además, se han reportado valores de DEF DN en pasto buffel común de 35.1% (Ramírez *et al.*, 2001c) y 30.4 % (Ramírez *et al.*, 2001a).

Tabla 11. Influencia del genotipo y corte sobre la degradabilidad efectiva de la fibra neutro de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	a	b	c	DEFDN
Genotipos:				
Nueces	36.76 ^a	31.66 ^b	5.03 ^a	57.03 ^a
PI307622	30.50 ^b	40.10 ^a	4.61 ^a	55.43 ^{ab}
PI409252	23.56 ^d	38.58 ^a	4.97 ^a	48.56 ^d
PI409375	28.46 ^{bc}	38.71 ^a	4.52 ^a	52.79 ^{bc}
PI409443	27.62 ^{bc}	40.58 ^a	4.55 ^a	52.59 ^{bc}
PI409460	26.34 ^{cd}	40.75 ^a	4.28 ^a	51.53 ^{cd}
Cortes:				
Ago-99	15.68 ^c	42.27 ^a	4.52 ^b	42.35 ^c
Nov-99	30.28 ^b	34.95 ^b	5.56 ^a	53.62 ^b
Nov-00	40.67 ^a	37.97 ^b	3.89 ^b	62.99 ^a
Interacciones:				
Genotipo x Corte	**	NS	NS	**
Media	28.87	38.40	4.66	52.99
Error Estándar	1.62	0.89	0.16	1.33
Coef de Var	8.65	12.22	18.41	5.04

^{abcd} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<0.05).

DEFDN= Degradabilidad efectiva (%) de la fibra neutra asumiendo una tasa de recambio ruminal de 2% hora⁻¹.

a= Fracción de la fibra neutra (%) perdida durante el lavado.

b= Fracción de la fibra neutra (%) degradada en el rumen.

c= Tasa de degradabilidad de la fibra neutra (%h⁻¹).

NS= No significativo (P>0.05)

**= (P<0.01)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

Los resultados observados entre genotipos para DEFDN muy similares a los obtenidos y ya discutidos para la DEMS (ver Tabla 9). El coeficiente de correlación entre estas dos variables fue altamente significativo ($r = 0.93$), lo que significaría que el 86.5 % (coeficiente de determinación r^2) de la variación de una de las variables quedaría explicada por la otra. Estos resultados coinciden con otros (Williams, 1972) quien reportó un coeficiente de determinación entre digestibilidad de la materia seca y digestibilidad de la fibra neutra de 0.94%. No obstante esta relación, la determinación de DEFDN provee de un valor más cercano a la digestibilidad verdadera de los forrajes que la DEMS, ya que al tratar las muestras obtenidas de la fermentación ruminal con el detergente neutro se remueven todo el material de origen microbiano (Van Soest, 1994).

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre cortes para las variables a, b y c (ver Tabla 10). Asimismo, la DEFDN fue diferente ($P < 0.05$) entre cortes. El tercer corte (2000) fue el que presentó el mayor valor (62.99%) y el primer corte (agosto 1999) el menor (42.35%). El rango entre cortes fue mayor que entre genotipos siendo de 20.6 unidades de digestibilidad o 32.8%. En este experimento la época de corte tuvo una mayor influencia que el genotipo sobre la DEFDN.

Como era de esperarse las temperaturas registradas durante la época de crecimiento afectaron la DEFN en forma similar a la DEMS debido a que la mayor parte de la materia seca la compone la pared celular. Es decir que los genotipos evaluados disminuyeron sus valores de DEFDN conforme aumentó la temperatura. La correlación simple entre la DEFDN y la temperatura promedio resultó negativa, altamente significativa y con un valor del coeficiente de determinación (r^2) de 0.80 (ver Tabla 10).

Al realizar un análisis de la regresión simple de la DEF DN en la temperatura promedio (°C) se encontró que ésta fue altamente significativa y que por cada grado centígrado de incremento en la temperatura la DEF DN disminuyó 3.53 ± 0.44 %. Esta pendiente encontrada para DEF DN fue mayor que la de DEMS, lo que significaría que la temperatura tuvo un más grande efecto sobre DEF DN comparado con DEMS. Por último, se calculó la ecuación y graficaron resultados de la regresión de DEF DN en la temperatura y se presentan en la Figura 6.

Al analizar la interacción entre genotipos y cortes se encontró que fue altamente significativa ($P < 0.01$) para la variable a, sin embargo dicha significancia no existió para b y c (ver Tabla 11). También, se encontró una alta significancia para DEF DN. Esto pudiera significar que los genotipos se comportan de una manera diferente entre sí, al cambiar las condiciones en que se desarrollan. En el primer corte la línea PI409443 presentó el valor más bajo de DEF DN, en el segundo corte la línea PI409252 y en el tercer corte la línea PI409460.

5.8 Degradabilidad efectiva de la proteína cruda

Se determinaron diferencias significativas entre genotipos para las variables a y b, y no significativas para c (ver Tabla 12). Lo que indica que tanto el nitrógeno soluble (a) al inicio de la incubación como el lentamente degradable (b) en el rumen fueron diferentes entre los pastos evaluados, no así la tasa de degradación de b en el rumen (c) que fue igual ($P > 0.05$). Se determinó una DEPC promedio para todos los pastos y cortes

Tabla 12. Influencia del genotipo y corte sobre degradabilidad efectiva de la proteína de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	a	b	c	DEPC
Genotipos:				
Nueces	46.05 ^{ab}	28.79 ^b	4.48 ^a	63.55 ^{abc}
PI307622	44.00 ^{ab}	35.42 ^{ab}	4.04 ^a	65.21 ^{ab}
PI409252	35.46 ^b	35.05 ^{ab}	4.53 ^a	57.21 ^c
PI409375	37.91 ^b	34.28 ^{ab}	4.53 ^a	58.83 ^{bc}
PI409443	49.64 ^a	28.57 ^b	4.88 ^a	67.57 ^a
PI409460	39.63 ^{ab}	37.02 ^a	3.84 ^a	61.10 ^{abc}
Cortes:				
Ago-99	42.66 ^a	29.60 ^b	4.28 ^b	60.49 ^a
Nov-99	41.96 ^a	32.18 ^b	4.95 ^a	62.05 ^a
Nov-00	41.72 ^a	37.79 ^a	3.92 ^b	64.19 ^a
Interacciones:				
Genotipo x Corte	NS	*	**	*
Media	42.11	33.19	4.38	62.24
Error Estándar	1.24	1.05	0.15	0.92
Coef de Var	18.37	17.35	17.22	8.36

* Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

DEPC= Degradabilidad efectiva (%) de la proteína cruda asumiendo una tasa de recambio ruminal de 2% hora⁻¹.

a= Fracción de la proteína cruda (%) perdida durante el lavado.

b= Fracción de la proteína cruda (%) degradada en el rumen.

c= Tasa de degradabilidad de la proteína cruda (%h⁻¹).

NS= No significativo ($P > 0.05$)

*= ($P < 0.05$)

**= ($P < 0.01$)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

de 62.24 % (ver Tabla 12). Este promedio es similar al que encontró Ramírez *et al.*, (2001a) para buffel común (59.5%) durante las cuatro estaciones del año. Pero es mayor al que reportan Ramírez *et al.*, (2001c) para el mismo pasto colectado en octubre en Linares, N. L. En este estudio hubo diferencias ($P < 0.05$) entre los genotipos evaluados para DEPC; la línea PI409443 fue la que manifestó el mayor contenido siendo similar ($P > 0.05$) al contenido encontrado en PI307622, Nueces, y PI409460. Por otra parte, la línea PI409252 tuvo la menor DEPC.

La DEPC fue similar ($P > 0.05$) en todos los cortes. Tal parece que la época de corte no tuvo un efecto significativo en la DEPC; sin embargo, cabe señalar que el valor más alto se encontró en el tercer corte cuando las condiciones climáticas fueron más favorables para el crecimiento de los zacates. Cuando se correlacionó la DEPC con la temperatura promedio registrada durante el crecimiento de los pastos se encontró una correlación negativa y no significativa (ver Tabla 10). La temperatura no tuvo un efecto significativo sobre la DEPC, como se puede observar en la Figura 6. La interacción genotipo x corte para la variable DEPC, aparentemente tuvo un efecto mayor que la época de corte. Esta interacción fue significativa ($P < 0.05$), y queda de manifiesto en la variación de DEPC en el híbrido Nueces, ya que en el primer corte éste tuvo uno de los más bajos valores y en el tercer corte uno de los más altos.

La DEPC estuvo correlacionada significativamente ($P < 0.05$) con el contenido de (%H) hojas en los pastos ($r = 0.4$) y con el contenido de PC ($r = 0.3$). Las enzimas involucradas en la fotosíntesis, que en su mayoría se encuentran en las hojas, componen una parte importante de las proteínas verdaderas en los pastos. Esta asociación positiva

remarca la importancia de incorporar la medición de la cantidad de hojas en las evaluaciones agronómicas de pastos, dada su relevancia desde el punto de vista del valor nutritivo.

Si consideramos que el máximo valor posible de la digestibilidad de la proteína en los pastos está limitada por su contenido de NIFDA, la digestibilidad máxima potencial, en promedio de todos los genotipos y cortes, sería de 70.4% (ver Tabla 4). La DEPC en este estudio fue de 62.24 %, lo que nos significaría que existe un 8.16% de la proteína que sería potencialmente utilizable por los rumiantes y que podría servir de proteína de escape. En este experimento el contenido de nitrógeno lentamente degradable (NIFDN-NIFDA) fue en promedio de 13.2% lo cual sería cercano al valor obtenido para el nitrógeno potencialmente degradable en el abomaso (8.16%) obtenido.

5.9 Producción de materia seca y proteína digestible

Para conocer el aporte real de materia seca digestible de cada genotipo evaluado se estimó la producción de materia seca digestible total (MSDT) ha^{-1} (ver Tabla 13), donde se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre genotipos. La Línea PI409443 produjo un 35.1 % más MSDT que el híbrido Nueces. Este valor es muy similar al obtenido cuando se comparó la producción de MST de los mismo genotipos (36.2 %). No se encontró diferencia significativa entre cortes para la MSDT. Sin embargo, cabe hacer la observación que en 1999 se dieron dos cortes y en el 2000 solamente uno, por lo que la diferencia entre años si fue alta y significativa. No se

Tabla 13. Efecto del genotipo y corte sobre la producción de materia seca y proteína digestible total por hectárea en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L) bajo condiciones de temporal, en General Terán, N. L., México.

Variable	MSDT	PCDT
Genotipos:		
Nueces	2.12 ^b	187.80 ^b
PI307622	2.78 ^{ab}	211.22 ^{ab}
PI409252	2.18 ^{ab}	173.14 ^b
PI409375	2.44 ^{ab}	190.75 ^b
PI409443	3.27 ^a	294.22 ^a
PI409460	2.27 ^{ab}	182.07 ^b
Cortes:		
Ago-99	2.31 ^a	206.89 ^{ab}
Nov-99	2.47 ^a	172.01 ^b
Nov-00	2.75 ^a	240.70 ^a
Interacciones:		
Genotipo x Corte	NS	NS
Media	2.51	206.53
Error Estándar	0.12	11.48
Coef de Var	30.86	33.41

^{ab} Medias con distinta literal dentro de la misma columna son diferentes (P<.05).

MSDT= Materia seca digestible total (ton) corte⁻¹ ha⁻¹

PCDT= Proteína cruda digestible total (kg) corte⁻¹ ha⁻¹

NS= No significativo (P>0.05)

Coef de Var= Coeficiente de variación (%)

encontró significancia ($P>0.05$) para la interacción de genotipo x corte en la producción de MSDT. Esta baja interacción indica que los genotipos se comportaron de una manera independiente durante la época de corte. La Línea PI409443 fue la que presentó los valores más altos de MSDT en dos de los cortes y el híbrido Nueces el más bajo en los tres cortes. En este experimento las diferencias entre genotipos para las producciones de MS, al ser mayores, tuvieron una mayor influencia sobre la MSDT, que las encontradas para DEMS. El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.87$) entre estas dos variables (MST y MSDT) fue significativo, en contraste entre la DEMS y MSDT el coeficiente de determinación fue significativo pero bajo ($r^2 = 0.15$).

Al estimar la producción de proteína digestible total por ha (PCDT) para los genotipos evaluados se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) como indica la Tabla 13. La línea PI409443 fue la más productora con 294 kg en promedio de los tres cortes. La línea PI409252 fue la que registró el mas bajo valor para PCDT (173 kg) en promedio de los tres cortes. También se encontró diferencia significativa entre cortes para PCDT, siendo el último corte (2000) de mayor rendimiento (240.7 kg). Por último, no se encontró significancia ($P>0.05$) en la interacción de genotipo x corte para la PCDT.

6. CONCLUSIONES

La producción de materia seca entre las líneas apomíticas de pasto buffel fue similar, solo la línea PI409443 produjo más forraje (36.2%) que el híbrido Nueces. Por otra parte, la producción de materia seca fue igual entre épocas de corte, pero diferente entre años. Las diferencias encontradas en la pared celular y sus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas insolubles) fueron marginales entre genotipos y entre cortes. Sin embargo, la concentración de paredes celulares fue más baja en los genotipos durante el otoño que en verano.

El contenido de proteína cruda y su disponibilidad fue relativamente bajo en todos los genotipos y cortes. Esto debido probablemente al estado fisiológico de las plantas durante su cosecha y la disponibilidad de nutrientes y humedad en el suelo donde se realizó el experimento. La época de corte tuvo un mayor efecto sobre el contenido de proteína cruda y su disponibilidad que el genotipo. Además, la interacción entre el genotipo y la época de corte, pudiera indicar un contenido variable de PC en los genotipos en respuesta al ambiente donde se desarrollan.

Los contenidos de Ca, P, K, Mg y Na fueron diferentes entre genotipos y entre cortes (con excepción de Ca). El corte realizado en noviembre de 2000 tuvo el mayor contenido de macrominerales de los tres cortes realizados. Con excepción del K, el consumo potencial de todos los macrominerales contenidos en los pastos evaluados fue bajo para satisfacer los requerimientos de bovinos en pastoreo.

Los contenidos de elementos traza fueron diferentes entre genotipos y entre cortes. El corte realizado en noviembre de 2000 tuvo el mayor contenido de elementos traza (con excepción de Mn). El consumo potencial de Mn, Fe, Co y Mo fue suficiente para satisfacer los requerimientos de bovinos de carne en pastoreo, los de Cu y Zn no fueron suficientes. Los contenidos de Co y Mo estuvieron por debajo de los niveles mínimos de toxicidad.

La degradabilidad efectiva de la materia seca fue diferente entre genotipos y cortes. La materia seca del híbrido Nueces fue degradada en cantidades similares a las líneas evaluadas, con excepción de la línea PI409252 que tuvo la más baja DEMS. Las mayores diferencias en degradabilidad se encontraron entre épocas de corte. Durante el otoño (cortes segundo y tercero) la materia seca fue más digerida que en el verano (primer corte). Las altas temperaturas, durante la época de crecimiento de los pastos tuvieron un efecto negativo sobre la degradabilidad de la materia seca, en todos los genotipos.

La degradabilidad efectiva de la pared celular fue diferente entre genotipos y cortes. Las mayores diferencias se encontraron entre épocas de corte. La pared celular fue más digerida durante el otoño (cortes segundo y tercero) que durante el verano (primer corte). En todos los genotipos las altas temperaturas, durante la época de crecimiento, tuvieron un efecto negativo sobre la degradabilidad de la pared celular.

La temperatura y precipitación tuvieron una significativa influencia sobre la composición química y degradabilidad de los nutrientes. Esto se manifiesta por las diferencias encontradas entre épocas de corte.

La nueva línea de pasto buffel, PI409443, tuvo la mayor producción de materia seca, materia seca digestible, proteína digestible, degradabilidad efectiva de la materia seca y proteína cruda, por lo que pudiera considerársele como una buena opción para sustituir al híbrido Nueces en siembras comerciales en el Noreste de México. Además, la línea PI307622 destaca por su alta producción de MS, contenido de hojas y disponibilidad de nutrientes para los rumiantes que la consumen.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ackerman A.B. y D.J. Gordon. 1991. Gramíneas de Sonora. SAGRH-Gob. del Edo. de Sonora COTECOCA. Hermosillo, Sonora. Méx. p 48.
- Alcalá G.C.H. 1995. Origen geográfico y distribución mundial. En: Guía Práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. PATROCIPES. Hermosillo, Sonora, Méx. p 9-14.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- ARC: Agricultural Research Council. 1984. The nutrient requirement of ruminant livestock suppl. No. 1 Commonw. Agri. Bur. Farnham Royal. Eng.
- Ash, A.J. 1990. The effect of supplementation with leaves from the leguminous trees *Sesuvium grandiflora*, *Albizia chinensis* and *Gliricidia sepium* on the intake and digestibility of guinea grass hay by goats. Anim. Feed Sci. Technol. 28:225-232.
- Barton, F.E., H.E. Amos, D. Burdick y R.L. Wilson. 1976. Relationship of chemical analysis to *in vitro* digestibility for selected tropical and temperate grasses. J. Animal Sci. 43:504-512.
- Bashaw E.C. 1980. Registration of Nueces and Llano buffelgrass. Crop Sci. 20: p 120.
- Bashaw E.C. 1985. Buffelgrass Origins. In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceedings of a Symposium. Texas A & M Univer. Res. Exten. Center. Weslaco, Texas. p 6-12.
- Blaser, R.E. Symposium on forage utilization: Effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. J. Animal Sci. 23: 246-253. (1964).
- Bowman D.E. y A.G. Law. 1964. Effects of temperature and day length on the development of lignin, cellulose, and protein in *Dactylis glomerata* L. and *Bromus inermis* Leyss. Agronomy Journal 56:177-179.
- Cooper J.P. y N.M. Tainton. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical grasses. Herbage Abstracts 38:167-176.
- Deinum B., A.J. Van Es y P.J. Van Soest. 1968. Climate, nitrogen and grass. II the influence of light intensity, temperature, and nitrogen on *in vitro* digestibility of grass and the prediction of this effects from chemical procedures. Neth. J. Agric. Sci. 16:217-223.

- Deinum B. y J.G.P. Dirven. 1972. Climate, nitrogen and grass. 5 Influence of age, light intensity and temperature, on the production and chemical composition of Congo grass (*Bracharia ruzziensis* Germain at Everard). Neth. J. Agric. Sci. 20:125-132.
- Deinum B. y J.G.P. Dirven. 1975. Climate, nitrogen and grass. 6 Comparison on yield and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures. Neth. J. Agric. Sci. 23:69-82.
- Deinum B. y J.G.P. Dirven. 1976. Climate, nitrogen and grass. 7 Comparison of production and chemical composition of *Bracharia ruzziensis* and *Setaria sphacelata* at different temperatures. Neth. J. Agric. Sci. 24:67-77.
- Evans L.T. 1973. The effect of light on plant growth, development, and yield. En Plant response to climatic factors. R. O. Slatyer (ed). Proc. of the Uppsala Symp. Reunies, Switzerland. Pp. 21-35.
- Faix J.J. 1975. The effect of temperature and day length on the quality of morphological components of three legumes. Thesis. Cornell University. Ithaca, N. Y.
- Ford C.W., I.M. Morrison y J.R. Wilson. 1979. Temperature effects on lignin, hemicellulose, and cellulose in tropical and temperate grasses. Aust. J. Agric. Res. 30:621-633.
- Foroughbackhch R., R.G. Ramírez, L. Hauad, J. Alba-Ávila, C.G. García Castillo y R. Morales-Rodríguez. 2001. Dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of Llano buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). J Appl. Anim. Res. 20: p 181-188.
- García C.C.G. 1995. Composición química, perfil mineral, concentración de ácidos grasos volátiles y degradabilidad ruminal de la materia seca y de la proteína cruda del forraje de 9 zacates del estado de Nuevo León colectados durante el invierno. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UANL. (No publicada).
- García D.G.J. 1984. The effect of temperature and daylength on ryegrass and alfalfa quality. M: Sc. Thesis. Cornell University Ithaca, N. Y. USA.
- García D.G.J. y A.L.J. Maldonado. 1998. Introducción y evaluación de líneas texanas de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en el centro de Nuevo León (memoria). XIII Congreso sobre Manejo de Pastizales. Ags. México. p 46.
- Goering H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA-ARS Agric. Handbook No 379.
- Hanselka C.W. 1985. Grazing management strategies for buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceedings of

- a Symposium. Texas A & M Univer. Res. Exten. Center. Weslaco, Texas. p 53-54.
- Hanselka C.W. 1988. Buffelgrass South Texas wonder grass. *Rangelands* 10: p 279-281.
- Henderson M.S. y D.L. Robinson. 1982a. Environmental influences on fiber component concentrations of warm-season perennial grasses. *Agron. J.* 74:573-579.
- Henderson M.S. y D.L. Robinson. 1982b. Environmental influences on yield and *in vitro* true digestibility of warm-season perennial grasses and the relationship to fiber components. *Agron. J.* 74:943-946.
- Holt E.C. 1985. Buffelgrass- A brief History . In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceedings of a Symposium. Texas A & M Univer. Res. Exten. Center. Weslaco, Texas. p 1.
- Humphreys L.R. 1976. Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) in Australia. *Trop. Grassl.* 1:123-124.
- Hussey M.A. 1985. Buffelgrass Breeding and Evaluation for South Texas. In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceedings of a Symposium. Texas A & M Univer. Res. Exten. Center. Weslaco, Texas. p 9.
- Hussey M.A. y E.C. Bashaw. 1985. Influence of clipping height on the yield and quality of winterhardy buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) germplasm. Forage Research in Texas. Texas A & M University System. USA. CPR-4731 p 37-38.
- Hyam G.F.S., A.H. Pendris, J.J. Coetzee y G.W. Pitout. 1975. The Development of Production Systems for Beef Animals on *Cenchrus ciliaris* pasture. *Proc. Grassl. Soc. South Afr.* 10:167-197.
- INFAP. 1991. Memorias segunda reunión científica forestal y agropecuaria del estado de Nuevo León. Centro de Investigación Regional del Noreste, Méx. p 48-50.
- Krishnamoorthy U.C., T.V. Muscato, C.J. Sniffen y P.J. Van Soest. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65: p 217-220.
- Lovelace D.C, E.C. Holt, W.C. Ellis y E.C. Bashaw. 1972. Nutritive value estimates in apomictic lines of buffel grass. *Agronomy J.* 64(4): 453-456.
- Madriz J.A. 1981. Seasonal variation in the composition of Timothy grass. M. Sc, Thesis. Cornell University. Ithaca N. Y.
- Martin M.H., Cox J.R. y F.A. Ibarra. 1995. Climatic effects on buffelgrass productivity in the Sonora Desert. *J. Range Management.* 48(1): 60-63.

- Martin M.H. e Ibarra F.A. 1995. Productividad y calidad forrajera. En: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. PATROCIPES. Hermosillo, Sonora, Méx. p 31-40.
- McBee G.G. 1959. Yield and Quality of Forage Produced by Nine Warm season Grasses, Grown Under a Constant Fertilizer and Irrigation Schedule in Lower Rio Grande Valley. Texas Agr. Exp. Sta. pr-2107.
- McDonald I. 1981. A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 96:251-252.
- McDowell L.R. 1997. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. Bulletin 3th Edition Animal Science Department Center for Tropical Agriculture University of Florida. pp: 8-40.
- Minson D.J. y M.M. Mcleod. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. XI International Grassland Congress. 719-722.
- Minson D.J. y M.M. Mcleod. 1972. The *in vitro* technique: Its modification for estimating digestibility of large number of tropical pasture samples. Division of tropical pastures technical paper No. 8. CSIRO, Melbourne, Australia.
- Nelson C.J. y L.E. Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. En: Forage Quality, Evaluation and Utilization. National. Fahey C G Jr (Ed) Conference on Forage Quality. Univ. of Nebraska. Lincoln Nebraska, EUA. p 123.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised ed. Washington, D. C. USA: National Academy Press.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised ed. Washington, D. C. USA: National Academy Press.
- Øskov E.R. 1991. Manipulation of fiber digestion in the rumen. Proc. Nutr. Soc. 50: p 187-106.
- Øskov E.R. y I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J Agric Sci 92:499-503.
- Pachauri V.C., S.K. Mahanta y S. Singh. 1998. Feeding value of three improved varieties of anjan grass (*Cenchrus ciliaris*) in sheep. Indian J. Anim. Sci. 68(7):689-690.
- Paley L.G. y D. Aspinall. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. p 105.

- Pitman W.D., Vietor D.M. y E.C. Holt. 1981. Digestibility of kleingrass forage grown under moisture stress. *Crop. Sci.* 21:951-953.
- Playne M.J. 1970. Differences in the Nutritional value of Three cuts of Buffelgrass for the Sheep and the Cattle. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 8:511-512.
- Quin J.L., J.G. Van Der Wath y S. Myburgh. 1938. Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South Africa. 4 Description of experimental technique. *Onderstepoort Journal of Veterinary Sci and Animal Industry.* 11:341-600.
- Rai P. 1991. Effect of nitrogen on yield and quality of *Cenchrus ciliaris* x *Cenchrus setigerus* hybrid. *Indian J. Agron.* 36(2):243-246.
- Ramírez R.G., C. Rusildi-González, J.L. Hernández-Piñero y R. Maiti. 1997. Nutritional profile and leaf surface structure of some monocotyledonous and dicotyledonous species for grazing ruminants in semiarid regions of Northeastern México. *J. Appl. Anim. Res.* 12:153-162.
- Ramírez R.G., R. Foroughbackhch, L.A. Háuad, J. Alba-Ávila, C.G. García-Castillo 2001a. Seasonal dynamics of dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 19:209-218.
- Ramírez R.G., R. Foroughbackhch, L.A. Háuad, J. Alba-Ávila, C.G. García-Castillo. 2001b. Seasonal variation of *in situ* digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *J. Appl. Anim. Res.* 20:73-82.
- Ramírez R.G., A.M. Enríquez y F.G. Lozano. 2001c. Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *CienciaUANL.* IV(3) Jul.-Sep.
- Ramos S.R. y L.R. McDowell. 1994. Effect of four fertilization levels on *in vitro* organic matter digestibility, crude protein, and mineral concentration of buffelgrass hay in southern Puerto Rico. *Communications in Soil Sci. Plant Analysis* 25(3/4):293-299.
- Reyna N.G. 1999. Estimación de la composición química y digestión ruminal de la proteína curda en la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y los híbridos nueces y llano, colectados en Marín, Nuevo León en otoño de 1998. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UANL.
- Robertson J.B. y P.J. Van Soest. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: *The analysis of dietary fiber in food.* Marcel Dekker, Inc; 123-156.

- Rodríguez O., J. González-Domínguez, J.P. Krausz, J.P. Wilson y W.W. Hanna. 1999. First report and epidemics of buffelgrass blight caused by *Pyricularia grisea* in South Texas. *Plant Disease* 83(4): p 398.
- Rosa J.T. 1921. Investigation of the hardening process in vegetable plants. *Miss. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 48:2-97.
- Rotar P.P. y D.L. Plucknett. 1980. *Tropical and Subtropical Forages*. En: *Forages*. Third Edition. The Iowa State University Press/Ames, Iowa, USA, p 367.
- Shinde A.K., S.A. Karim, S.K. Sankhyan y R. Bhatta. 1998. Seasonal changes in biomass growth and quality and its utilization by sheep on semiarid *Cenchrus ciliaris* pasture of India. *Small Rum. Res.* 30(1):29-35.
- Silcock R.H., A. Noble y R.D.B. Whalley. 1976. Importance of Phosphorus and Nitrogen in the Nutrition of Grass Seedling in Mulga Soil. *Aust. J. Agr. Res.* 27:583-592.
- Silva C.M.M. de S. y C.M.B. de Faria. 1995. Seasonal variation in nutrient content and nutritive value of tropical forage plants. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 30(3) 413-420.
- Smith D. 1973. The nonstructural carbohydrates. In G. W. Butler y R. W. Bailey (Ed.) *Chemistry and biochemistry of herbage*. Academic Press, London. Vol. 1: 105-155.
- Snedecor W.G. y W.G. Cochran. 1980. *Statistical Methods*. Seventh edition. Ames, Iowa. USA. The Iowa State University Press.
- Spears J.W. 1994. Minerals in forages: In Fahey C G Jr (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. National Conference on Forage Quality. Univ. of Nebraska. Lincoln Nebraska, EUA. pp: 281-311.
- Steponkus P.L., K.W. Shahan y J.M. Cutler. 1982. Osmotic adjustment in rice. In: *Drought resistance in crops, with emphasis on rice*. International Rice Research Institute. Los Baños. Laguna, Philippines. p 181-194.
- Struik P.C. 1983. Effect of temperature on development, dry-matter production, dry-matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.) an analysis. *Mededlingen Landbouwhogeschool Wageningen, Nederland.* 83-3. p2.
- Sullivan E.F. 1961. Effect of temperature and phosphorus fertilization on yield and composition of piper sudangrass. *Agron. J.* 53:357-358.
- Van Soest P.J. 1976. Influence of environment on forage composition. *Proc. Workshop Nut. Eval. Forage*. Dairy Res. Inst. Karnal, India.

- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Comstock Publishing Associates and Cornell University Press. Ithaca, New York, USA:
- Van Soest P.J., J.B. Roberson y B.A. Lewis. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Villalobos G.C., V.E. González y S.J.A. Ortega. 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Técnica Pecuaria en México* 38 (2): 119-133.
- White L.D. y D. Wolfe. 1985. Nutritional value of common buffelgrass. In: *Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceedings of a Symposium*. Texas A & M Univer. Res. Exten. Center. Weslaco, Texas, p 13-24.
- Williams J.M. 1972. An evaluation of plant materials and procedures for developing nutritionally superior lines of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Dissertation-Abstracts-International, B.* 33(3): 985.
- Wilson J.R. y D.J. Minson. 1983. Influence of temperature on the digestibility of the tropical legume *Macroptilium atropurpureum*. *Grass and Forage Sci.* 38: 39-44.
- Wilson J.R. y D.J. Minson. 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Trop. Grassl.* 14: p253-257.
- Wilson J.R. y C.W. Ford. 1971. Temperature influences on the growth, digestibility, and carbohydrate composition of two tropical grasses, *Panicum maximum* var. *Trichoglume*, and *Setaria sphacelata* and two cultivars of the temperate grass *Lolium perenne*. *Aust. J. Agric. Res.* 22:563-571.
- Wilson J.R. y C.W. Ford. 1973. Temperature influences on the in vitro digestibility, and soluble carbohydrate accumulation of tropical and temperate grasses. *Aust. J. Agric. Res.* 24:187-198.
- Wilson J.R. y T.T. Nag. 1975. Influences of water stress on parameters associated with herbage quality of *Panicum maximum* var *trichoglume*. *Aust. J. Agri. Res.* 26:127-136.
- Witehead D.C. 2000. *Nutrient elements in grassland*. CABI Publishing UK; p 113.
- Woodward W.T.W. 1980. Performance of buffelgrass cultivars for south Texas. Texas Agricultural Experimental Station, The Texas A&M University System. MP-1460.
- Zermeño G.E.B. 1999. Degradabilidad ruminal de la pared celular de la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) y los

híbridos llano y nueces colectados en Marín, N. L. en el otoño de 1998. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UANL. (No publicada).

8. ANEXOS

8.1 *Curriculum vitae*

El autor de esta Tesis nació el 7 de octubre de 1957 en Montemorelos, N. L. , hijo de Guillermo García Jiménez y Lillian Regina Dessommes MacDonald (q.e.p.d.). Está casado con Martha Laura Villegas de la Vega y tiene tres hijos: Martha Catalina, Ana Cristina y Guillermo García Villegas. Además, tiene dos tías: Natalia y Consuelo García Jiménez, cuatro hermanos: Lillian Regina, Natalia Catalina, Servando Anselmo y Ana María García Dessommes y una suegra Guadalupe de la Vega (Viuda) de Villegas. Por compartir su vida con todos ellos ha sido alguien muy afortunado.

Realizó su educación primaria, secundaria y preparatoria en el Instituto Hidalgo de Montemorelos, el Instituto Israelita de Monterrey y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, respectivamente. Se graduó de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en Junio 1979 en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. En 1982 fue aceptado en Escuela de Graduados de Cornell University en los Estados Unidos de América, en donde obtuvo el grado de Master in Science en 1984.

En agosto de 1979 ingresó al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el cual se transformó en 1985 en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Desde su ingreso hasta la fecha el autor a trabajado de manera continua en INIFAP, desarrollando diferentes cargos: Investigador, Coordinador

de Programa de Investigación, Secretario Particular del Director General, Subdirector de Capacitación y Desarrollo, Coordinador Regional de Investigación, Subdirector del Centro de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuario de Nuevo León, Director del Centro de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuario de Nuevo León y Director de Investigación Agrícola en el Centro de Investigación Regional del Noreste. Actualmente se desempeña como investigador del programa de forrajes y pastos nativos y es Jefe del Campo Experimental de General Terán, N. L., del INIFAP.

Como investigador ha publicado más de 40 artículos en revistas científicas, memorias de congresos, publicaciones técnicas y para productores. Además de ser distinguido durante 3 años en el Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a Investigador Nacional, el autor ha pertenecido a diferentes sociedades y organismos científicos como: la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales, la Asociación Mexicana de Producción Animal, el Colegio de Ingenieros Agrónomos, etc.

Por último, el autor también se dedica a la citricultura como se dedicaron su padre, abuelo y bisabuelo antes que él en MonteMorelos Nuevo León.

8.2 Listado de publicaciones elaboradas durante el desarrollo de esta Tesis.

1. Ramírez LRG, González RH, García DGJ. 2002. Chemical composition and rumen digestion of forage from Kleingrass (*Panicum coloratum*). INTERCIENCIA. 27(12): 705-709.
2. Ramírez LRG, González RH, García DGJ. 2003. Nutrient digestion of Common Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) Pers growing in Northeastern Mexico. J. Appl. Anim. Res. 23:93-102
3. García DGJ, Ramírez LRG, Foroughbackhch P, Morales. RR, García DG. 2003. Ruminant digestion and chemical composition of new genotypes of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). INTERCIENCIA 28(4): 220-224.
4. García DGJ, Ramírez LRG, Foroughbackhch P, Morales. RR, García DG. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Técnica Pecuaria en México. 41(2): 209-218.

8.3 Listado de participaciones en congresos y reuniones científicas durante el desarrollo de esta Tesis.

1. García, DGJ, Ramírez LRG, Maldonado ALJ. 2001. Determinación de la producción de materia seca de 100 líneas e híbridos de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo condiciones de temporal. Memorias. VI Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Mty. N. L. mayo 24 y 25. p 40.
2. García, DGJ, Ramírez LRG. 2001. Estimación del valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas de pasto buffel *Cenchrus ciliaris* L, el híbrido nueces, el buffel común y pretoria 90 *Dicanthium annulatum* Stapf. Memorias. VI Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Mty. N. L. mayo 24 y 25. p 48.
- 3.- García, DGJ, Ramírez LRG, Foroughbakhch R, Morales RR, García DG. 2002. Estimación del valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en dos épocas del año. Memorias. VII Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Mty. N. L. mayo 16 y 17. p 85.
4. Morales RR , Cortez PR, Vázquez CJE, Ortiz LJ, Garza PRA, Ramírez LRG, García DGJ y González RH. 2002. Perfil mineral de varios tipos del zacate buffel común y del zacate pretoria. Memorias. VII Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Mty. N. L. mayo 16 y 17. p 78.

5. Morales RR, Ramírez LRG, García DGJ, Foroughbakhch R. 2002. Digestibilidad *in situ* de 86 genotipos del pasto buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) Memorias. VII Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Mty. N. L. mayo 16 y 17. p 78.
6. Morales RR, Ramírez RL, García GJD y Foroughbakhch RP. 2003. Digestibilidad *in situ* de 86 genotipos del pasto *Cenchrus ciliaris* L. VII Simposio de Botánica. La Habana Cuba. Memorias *in extenso*. P 31.
7. Cobio CN, Morales DM, Morales RR, Ramírez RL y García GJD. 2003. Digestión ruminal de la materia seca y pared celular del forraje de varios genotipos del pasto *Cenchrus ciliaris* L. VII Simposio de Botánica. La Habana Cuba. Memorias *in extenso*. P 34
8. Morales DM, Ramírez RL, García GJD y González HR. 2003. Perfil mineral de varios genotipos de pasto *Cenchrus ciliaris* y *Dichanthium annulatum*. VII Simposio de Botánica. La Habana Cuba. Memorias *in extenso*. P 31
9. García-Dessommes GJ, Ramírez-Lozano RG, Foroughbakhch PR, Morales-Rodríguez R, García-Díaz G. Ruminal Digestion and Chemical Composition of New Genotypes of Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Aceptado el 30 de abril de 2003.
10. Morales-Rodríguez R, Ramírez-Lozano RG, García-Dessommes G, Cobio-Nagao C, Morales-Murillo DA, Foroughbakhch R. Nutritive value and *in situ* digestibility of the

cell wall of 86 genotypes of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) . The Sixth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Aceptado el 30 de abril de 2003.

8.4 Sobretiro de publicaciones.

CHEMICAL COMPOSITION AND RUMEN DIGESTION OF FORAGE FROM KLEINGRASS (*Panicum coloratum*)

Roque Gonzalo Ramírez Lozano, Humberto González Rodríguez
and Guillermo García Dessommes

SUMMARY

This study evaluated and compared, seasonally, the nutrient content and effective degradability of dry matter (EDDM), crude protein (EDCP) and neutral detergent fiber (EDNDF) of the total plant, leaves and stems of kleingrass growing in Northeastern Mexico. Potential intake by cattle of minerals contained in the whole plant of kleingrass was also estimated. Plants were hand harvested in each season, in a 20ha rain fed pasture. Values of crude protein, Ca, P, K, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, EDDM, EDCP and EDNDF were significantly higher in spring than in other seasons. Conversely, cell wall and its components (cellulose, hemicellulose and lignin) were significantly lower in spring than

in other seasons. Leaves resulted with significantly higher chemical composition and effective degradability of nutrients than stems. Whole plant concentrations of Ca, K and Fe (in all seasons); of Mg (except in winter); and of Zn and Mn (except in winter and summer) were sufficient to satisfy growing cattle requirements of these minerals. However, P, Na and Cu concentrations were low for cattle needs in all seasons. In this study, leaves had better nutritional quality than stems; in addition, rainfall and plant maturity influenced the nutritive quality and effective degradability of kleingrass.

RESUMEN

El estudio evaluó y comparó, estacionalmente, el contenido nutricional y degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS), proteína cruda (DEPC) y pared celular (DEFDN) de la planta completa, hojas y tallos del zacate klein, sembrado en el noreste de México. El consumo potencial de minerales por bovinos, contenidos en la planta completa del zacate klein, fue también estimado. La colecta manual de plantas fue llevada a cabo en cada estación, en una pradera no irrigada de aproximadamente 20ha. Los valores de proteína cruda, Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, DEMS, DEPC, DEF DN fueron significativamente más elevados en primavera que en otras estaciones. Contrariamente, la pared celular y sus componentes (celulosa, hemicelulosa y

lignina) fueron significativamente más bajos en primavera que en otras estaciones. Las hojas del zacate klein resultaron con mayor calidad nutritiva y degradabilidad efectiva que los tallos. En el zacate klein, el contenido total de Ca, K y Fe (en todas las estaciones del año), de Mg (excepto en invierno), y de Zn y Mn (excepto en invierno y verano) fue suficiente para satisfacer los requerimientos de bovinos en crecimiento; sin embargo, P, Na y Cu fueron deficientes en todas las estaciones. En este estudio las hojas tuvieron mejor calidad nutritiva que los tallos; además, la precipitación y el estado de la madurez de la planta tuvieron influencia sobre la calidad nutritiva y degradabilidad ruminal del zacate klein.

Introduction

Effective degradability and rate and extent of digestion in the rumen are important characteristics of forage digestion in ruminants. Such characteristics can be used to predict the nutritive value more accurately and compare the utility of forages in the diets for ruminants (Ørskov, 1991). Grasses are

important sources of organic and inorganic nutrients for ruminants; however, under some circumstances, they can be deficient in one or more of these nutrients. Minerals are required to meet the animal needs for optimum growth and health (Spears, 1994) because minerals are essential nutrients for all kinds of animals and in this way influ-

ence animal performance (McDowell, 1997).

Kleingrass (*Panicum coloratum*) is a perennial grass of warm climates, native of Africa. Depending on soil fertility and rainfall, dry matter production varies from 4 to 7 tons/ha/year. It can efficiently produce with 500mm of annual rainfall and it is highly palatable. In Texas, USA, its

crude protein content varies from a low value of 7% in winter to a high value of 13% in spring (Polk *et al.*, 1976). In Argentina, the effective degradability of dry matter of kleingrass in the rumen varied depending on the part of the plant; leaves were more degraded than stems (Stritzler *et al.*, 1996). Apparently, kleingrass is an excellent comple-

KEYWORDS / Effective Degradability / Kleingrass / Mineral Potential Intake / Ruminants /

Received: 07/10/2002. Modified: 10/29/2002. Accepted: 12/11/2002

Roque Gonzalo Ramírez Lozano.
Doctor of Science in Ruminant Nutrition, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Professor-Researcher, Departamento de Alimentos, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Address: Apartado Postal, 142, Suc. F, Cd. Uni-

versitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México.
e-mail: roqramir@fcb.uanl.mx.

Humberto González Rodríguez.
Doctor of Science in Plant Physiology, UANL. Professor-Researcher, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

Guillermo García Dessommes. M. C. in Ruminant Nutrition and Researcher, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Doctorate Candidate in Sciences Nutrition, UANL.

O estudo avaliou e comparou, estacionalmente, o conteúdo nutricional e degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS), proteína crua (DEPC) e parede celular (DEFDN) da planta completa, folhas e caules do zacate klein, semeada no noroeste do México. O consumo potencial de minerais por bovinos, contidos na planta completa do zacate klein, foi também estimado. A colheita manual de plantas foi realizada em cada estação, numa pradaria não irrigada de aproximadamente 20ha, os valores de proteína crua, Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, DEMS, DEPC, DEF DN foram significativamente mais elevados na primavera que em outras estações. Contrariamente, a parede celular e seus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina) foram significati-

vamente mais baixos na primavera que em outras estações. As folhas do zacate klein resultaram com maior qualidade nutritiva e degradabilidade efetiva que os caules. No zacate klein, o conteúdo total de Ca, K e Fe (em todas as estações do ano), de Mg (exceto no inverno), e de Zn e Mn (exceto no inverno e verão) foi suficiente para satisfazer os requerimentos de bovinos em crescimento; no entanto, P, Na e Cu foram deficientes em todas as estações. Neste estudo as folhas tiveram melhor qualidade nutritiva que os caules; além disso, a precipitação e o estado da madurez da planta tiveram influência sobre a qualidade nutritiva e degradabilidade ruminal do zacate klein.

ment for the short-cycle grazing systems and has been successfully introduced in Northern Mexico (Velázquez-Caudillo, 1997). However, its seasonal nutritive value and ruminal degradability characteristics have not been studied.

Different parts of the plant differ in nutritional qualities. In grasses, leaves generally have better nutritional quality than stems (Ramírez *et al.*, 2001a, b, 2002). Because ruminants rarely consume the total plant, analyses of only one fraction of the plant may underestimate the nutritive value of forages, when they are consumed by the animal (Strizler *et al.*, 1996).

The aim of this study was to determine and estimate, seasonally, the nutritive value and effective degradability in the rumen of the total plant, leaves and stems of kleingrass that grow in Northeastern Mexico.

Materials and Methods

The research was carried out at the Experimental Production Unit of the Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L., Mexico, located at 24°47'N and 99°32'W, at an altitude of 350masl. The climate is typically semitropical and semiarid, with a warm summer. The main and most common type of vegetation is known as the Tamaulipan Thornscurb or subtropical Thornscurb woodlands. The dominant

soils are deep, dark-gray, lime-clay Vertisols, which are the result of alluvial processes. This type of soils is characterized by high Ca carbonate (pH= 7.5 to 8.5) and relatively low organic matter content (Farooghbachkch, 1992).

During fall (September 26, 1996), winter (January 30, 1997), spring (April 21, 1997) and summer (July 22, 1997), plants were hand-harvested from a 10ha kleingrass (*Panicum coloratum* L. Pers) pasture. In each season ten sites were randomly selected for plant collection. After harvest, plants were separated into leaves and stems and partial dry matter was determined at 55°C in an oven for 72h. After drying, samples were ground in a Wiley mill (1mm screen) and stored. In each season, leaves and stems from plants from the ten sites of collection were bulked separately and divided into four samples that were subjected to chemical analysis and *in situ* disappearance studies.

Samples were analyzed for dry matter (DM), organic matter, crude protein (CP), ash, acid detergent lignin (ADL; AOAC, 1990), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF; Goering and Van Soest, 1970). Hemicellulose (NDF-ADF) and cellulose (ADF-ADL) were estimated by difference. Mineral content was estimated by incinerating the samples in a muffle furnace

at 550°C for 4h. Ashes were digested in a solution containing HCl and HNO₃, using the wet digestion technique (Díaz-Romeau and Hunter, 1978). Concentrations of Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn and Cu were estimated using an atomic absorption spectrophotometer. The P content was determined colorimetrically (AOAC, 1990).

The rate and extent of fermentation in the rumen of DM, CP and NDF from kleingrass were measured using twelve rumen cannulated Pelibudy x Rambouillet sheep weighing 45.2 ± 2.3kg. In each season, four sheep were used to evaluate each plant part. Animals were fed with alfalfa hay *ad libitum* two weeks before beginning the *in situ* trial and throughout the experiment. Sheep used in this study were maintained and treated according with international regulations of animal care. Ground (4g) samples were placed in nylon bags (5 x 10cm, 53µm pore size) and suspended in the ventral sac of the rumen of each sheep. Bags were incubated in each sheep for 4, 8, 12, 24, 36 and 48 hours. Upon removal, from the rumen, bags were washed in cold water. Zero time disappearance was obtained by washing unincubated bags in a similar fashion. Bags were dried at 60°C in an oven during 48h. Weight loss of DM, CP and NDF was recorded.

In order to estimate the non-linear characteristics of *in situ* disappearance of DM, CP

or NDF from nylon bags in each incubation period, equation (1) from Ørskov and McDonald (1979) was used:

$$p = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

where p: disappearance rate at time t; a: an intercept representing the portion of DM or CP or NDF solubilized at the beginning of incubation (time 0); b: portion that is slowly degraded in the rumen; c: rate constant of disappearance of fraction b; and t: time of incubation.

The effective degradability of DM (EDDM), CP (EDCP) or NDF (EDNDF) = (a+b)/ (c+k)(e^{-kLT}) was calculated using the Neway computer program (McDonald, 1981); where k is the estimated rate of outflow from the rumen and LT is the lag time. The EDDM, EDCP and EDNDF values were estimated assuming a rumen outflow rate of 3%/hour.

The chemical composition, nonlinear parameters of digestibility, and EDDM and EDCP and EDNDF were statistically analyzed, using a 4x3 factorial experiment, where seasons represented Factor A and plant parts Factor B. Seasonal means were compared using the Tukey test (P<0.05). Simple correlation analysis was performed to estimate the influence of chemical composition, rainfall, temperature, and EDDM, EDCP and EDNDF (Steel and Torrie, 1980). All the statistical procedures were per-

formed using the Statistical Package for Social Sciences, version 9.0 (SPSS, 1999).

Results and Discussion

The CP content of kleingrass was significantly different among seasons. In spring, CP was highest and in winter lowest. Leaves resulted with higher CP content than stems (Table I). Velásquez-Caudillo (1997) also found that the CP of kleingrass that grows in Northern Mexico, was highest in spring (14.9%) and lowest in winter (7.0%). In addition, Polk *et al.* (1976) reported that the CP in leaves of kleingrass that grows in three sites of Texas, USA, was highest during spring (13%) and lowest in winter (9%). In South America, Stritzler *et al.* (1996) reported that the CP of kleingrass that grows in Las Pampas, Argentina, was higher in leaves than in stems.

Cell wall NDF and its components (cellulose, hemicellulose, ADL and insoluble ashes) were significantly different among seasons. In general, during spring the percentage of NDF in kleingrass was lowest and in winter it was highest. In winter, plant maturity and ADL were highest (Table I). With exception of hemicellulose and insoluble ashes, other cell wall components were lower in leaves than in stems (Table I). Values of cell wall similar to those found in this study have been reported by Velásquez-Caudillo (1997). Moreover, Stritzler *et al.* (1996) mentioned that leaves of kleingrass growing in Las Pampas, Argentina, had lower cell wall content than stems. Roquette *et al.* (1974) also reported that NDF content in three varieties of kleingrass growing in Texas, USA, increased as plant maturity increased. Besides, Pitman *et al.* (1983) and Pitman and Holt (1982) concluded that because of the increased humidity stress, cell wall content and degree of lignification of kleingrass increased.

TABLE I
EFFECT OF SEASON AND PART OF THE PLANT ON NUTRIENT CONTENT (% DM) AND EFFECTIVE DEGRADABILITY (% DM) OF KLEINGRASS (*P. coloratum*), COLLECTED IN LINARES, N.L., MEXICO

Item	Seasons				Whole plant	Plant part		
	Autumn 1996	Winter 1997	Spring 1997	Summer 1997		Leaves	Stems	Mean ±SE
Organic matter	89.0 ^a	91.3 ^a	88.4 ^b	88.5 ^b	89.6 ^a	88.0 ^b	90.3 ^a	89.3 ±0.6
Crude protein	9.6 ^b	6.6 ^c	11.7 ^a	10.7 ^{ab}	8.9 ^b	12.2 ^a	7.2 ^c	9.7 ±0.7
NDF	76.4 ^c	79.3 ^b	74.8 ^d	83.4 ^a	78.3 ^b	75.1 ^c	82.1 ^a	78.5 ±0.8
Hemicellulose	29.8 ^b	29.7 ^b	29.3 ^b	38.8 ^a	31.6 ^{ab}	33.1 ^a	31.0 ^b	31.9 ±0.9
Cellulose	34.9 ^{ab}	36.1 ^a	34.1 ^{bc}	32.6 ^c	34.2 ^b	31.0 ^c	38.0 ^a	34.4 ±0.6
Lignin	7.4 ^b	9.1 ^a	7.3 ^b	7.2 ^b	7.6 ^b	5.5 ^c	10.0 ^a	7.8 ±0.3
Insoluble ash	4.5 ^b	4.1 ^b	4.1 ^b	7.0 ^a	5.3 ^a	6.2 ^a	3.4 ^b	4.9 ±0.5
EDDM	44.6 ^b	35.8 ^b	47.3 ^a	41.7 ^a	45.3 ^a	46.9 ^a	35.0 ^b	42.6 ±1.0
EDCP	68.4 ^a	54.5 ^b	70.5 ^a	63.6 ^b	64.2 ^b	67.3 ^a	61.3 ^a	64.6 ±1.0
EDNDF	40.1 ^b	31.6 ^c	44.2 ^a	34.6 ^c	36.9 ^b	45.3 ^a	32.0 ^c	38.6 ±1.1

^{abcd} Means in a row with different letter superscripts are different ($P < 0.05$); NDF: neutral detergent fiber; EDDM: effective degradability of the dry matter; EDCP: effective degradability of crude protein; EDNDF: effective degradability of neutral detergent fiber at a rumen outflow rate of 3%/hour; SE: standard error. For all items significance values were: Factor A= $P < 0.001$; Factor B= $P < 0.001$ and AxB= $P < 0.001$.

The EDDM, EDCP and EDNDF were significantly different among seasons. In general, in spring DM, CP and NDF of kleingrass were fermented to a greater extent in the rumen of sheep than in other seasons. During spring, kleingrass had the highest CP and the lowest NDF contents; however, in winter, when kleingrass had the lowest CP and the highest NDF contents, ruminal degradability of nutrient was lowest (Table I). Moreover, CP positively influenced EDDM ($r = 0.48$, $P < 0.001$) and, NDF negatively affected EDDM, EDCP and EDNDF ($r = -0.46$, $P < 0.001$; $r = -0.28$, $P < 0.01$; $r = -0.80$, $P < 0.001$, respectively). The EDDM, EDCP and EDNDF values were higher in leaves than in stems (Table I). Stritzler *et al.* (1996) when evaluated the whole plant, leaves and stems of kleingrass, also found that leaves were superior in rumen DM degradability than stems (45.4, 54.7 and 43.6%, respectively).

It seems that rainfall and lignification had an effect on the chemical composition and rumen degradability of kleingrass. During the spring season, when rainfall was highest, EDDM and EDCP increased (Table II). Conversely,

TABLE II
PEARSON CORRELATION COEFFICIENTS BETWEEN CHEMICAL COMPOSITION, RAINFALL AND EFFECTIVE DEGRADABILITY OF NUTRIENTS IN KLEINGRASS (*P. coloratum*) FORAGE COLLECTED IN LINARES, N.L., MEXICO

	EDDM	EDCP	EDNDF
Organic matter	-0.16	-0.41**	-0.59***
Crude protein	0.27	0.17	0.48***
Neutral detergent fiber	-0.46***	-0.28*	-0.80***
Hemicellulose	0.09	0.13	0.08
Cellulose	-0.44***	-0.42**	-0.83***
Acid detergent lignin	-0.46***	-0.28*	-0.66***
Insoluble ash	0.06	0.21	0.36**
Rainfall	0.40**	0.64***	0.21

EDDM: effective degradability of dry matter; EDCP: effective degradability of crude protein; EDNDF: effective degradability of neutral detergent fiber; * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$).

in spring, when degree of lignification was lowest, EDDM, EDCP and EDNDF also increased. These effects have already been reported in the nutrients in forage of common buffelgrass (Ramirez *et al.*, 2001a) and in the hybrid Nueces buffelgrass (Ramirez *et al.*, 2001b) that grows in Northeastern Mexico. These authors reported that when rainfall was high, effective degradability of nutrients in grasses was also high.

Concentrations of all minerals in kleingrass were significantly different among seasons. In general, minerals were

highest in spring and lowest in winter (Table III). Apparently, rainfall would have influenced the mineral content of kleingrass, because during spring, when rainfall was highest (417mm), mineral content was also highest. Seasonality of mineral content in grasses has been previously reported by Ramirez *et al.* (2002) who found that mineral content of common buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*), growing in Northeastern Mexico was highest during summer, when rainfall was highest.

In this study, all minerals were higher in leaves than in

stems (Table III). This confirms previous reports that stated that plant parts differ in quality; leaves have more nutritive quality than stems (McBee and Miller, 1990; Stritzler *et al.*, 1996; Ramirez *et al.*, 2002). Moreover, Velásquez-Caudillo (1997) reported that Ca and P contents of kleingrass that grows in Sonora, Mexico, varied seasonally, with Ca contents of 2.5, 5.0, 3.4 and 3.0g/kg in spring, summer, autumn and winter, respectively. P concentration also varied among seasons (2.2, 1.4, 2.0 and 1.0g/kg, respectively). These Ca and P concentrations are comparable to those reported in the whole plant of this study.

Table IV shows data of potential mineral intake by a 400kg cow, assuming a daily intake of 10.2kg DM of the total kleingrass plant, multiplying it by the respective amount of each mineral that appears in Table I. The potential intake of Ca, Mg (except in winter), K, Mn (except in winter and summer), Fe and Zn (except in winter and summer) would be sufficient to meet the requirements of these minerals in all seasons, for a growing cow of 400kg grazing kleingrass in Northeastern Mexico. However, in all seasons, P, Na and Cu were deficient. Deficiencies of P and Na have been previously reported and they occur in many grass species that grow in warm climates (McDowell, 1997). Moreover, Minson (1990) reported that Na concentrations are in a range of 5.4 to 15.3g/kg DM of *P. coloratum* and of 1.2 to 5.7g/kg DM in *P. maximum* Walt. Thus, to obtain an optimal productivity of beef cattle grazing kleingrass in Northeastern Mexico, it has to be supplemented, through out year, with P, Na and Cu, with Mg during winter and during winter and summer with Mn and Zn.

Conclusions

Rainfall and plant maturity influenced the chemical composition, rumen degradability and mineral content of klein-

TABLE III
INFLUENCE OF SEASON AND PLANT PART
ON MACRO AND TRACE (mg/kg) MINERAL CONTENT OF KLEINGRASS
(*P. coloratum*), COLLECTED IN LINARES, N.L., MEXICO

Item	Seasons				Plant part			
	Autumn 1996	Winter 1997	Spring 1997	Summer 1997	Whole plant	Leaves	Stems	Mean ±SE
Ca, g/kg ¹	4.41 ^a	5.12 ^a	5.44 ^a	3.72 ^c	4.61 ^a	6.43 ^a	3.04 ^a	4.67 ±0.2
P, g/kg	1.13 ^a	0.75 ^b	1.21 ^a	0.79 ^b	0.98 ^b	1.42 ^a	0.51 ^c	0.97 ±0.1
Mg, g/kg	1.33 ^{ab}	0.91 ^c	1.47 ^a	1.22 ^b	1.14 ^b	1.50 ^a	1.06 ^b	1.23 ±0.1
K, g/kg	25.57 ^b	18.85 ^c	30.41 ^a	2.21 ^b	21.16 ^a	22.13 ^a	22.21 ^a	24.25 ±2.0
Na, g/kg	0.37 ^{bc}	0.28 ^c	0.64 ^a	0.46 ^b	0.41 ^b	0.56 ^a	0.35 ^b	0.44 ±0.6
Cu, mg/kg	4.66 ^a	1.39 ^c	5.47 ^a	2.96 ^b	3.57 ^a	3.90 ^a	3.39 ^a	3.62 ±0.3
Mn, mg/kg	30.37 ^b	25.16 ^b	54.08 ^a	26.41 ^b	34.37 ^{ab}	37.95 ^a	29.70 ^b	34.01 ±2.7
Fe, mg/kg	112.91 ^a	75.97 ^b	128.86 ^a	92.43 ^b	105.31 ^b	144.76 ^a	70.55 ^c	105.54 ±7.0
Zn, mg/kg	36.78 ^b	30.20 ^c	41.64 ^a	27.56 ^c	34.72 ^b	38.36 ^a	30.54 ^c	34.04 ±1.6

¹ Dry matter basis

^{abc} Means in a row with different letter superscripts are different ($P < 0.05$); SE: standard error.

TABLE IV
POTENTIAL MINERAL INTAKE OF GROWING CATTLE CONSUMING
THE WHOLE PLANT OF KLEINGRASS (*P. coloratum*), COLLECTED
IN LINARES, N.L., MEXICO

Item	Seasons				Required in the diet ²	Mineral daily Requirement ¹
	Autumn 1996	Winter 1997	Spring 1997	Summer 1997		
Ca, g/kg	44.8	52.0	55.1	37.7	1.8	18.3
P, g/kg	11.5	7.7	12.3	8.1	1.8	18.3
Mg, g/kg	13.6	9.3	15.0	12.4	1.0	10.2
K, g/kg	260.3	189.2	310.2	226.4	6.0	61.2
Na, g/kg	3.8	2.8	6.5	4.7	0.7	7.1
Cu, mg/kg	47.5	14.2	55.8	30.2	7.0	71.4
Mn, mg/kg	309.8	256.6	551.6	269.4	30.0	306.0
Fe, mg/kg	1151.7	774.9	1314.4	942.8	50.0	510.0
Zn, mg/kg	372.1	308.0	424.7	281.1	30.0	306.0

¹ Assuming a cow of 400kg with a dry matter intake of 10.2kg (NRC, 1996), times the concentration of each mineral in the whole plant of kleingrass, reported in Table I.

² Daily requirement (McDowell, 1997) in the dry matter of the diet of a cow weighing 400kg with a daily dry matter intake of 10.2kg (NRC, 1984).

grass. During spring, rainfall and CP content of kleingrass were highest and cell wall material was lowest. These facts may have positively influenced rumen degradability of DM, CP and NDF in spring. Moreover, the potential mineral intake of growing cattle was higher in spring than in other seasons. Minerals such as Ca, K, Mg and Fe in the total plant of kleingrass resulted sufficient, in all seasons, to satisfy the requirements of growing cattle. However, P, Na, Cu, Mn and Zn were deficient in one or more seasons. Leaves

had higher nutritional quality than stems. Thus, quality of common kleingrass might be improved when plants are managed or bred to have a greater leaf:stem ratio. Meanwhile, cattle grazing only kleingrass pastures in Northeastern Mexico may be supplemented, in all seasons, with P, Na and Cu and, in spring and autumn with Mn and Zn, for optimal productivity of growing cattle.

REFERENCES

AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th Ed. Association of

Official Agricultural Chemists Washington, DC. pp. 1045-1052.

Díaz-Romeau RA, Hunter P (1978) *Metodología para el muestreo de suelos y tejidos de investigación en invernadero*. C.A.T.E. Turrialba, Costa Rica. Mimeo. 26 pp.

Foroughbachkch R (1992) Establishment and growth potential of fuel wood species in Northeastern Mexico. *Agrofor. Syst.* 19: 95-108.

Goering HK, Van Soest PJ (1970) *Forage fiber analysis*. USDA Agricultural Handbook No 379. pp. 1-20.

McBee GG, Miller FR (1990) Carbohydrate and lignin partitioning in sorghum stems and blades. *Agronomy J.* 12: 687-690.

- McDonald I (1981) A revised model for estimation of protein degradability in the rumen *J. Agr. Sci.* 96: 251-252.
- McDowell LR (1997) *Minerals for grazing ruminants in tropical regions* (Bulletin) 3rd Edit. Animal Science Department Center for Tropical Agriculture. University of Florida. pp. 8-40.
- Minson DJ (1990) *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press NY. 77 pp.
- NRC (1984) *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th Edit. National Academy Press Washington DC. 17 pp.
- Ørskov ER (1991) Manipulation of fiber digestion in the rumen. *Proc. Nutr. Soc.* 50: 187-196.
- Ørskov ER, McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci. Camb.* 92: 499-503.
- Pitman WD, Holt EC (1982) Environmental relationships with forage quality of warm-season perennial grasses. *Crop Sci.* 22: 1012-1016.
- Pitman WD, Holt FC, Bashaw EC (1983) Histological differences in moisture stressed and non-stressed forage. *Crop Sci.* 23: 793-795.
- Polk DB, Scifres CJ, Mutz JL (1976) Establishment, production and protein content of four grasses in south Texas. *J. Range Manag.* 29: 240-243.
- Ramírez RG, Foroughbakhch R, Hauad LA, Alba-Ávila J, García-Castillo CG, Espinosa-Vázquez M (2001a) Seasonal dynamics of dry matter crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 19: 40-49.
- Ramírez RG, Foroughbakhch R, Hauad L, Alba-Ávila J, García-Castillo CG, Espinosa-Vázquez M (2001b) Seasonal variation of *in situ* digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 20: 38-47.
- Ramírez RG, Foroughbakhch R, González-Rodríguez H, García-Castillo CG, Alba-Ávila J, Hauad LA (2002) Variación estacional del contenido mineral en la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.). *Livest. Res. for Rural Develop.* 14: 1-9.
- Roquette FM, Holt EC, Ellis WC (1974) Nutritive characteristics of kleingrass at various stages of maturity 2. *In vivo* and *in vitro* evaluations of selected varieties. *Agron. J.* 66: 510-513.
- Spears JW (1994) Minerals in forages: In Fahey CG Jr (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. National Conference on Forage Quality. University of Nebraska. Lincoln Nebraska, EUA. pp: 281-311.
- SPSS (1999) *Statistical package for Social Sciences*. Users Manual (Release 9.0). pp. 225-233.
- Steel RGD, Torrie PA (1980) *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill. New York. pp: 377-444.
- Strizler NP, Pagella JH, Jouve VV, Ferri CM (1996) Semi-arid warm-season grass yield and nutritive value in Argentina. *J. Range Manag.* 49: 121-125.
- Velázquez-Caudillo J (1997) *Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora*. Patrocines. Universidad de Sonora. México. 56 pp.

Reprinted From

Volume 23
Number 1
March
2003

ISSN 0971-2119

JOURNAL
OF APPLIED
ANIMAL RESEARCH



GARUDA SCIENTIFIC PUBLICATIONS
INDIA

J. Appl. Anim. Res. 23 (2003) : 93-102

**Nutrient Digestion of Common Bermudagrass
(*Cynodon dactylon* L.) Pers Growing in
Northeastern Mexico**

**R.G. Ramirez, H. González-Rodríguez,
G. García-Dessommes**

Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León
Apartado Postal 142, Sucursal F
San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México



Nutrient Digestion of Common Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) Pers Growing in Northeastern Mexico

R.G. Ramírez*, H. González-Rodríguez¹,
G. García-Dessommes¹

Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León
Apartado Postal 142, Sucursal F
San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México

(Received February 28, 2002; accepted October 3, 2002)

Abstract

Ramírez, R.G., González-Rodríguez, H. and García-Dessommes, G. 2002. Nutrient digestion of common bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) Pers growing in northeastern Mexico. J. Appl. Anim. Res., 23: 93-102.

The rate and extent of nutrient digestion of total plant, leaves and stems of common bermudagrass were estimated using the nylon bag technique in rumen fistulated Pelibuey x Rambouillet sheep fed alfalfa hay. The crude protein (CP) content of common bermudagrass during spring was higher and lower during winter. Leaves resulted with higher ($P<0.05$) CP than stems. The neutral detergent fiber (NDF) and its derivatives (hemicellulose, cellulose, lignin and insoluble ash) were lower ($P<0.05$) in spring and higher in winter. There was no difference ($P>0.05$) in NDF between leaves and stems; however, lignin was lower ($P<0.05$) in leaves than that in stems. Dry matter, crude protein and cell wall of common bermudagrass were better digested during spring by rumen microbes in sheep and to a lower extent

*E-mail: roqramir@fcb.uanl.mx

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Km 12.6 Carr. Linares-Cd. Victoria, Linares, N.L., México.

in winter. Leaves resulted in higher nutrient degradabilities than stems. In general, during spring mineral contents were higher and lower in winter. During spring when precipitation was high (417 mm out of 613 mm), nutrient content of common bermudagrass was higher than that in other seasons.

Key words: Total plant, leaves, stems, common bermudagrass, mineral composition, degradability of nutrients.

Introduction

The bermudagrass native to Africa occurs throughout the world in tropical to warm temperature climates (Northham *et al.*, 1991). It is common in subtropical regions of Mexico, and is highly preferred by cattle (Everitt *et al.*, 1981). Temperature usually has a greater influence on forage quality than other environmental factors encountered by plants (Buxton and Fales, 1994). Wilson *et al.* (1991) reported that lignin, neutral detergent fiber (NDF) and NDF digestibility of leaf and stem of bermudagrass varied according to temperature variation. NDF digestibility was also higher in leaves than stems, but it was reduced at high temperature (32°C).

The aim of this study was to determine and compare seasonally, the nutrient content and effective degradability of the total plant leaves and stems of common bermudagrass that grow in northeastern Mexico.

Materials and Methods

The research was carried out at the Experimental Unit of Production of Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L., México, located at 24° 47' N and 99° 32' W, with an altitude of 350 m. The climate is typically semitropical and semi-arid with a warm summer. The dominant soils are deep, dark-gray, lime-clay Vertisols, which are the result of alluvial process. This type of soils are characterised by high calcium carbonate (pH = 7.5-8.5) and relatively low organic matter content (Foroughbakhch, 1992).

During fall (September), winter (January), spring (April) and summer (July), plants were hand-harvested from a ten-ha bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers) pasture. In each season

ten sites were selected randomly for plant collection. After harvesting, some plants were separated into leaves and stems and then partial dry matter was determined at 55°C in oven for 72h. After drying, samples were ground in a Wiley mill (1 mm screen) and stored. To estimate chemical composition and *in-situ* digestibility of total plant (TP), leaves (L) and stems (S) a composite and homogeneous sample was prepared by mixing those samples that conformed the fall, winter, spring and summer season, respectively. Then the composite samples of TP, L and S was partitioned by season and replicated four times.

Samples were analyzed for DM, organic matter, CP, ash, acid detergent lignin (AOAC, 1997), neutral detergent fiber (cell wall, CW), acid detergent fiber (ADF) as per method of Goering and Van Soest (1970), Hemicellulose (NDF - ADF) and cellulose (ADF - ADL) were estimated by difference. Mineral content was estimated by incinerating the samples in a muffle at 550°C, for 4h. Ashes were digested in a solution containing HCl and HNO₃, using the wet digestion technique (Diaz-Romeau and Hunter, 1978). Concentrations of Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn and Cu were estimated using an atomic absorption spectrophotometer. The P content was estimated in a calorimeter (AOAC, 1997)

The rate and extent of DM, CP and NDF loss from nylon bags was measured using four rumen cannulated Polibucy x Rambouillet sheep (weighing 45 kg, BW) sample. Sheep were fed alfalfa hay *ad libitum*. Ground (4 g) samples of each season were placed in nylon bags (6x10 cm, 53 µm of pore size) and suspended in the ventral part of the rumen of each sheep. Bags were incubated for 4, 8, 12, 24, 36 and 48h. Upon removal from the rumen, bags were washed in cold water. Zero time disappearance was obtained by washing unincubated bags in similar fashion. Bags were dried at 60°C in an oven, for 48h.

Digestion characteristics of DM, CP and NDF were calculated using the equation of Orskov and McDonald (1979) $p = a + b(1 - e^{-kt})$, where p is disappearance rate at time t; a is an intercept representing the portion of DM or CP solubilized at the beginning of incubation (time 0), b is the portion that is slowly degraded in

the rumen, c is the rate constant of disappearance of fraction b and t is the time of incubation. The nonlinear parameters a , b and c and effective degradability of DM (EDDM) or CP (EDCP) or NDF (EDNDF) = $(a+b)c/(c+k)(e^{-akt})$, were calculated using the Neway computer program (McDonald, 1981); k is the estimated rate of out flow from the rumen and LT is the time lag. The EDDM, EDCP and EDNDF of plants were estimated assuming a rumen out flow rate of 3%.

The nutrient profile, nonlinear parameters of digestibility and EDDM and EDCP and EDNDF were statistically analysed, using a 4x3 factorial design, where seasons were used as factor A and plant parts were factor B. Mean were compared using the Tukey technique. Simple correlation analysis was performed to estimate the influence of nutrient content on the digestion characteristics and EDDM, EDCP and EDNDF (Steel and Torrie, 1980).

Results and Discussion

The CP content of common bermudagrass was higher ($P<0.05$) during spring and lower during winter. Leaves had higher ($P<0.05$) CP than stems. The neutral detergent fiber (NDF) and its derivatives (hemicellulose, cellulose, lignin and insoluble ash) were lower ($P<0.05$) in spring and higher in winter. There was no difference ($P>0.05$) in NDF between leaves and stems; however, lignin was lower ($P<0.05$) in leaves than stems (Table 1). Peñuñuri (1995) reported similar NDF values to those reported in this study. They found that coast bermudagrass that grow in northern Mexico had 78.4% NDF. However, Wilson (1991) reported that Common bermudagrass had lower NDF values; 51.4% for leaves and 64.1% for stems.

Dry matter, crude protein and cell wall of common bermudagrass of spring were better digested by rumen microbes in sheep than of winter. Leaves resulted with higher nutrient degradabilities than stems (Table 1). Wilson (1991) also reported that NDF digestibility of common bermudagrass was higher in leaves than stems. In this study, leaf tissue of common bermudagrass was generally of higher quality than stem tissue. This is related to the

Table 1
Influence of the season of the year and the part of the plant
on the nutrient content (% DM) and digestibility (% DM)
of common bermudagrass

Concept	Seasons of the year				Part of the plant			±SE
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Total	Leaves	Stems	
Organic matter	89.4 ^a	91.9 ^a	87.5 ^d	87.8 ^c	89.4 ^a	88.4 ^a	89.7 ^a	0.03
Crude protein	10.9 ^d	8.5 ^d	16.2 ^a	16.5 ^a	12.0 ^b	16.1 ^a	10.0 ^c	0.1
NDF	77.7 ^{bc}	80.1 ^b	75.1 ^c	83.4 ^a	78.5 ^a	78.8 ^a	79.9 ^a	0.8
Hemicellulose	32.5 ^b	32.3 ^b	30.5 ^b	44.8 ^a	34.1 ^b	38.1 ^a	33.0 ^b	0.8
Cellulose	33.6 ^b	36.0 ^a	33.2 ^b	29.3 ^c	32.5 ^b	36.4 ^a	30.1 ^c	0.2
Lignin	7.9 ^a	8.0 ^a	7.8 ^b	5.5 ^c	7.9 ^a	5.8 ^b	8.2 ^a	0.2
Insoluble ash	3.7 ^b	4.4 ^b	3.7 ^b	5.6 ^a	4.4 ^b	5.9 ^a	2.8 ^c	0.4
EDDM	40.7 ^b	33.0 ^c	46.6 ^a	46.6 ^a	43.1 ^a	43.3 ^a	38.0 ^c	0.5
EDCP	65.2 ^c	54.8 ^d	71.0 ^a	66.9 ^b	64.5 ^{bc}	65.1 ^a	63.8 ^c	0.4
EDNDF	36.0 ^a	28.7 ^c	42.9 ^a	36.5 ^b	36.3 ^b	40.8 ^a	31.0 ^c	0.6

^{a-d}Means in a row with different letter superscripts are different ($P < 0.05$); NDF = neutral detergent fiber; EDDM = effective degradability of DM; EDCP = effective degradability of crude protein; EDNDF = effective degradability of neutral detergent fiber, calculated at a rumen out flow rate of 3%; SE = standard error; $n = 4$

mesophyll cells in leaves, which form secondary highly lignified cell walls. Conversely, epidermal and fiber cells in leaves from thick secondary cell walls and stem tissue become strongly lignified as it gets older, especially the basal stem tissue (Nevin, 1993). Thus, quality of common bermudagrass may be improved when plants are managed or bred to have a greater leaf:stem ratio.

In this study, precipitation and temperature registered in the area positively influenced the effective degradability of nutrients contained in common bermudagrass (Table 2). This effect has also been reported by other studies carried out in the same region with common buffelgrass (Ramirez *et al.*, 2001a), buffel nuss (Ramirez *et al.*, 2001b) and buffel llano (Ramirez *et al.*, 2001c). They reported that when precipitation was high, effective degradability of nutrients in grasses was high.

Simple linear correlation coefficients between nutrient content, precipitation, temperature, effective degradability and mineral content of the total plant of common bermudagrass

Table 2

	EDDM	EDCP	EDNDF	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Mn	Fe	Zn
OM	-0.81*	-0.89*	-0.72*	-0.65*	-0.82*	-0.88*	-0.53*	0.17	-0.87*	-0.82*	0.41*	-0.01
CP	0.71*	0.52*	0.76*	0.43*	0.63*	0.65*	0.68*	0.51*	0.89*	0.64*	0.44*	0.13
NDF	-0.11	-0.25	-0.19	-0.77*	-0.78*	-0.81*	-0.29*	-0.37*	-0.72*	-0.73*	-0.65*	-0.28*
Hemicellulose	0.31*	0.11	0.21	-0.05*	-0.35*	-0.40*	-0.13	-0.58*	-0.22	-0.39*	-0.42*	-0.43*
Cellulose	-0.59*	-0.62*	-0.61*	-0.21	-0.21	-0.18	-0.31*	-0.76*	-0.09	-0.09	-0.41*	-0.79*
Lignin	-0.20	-0.15	-0.12	-0.18	-0.43*	-0.48*	-0.31*	-0.66*	-0.57*	-0.42*	-0.18	-0.42*
IA	0.23	-0.01	0.25	0.23	0.01	0.05	-0.35*	-0.32*	-0.17	-0.16	-0.41*	-0.47*
Precipitation	0.43*	0.59*	0.56*	0.43*	0.35*	0.41*	0.39*	0.55*	0.69*	0.55*	0.51*	0.76*
Temperature	0.37*	0.54*	0.35*	0.47*	0.10	0.75*	0.79*	0.39*	0.31*	0.36*	0.66*	0.31*

OM = organic matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fibre; IA = insoluble ash; EDDM = effective degradability of DM; ED/CP = effective degradability of crude protein; EDNDF = effective degradability of neutral detergent fibre; * (P<0.05); † (P<0.01); ‡ (P<0.001)

In spring mineral contents of bermudagrass was higher and lower in winter (Table 3). In this study precipitation influenced mineral content of common bermudagrass due to rain during Spring when precipitation was high (417 mm out of 613 mm), mineral content of common bermudagrass was high than in other seasons of the year. Seasonality in mineral content of grasses has already been reported. Ramirez *et al.* (2002) found that mineral content of common buffelgrass that grow in northeastern Mexico was high in summer, when precipitation was high. In this study, the evaluated minerals were higher in leaves than stems (Table 3). This fact confirms previous reports that show that plant parts are different in quality; leaves have better nutritional quality than stems (Ramirez *et al.*, 2001a; 2001b; 2001c).

It seems that the Ca, Mg (except in winter), K, Na (except in winter), Mn (except in winter), Fe and Zn contained in the total plant of common bermudagrass, in all seasons were sufficient to meet cattle requirements of these minerals (McDowell, 1997). The

Table 3
Influence of the season of the year and the part of the plant on macro (g/kg DM) and microminerals (mg/kg DM) in common bermudagrass.

Minerals	Seasons of the year				Part of the plant			±SE
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Total	Leaves	Stems	
Ca	5.38 ^c	5.28 ^a	7.21 ^a	5.88 ^b	6.07 ^b	7.44 ^a	4.28 ^c	0.02
P	1.23 ^c	1.19 ^d	1.73 ^a	1.44 ^b	1.33 ^b	2.19 ^a	0.67 ^c	0.04
Mg	1.47 ^b	0.91 ^d	1.81 ^a	1.42 ^b	1.43 ^b	1.69 ^a	1.07 ^c	0.01
K	27.09 ^c	19.48 ^d	31.81 ^a	29.85 ^b	25.97 ^b	31.97 ^a	22.87 ^c	2.2
Na	0.88 ^b	0.35 ^d	0.91 ^a	0.62 ^c	0.63 ^b	0.93 ^a	0.50 ^c	0.1
Cu	3.65 ^c	1.66 ^d	6.92 ^a	5.09 ^b	4.09 ^b	5.31 ^a	3.59 ^c	0.2
Mn	32.28 ^c	28.13 ^d	42.34 ^a	36.87 ^b	35.59 ^b	39.93 ^a	29.19 ^c	0.2
Fe	120.23 ^c	81.23 ^d	182.61 ^a	128.65 ^b	127.11 ^b	148.10 ^a	110.03 ^c	0.3
Zn	36.75 ^b	31.02 ^d	45.45 ^a	33.43 ^c	36.72 ^b	40.71 ^a	32.56 ^c	0.2

^{a-d} Means in a row with different letter superscripts are different (P<0.05)

P and Cu in this study, in all seasons, were deficient to meet cattle requirements (Table 4). Therefore, for optimum productivity of cattle grazing common bermudagrass in northeastern Mexico, it would be necessary to supply P and Cu throughout the year and Mg, Na and Mn during winter.

Table 4
Mineral potential intake of cattle consuming the total plant of common bermudagrass

Minerals	Daily potential intake*				Required in the diet**	Daily requirement of minerals*
	Autumn	Winter	Spring	Summer		
Ca, g/kg	64.9	53.9	73.5	60.0	1.8	18.3
P, g/kg	12.5	12.0	17.6	14.7	1.8	18.3
Mg, g/kg	15.0	9.8	18.4	14.5	1.0	10.2
K, g/kg	276.4	198.7	324.6	299.9	6.0	61.2
Na, g/kg	9.3	3.6	9.0	6.3	0.7	7.1
Cu, mg/kg	37.2	16.9	70.6	58.2	7.0	71.4
Mn, mg/kg	329.3	286.9	431.9	376.1	30.0	306.0
Fe, mg/kg	1838.3	828.5	1862.5	131.2	50.0	510.0
Zn, mg/kg	374.9	316.4	463.6	340.9	30.0	306.0

* Assuming a cow weighing 400 kg with a daily DM intake of 10.2 kg (NRC, 1984), multiply by the mineral content of each mineral calculated in the Table 3

** Daily requirement of DM in the diet of a cow weighing 400 kg with a daily DM intake of 10.2 kg (McDowell, 1997).

It is concluded that the climatic conditions influence the nutritional quality including mineral contents and degradability of common bermudagrass. P and Cu must be supplemented to cattle grazing common bermudagrass in northeastern Mexico.

References

- A.O.A.C. 1997 *Official Methods of Analysis* 17th Edn. Association of Agricultural Chemists, Washington, DC.

- Buxton, D.R. and Fales, S.L. 1994. Plant environment and quality. In: *National conference on forage quality, evaluation, and utilization*. G.C. Fahey Jr. Editor in Chief, University of Nebraska, Lincoln, NE. pp. 155-199.
- Díaz-Romeán, R. A. and Hunter, P. 1978. *Metodología para el muestreo de suelos y tejidos de investigación en invernadero*. CATIE (mimeo) Turrialba Costa Rica p 26.
- Everitt, J.H., Gonzalez, C.L., Scott, G and Dahl, B.E. 1981. Seasonal food preferences of cattle on native range in th south Texas plains. *J. Range Manage.* 34: 384-388.
- Foroughbakhch, R. 1992. Establishment and Growth potential of fuel wood species in northeastern Mexico. *Agroforestry Sys.* 19: 95-108
- Goering, H. K. and Van Soest, P.J. 1970. *Forage for fiber analysis*. USDA Agricultural Handbook No. 379 pp. 1-20.
- McDonald, I. 1981 A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96 251-252.
- McDowell, L.R. 1997. *Minerals for grazing ruminants in tropical regions*. Bulletin 3rd Edition Animal Science Department, Center for Tropical Agriculture University of Florida. pp. 8-40
- Nevill, D.J. 1993. Analysis of forage cell wall polysaccharides. In: H.G. Jung D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Eds.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. Pp. 105-129
- Nothham, F.E., Callihan, R.H. and Old, R.R. 1991. Range extensions of four introduced grasses in Idaho. *J. Idaho Acad. Sci.* 27: 19-21.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (6th edition) National Academy Press Washington D.C. p 17.
- Ørskov, E.R. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92: 499-503.
- Peñuñuri, F.J. 1995. Evaluacion nutricional del zacate bermuda (*Cynodon dactylon*) "Tierra Verde" a diferentes períodos de recuperación. Memoria técnica No. 9. Universidad de Sonora, México pp. 10-22.
- Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L.A., Alba-Avila, J., García-Castillo, O.G. and Espinoza-Vázquez, M. 2001a. Seasonal dynamics of dry matter crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 19:40-49
- Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L., Alba-Ávila, J., García-Castillo, O.G. and Espinoza-Vázquez, M. 2001b. Seasonal variation of *in situ*

digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.*, 20: 38-47.

Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L., Alba-Ávila, J., García-Castillo, C.G. and Espinosa-Vázquez, M. 2001c. Seasonal variation of *in situ* digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of llano buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.*, 20: 181-188.

Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., González-Rodríguez, H., García-Castillo, C.G., Alba-Ávila, J. and Hauad, L.A. 2002. Variación estacional del contenido mineral en la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel común. (*Cenchrus ciliaris* L.). *Livestock Res. Rural Develop.*, 14: 57-65

Steel, R.G.D. and Torrie, P.A. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill New York pp. 377-444.

Wilson, J.R., Deinum, B. and Engels, F.M. 1991. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands J Agric. Sci.*, 39: 31- 48.

आर.जी. रेमिरेज़, एच. गौन्जालेज़-रोद्रिगेज़, जी. गार्सिया-देरसोम्बेसा पूर्वोत्तर मेक्सिको की सामान्य दूब घास के पौधों की पाच्यता ।

रिजका डे खाने वाली स्मॉल डिड्रिट पेलिकुल x रैमडुलिवट भेड़ों में नायलोन धैली तकनीक से सामान्य दूब घास, उसकी पत्तियों और डंठल के पौधों की पाच्यता दर और पाच्यता का मूल्यांकन किया गया । दूब घास में अपरिष्कृत प्रोटीन (अप्रो) की मात्रा वसंत में सर्वाधिक और शीतकाल में न्यूनतम थी । डंठलों की अपेक्षा पत्तियों में अप्रो अधिक था । उदासीन अपसरित रेशे (उअरे) और उसके घटकों की सांद्रता वसंत की अपेक्षा शीत ऋतु में अधिक थी, परन्तु पत्तियों में लिग्निन की सांद्रता कम थी। शीत की अपेक्षा वसंत में भेड़ों के स्मॉल सूक्ष्माणुओं द्वारा दूब घास के शुष्क पदार्थ अप्रो आर कोशाभित्त का अच्छा पाचन हुआ। डंठलों की अपेक्षा पत्तियों की पोष्य पाच्यता अधिक थी। शीत की अपेक्षा वसंत में घास में खनिजों की मात्रा अधिक थी। अन्य ऋतुओं की अपेक्षा वसंत में अधिक वर्षा के कारण दूब घास के पौधों की सांद्रता अधिक थी ।

RUMINAL DIGESTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF NEW GENOTYPES OF BUFFELGRASS (*Cenchrus ciliaris* L.)

Guillermo Juan García Dessommes, Roque Gonzalo Ramírez Lozano, Rahim Foroughbaekhch P., Rocio Morales Rodríguez y Graciela García Díaz

SUMMARY

This study evaluates and compares the dry matter production (TDM), chemical composition and effective degradability of dry matter (EDDM), crude protein (EDCP) and neutral detergent fiber (EDNDF) of the Nueces hybrid and five new genotypes of buffelgrass growing in Northeastern Mexico. Potential intake of minerals by cattle consuming the new genotypes was also estimated. All grasses were established in a completely randomized design with three replicates in a rain fed experiment. Plants were hand harvested on Nov. 14, 2000 at Nuevo Leon, Mexico. TDM was not significantly different among genotypes. Crude protein content and cell wall and its components (cellulose, hemicellulose, and lignin) were significantly different

among grasses. Also, EDDM, EDCP, and EDNDF were significantly different among the buffelgrass genotypes. The Nueces hybrid had the highest degradability values; in contrast, PI 2 had the lowest values. It seems that high lignin content in new genotypes may negatively influence nutrient digestion in the rumen of sheep. Only the K, Fe and Co contained in all grasses would be sufficient to meet the requirements of grazing cattle. Data of dry matter production and nutritional dynamics, suggest that the new genotypes PI 1 and PI 4 could be considered as good substitutes of the Nueces hybrid for grazing ruminants in northeastern Mexico.

RESUMEN

Este trabajo evalúa y compara la producción de materia seca (MST), el contenido nutrimental y degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS), proteína cruda (DEPC) y pared celular (DEFDN) de cinco nuevas líneas y un híbrido de pasto buffel en el noreste de México. El consumo potencial de minerales contenidos en los nuevos genotipos por bovinos también fue estimado. Todos los pastos se establecieron bajo condiciones de temporal usando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. La colecta manual de plantas fue llevada a cabo el 14 nov., 2000, en Nuevo León, México. La producción de MST no fue significativamente diferente entre zacates. Sin embargo, la proteína cruda, pared celular y sus componentes (celulosa, hemicelulosa y lignina) fueron

significativamente diferentes entre los pastos evaluados. Asimismo, DEMS, DEPC y DEFND fueron significativamente diferentes entre pastos. El híbrido Nueces tuvo los valores más altos para degradabilidad, mientras la línea PI 2 tuvo los valores más bajos. Al parecer el alto contenido de lignina en los nuevos genotipos pudo haber influido en la baja degradación de los nutrientes en el rumen de los borregos. Solo K, Fe y Co, en todos los zacates, tuvieron concentraciones suficientes para satisfacer los requerimientos de ganado de carne. Los resultados de producción de materia seca y dinámica nutricional sugieren que las nuevas líneas PI 1 y PI 4 pueden ser consideradas como buenos sustitutos del híbrido Nueces para rumiantes en pastoreo en el noreste de México.

Introduction

Common buffelgrass (T-4464) was introduced into Texas in the late 1940s and it is currently grown on 8 to 10

million acres in Southern Texas, USA, and the North of Mexico. Since introduction, buffelgrass has had a marked impact on the livestock industry of these regions since, as

a range grass, it is highly productive and has allowed an increase in cattle stocking rates from one animal unit (AU) for every 12ha to 1 AU for 4ha (Hanselka, 1985).

Buffelgrass reproduces by obligate apomixis, in which seeds are formed without sexual fertilization. Consequently, the progeny are genetically identical to the ma-

KEYWORDS / Buffelgrass / Grass Genotypes / Nutrient Digestibility / Northeastern Mexico / Ruminants /

Received: 10/29/2002. Modified: 03/20/2003. Accepted: 03/23/2003

Guillermo Juan García Dessommes. M.Sc. in Ruminant Nutrition. Researcher, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mexico. Doctoral Candidate, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Address: Apartado Postal No 3, General Terán, N. L.: CP 67400. México. e-mail: dessommes57@hotmail.com

Roque Gonzalo Ramírez Lozano. D. Sc. in Ruminant Nutrition, UANL. Professor-Researcher, School of Biological Sciences, UANL, Mexico. Address: Apartado Postal, 142, Suc. F, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México. e-mail: roqramir@feb.uanl.mx. Rahim Foroughbaekhch P. Doctor in Biological Sciences, UANL. Professor-Researcher, Depart-

ment of Botany, School of Biological Sciences, UANL, Mexico. Address: Pedro de Alba y Manuel Barragán S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México. Rocio Morales Rodríguez. Candidate to M. Sc. in Food Sciences, UANL. Address: Pedro de Alba y Manuel Barragán S/N, Cd. Universitaria, San

Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México. Graciela García Díaz. D. Sc. in Biotechnology, UANL. Professor-Researcher, School of Biological Sciences, UANL, Mexico. Address: Pedro de Alba y Manuel Barragán S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., 66451, México.

Este trabalho avalia e compara a produção de matéria seca (MST), conteúdo nutricional e capacidade de degradação efetiva da matéria seca (DEMS), proteína crua (DEPC) e parede celular (DEFDN) de cinco novas linhas e um híbrido de pasto buffel no nordeste do México. O consumo potencial de minerais contidos nos novos genótipos por bovinos também foi estimado. Todos os pastos se estabeleceram sob condições de temporal usando um desenho completamente ao azar com três repetições. A colheita manual de plantas foi levada adiante em 14 nov., 2000, em Nuevo León, México. A produção de MST não foi significativamente diferente entre pastos. No entanto, a proteína crua, parede celular e seus componentes (celulosa, hemi-celulosa e lignina) foram significativamente diferentes entre os pastos ava-

liados. Assim mesmo, DEMS, DEPC e DEFND foram significativamente diferentes entre pastos. A híbrida "Nozes" teve os valores mais altos para degradabilidade, enquanto que a linha PI 2 teve os valores mais baixos. Ao parecer o alto conteúdo de lignina nos novos genótipos pode ter influído na baixa degradação dos nutrientes no rúmen dos borregos. Só K, Fe e Co, em todos os pastos, tiveram concentrações suficientes para satisfazer os requerimentos de gado de carne. Os resultados de produção de matéria seca e dinâmica nutricional sugerem que as novas linhas PI 1 e PI 4 podem ser consideradas como bons substitutos do híbrido Nozes para ruminantes em pastoreio no nordeste do México.

ternal parent. The monoculture of this grass with its unique type of reproduction encompasses millions of ha with genetically identical plants, and represents a high risk due to the susceptibility to diseases or pests. Recently, a blight of epidemic proportions on common buffelgrass has been reported in Mexico and South Texas. The causal agent has been identified as *Pyricularia grisea* (Cook) Sacc. (Rodríguez *et al.*, 1999). Because of this and other potential problems, new strains, cultivars, and hybrids of buffelgrass have been tested in order to increase the genetic pool of this grass in the region.

Because of its wide adaptation to semiarid regions and relatively good nutritional quality, buffelgrass is considered as a South Texas and Northeastern Mexico wonder grass (Hanselka, 1988). However, seasonality of rainfall and temperature are major influences on nutritional quality of buffelgrass (White and Wolfe, 1984). Silva and de Faria (1995) reported significant differences in the nutritional value among new cultivars and hybrids of buffelgrass; moreover, the rate and extent of ruminal digestion of the nutrients contained in forage of new genotypes has not been reported in the scientific literature. Thus, effective degradability and the rate of digestion are important characteristics of forage that may be used to predict the nutritive value more accu-

rately and compare the utility of this kind of forages in the diets for ruminants (Ørskov, 1991). Grasses are important sources of organic and inorganic nutrients for ruminants; however, in some circumstances, they are deficient in one or more of these nutrients. Minerals are required to meet the animal needs for optimum development and health (Spears, 1994), as they are essential nutrients and influence animal performance (McDowell, 1997). The object of this study was to evaluate and compare the nutrient content and ruminal fermentation of forage of five strains and one hybrid of buffelgrass under rain feed conditions in Northeastern Mexico

Materials and Methods

Research was carried out at the Experimental Station "General Terán", Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) and at the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). General Terán, N.L., Mexico, is located at 25°18'N and 99°35'W, with an altitude of 332masl. The climate is typically semitropical and semiarid with warm summers. The predominant type of vegetation is known as the Tamaulipan Thorn scrub or subtropical Thorn scrub woodlands. The dominant soils are deep, dark-gray, lime-clay Vertisoles resulting from alluvial processes. These soils are characterized by high Ca carbonate (pH 7.5-8.5) and rela-

tively low organic matter content. Annual mean temperature is 22.4°C, average yearly rainfall 784 mm and evaporation 1622mm.

Under rain fed conditions, five strains of buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) identified as PI-307622 (PI 1), PI-409252 (PI 2), PI-409375 (PI 3), PI-409443 (PI 4), PI-409460 (PI 5), and the hybrid Nueces were established in experimental plots, using a completely randomized design with three replicates. The plots consisted of 5m long rows, with 0.8m between rows. With the purpose to achieve a uniform grass growth, all grasses were cut prior to the experiment, in March 2000. The first significant rainfall of that year occurred on Sept. 14 (66mm) and provided the conditions to sustain grass growth. In Sept. and Oct., 452mm of rainfall were recorded, which allowed the grasses to reach full blossom by Nov. 14, when all grasses were hand harvested to a height of 0.15m above ground. Partial dry matter was determined after drying in an oven at 55°C for 72h. Blades and stems were split and weighed individually, and the proportion of blades (H%) for each sample was obtained. Then, samples were ground in a Wiley mill (1mm screen) and stored in plastic containers.

Samples were analyzed for dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP; AOAC, 1990), neutral detergent fiber (NDF), acid

detergent fiber (ADF; Goering and Van Soest, 1970) and acid detergent lignin (ADL; AOAC, 1990). Hemicellulose (NDF-ADF) and cellulose (ADF-ADL) were estimated by difference. Estimation of insoluble N₂ in NDF (INNDF) and insoluble N₂ in acid detergent fiber (INADF), which corresponds to the non-degraded N₂, was performed according to Van Soest *et al.* (1991), and the slowly degraded N₂ associated to the cell wall components was calculated as INNDF minus INADF (Goering and Van Soest 1970; Krishnamoorthy *et al.*, 1982).

Mineral content was estimated by incinerating the samples in a muffle oven at 550°C, during 4h. Ashes were digested in a solution containing HCl and HNO₃, using the wet digestion technique (Diaz-Romeau and Hunter, 1978). Concentrations of Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, Co, and Mo were obtained using an atomic absorption spectrophotometer, and the P content was determined in a colorimeter (AOAC, 1990).

The rate and extent of DM, CP and NDF digestibility in gasses were measured using the nylon bag technique. Four rumen fistulated Pelibuey x Rambouillet sheep (weighing 45.2 ± 2.3kg, BW) were used to incubate bags (5 x 10cm, 53µ pore size) containing ground samples (4g) of each grass replication and suspended in the ventral part of the rumen of each sheep. Throughout the experiment,

sheep were fed alfalfa hay *ad libitum*. For each grass replication six bags were incubated for 4, 8, 12, 24, 36, and 48h. Upon removal from the rumen, bags were washed in cold running water. Zero time disappearance was obtained by washing non-incubated bags (0h bag). All bags were dried at 60°C in an oven during 48h. Weight loss of DM, CP and NDF was recorded. Disappearance of DM, CP, or NDF for each incubation time was calculated as

$$\text{Disappearance (\%)} = \left(\frac{\text{Initial Weight} - \text{Final Weight}}{\text{Initial Weight}} \right) \times 100$$

The disappearance of DM, CP, or NDF for each incubation time was used to estimate the digestion characteristics of DM, CP and NDF, using the equation of Ørskov and McDonald (1979)

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

where p: disappearance rate at time t; a: an intercept representing the soluble portion of DM, CP or NDF at the beginning of incubation (time 0); b: portion that is slowly degraded in the rumen; c: rate constant of disappearance of fraction b; and t: time of incubation.

The nonlinear parameters a, b, and c and effective degradability of DM (EDDM), CP (EDCP) or NDF (EDNDF) = $(a+b)c/(c+k)(e^{-ct} + LT)$, were calculated using the Neway computer program (McDonald, 1981); k is the estimated rate of outflow from the rumen and LT is the lag time. The EDM, EDCP and EDNDF values were estimated assuming a rumen outflow rate of 2.0%/h. Total digestible DM/ha (DDM) was calculated as $TDM \times EDM$ and total digestible CP/ha (DCP) as $TDM \times EDCP$.

Data of chemical composition, a, b, c, EDM, EDCP, EDNDF, DDM and DCP were statistically analyzed using a one-way analysis of variance. Means were separated using the Least Signifi-

cant Difference technique. Simple linear correlation analyses were performed between %H, chemical composition and EDM, EDCP and EDNDF (Snedecor and Cochran, 1980).

Results and Discussion

The total dry matter (TDM) production was not significantly different among the evaluated genotypes (Table I). However, PI 4 and PI 2 yielded more dry matter than

other grasses including the Nueces buffelgrass, which is recognized as highly productive and with good nutritional quality. The %H was significantly different among grasses, being Nueces and PI 4 the leafier grasses.

The CP content was significantly different among genotypes. PI 5 had the highest value and PI 3 the lowest. The mean value of CP in all genotypes was 8.3% (Table I). This value is about one percent above the minimal (7%) required to sustain rumen functionality (NRC, 1996). It

appears that low N content in the forage is related with the available N₂ in the soil (Ramos and McDowell, 1994). The soil where this experiment was located has been characterized for its low N₂ availability (INIFAP, 1991). However, higher CP values were reported, only at the end of summer and the beginning of autumn, for the total plant in common buffelgrass (Ramírez *et al.*, 2001a) and the hybrids Nueces (Ramírez *et al.*, 2001b) and Llano (Foroughbakhch *et al.*, 2001) growing in the same region but in different soil types.

The cell wall (NDF) content and its components (ADF, ADL, cellulose, and hemicellulose) were significantly different among grasses (Table I). Nueces resulted with the highest cell wall contents and PI 5 with the lowest. Moreover, PI 5 had the largest fully digestible portion of the DM (100-NDF= 34.1%), and Nueces the lowest (28.2%). Also, Nueces contained less lignin (Table I). Lignification of the cell wall has been related to low degradability of nutrients contained in plants (Van Soest, 1994). The INNDF was not significantly different among grasses. Conversely, INADF

and INNDF-INADF were significantly different. The N₂ non-available for ruminants, estimated by the fraction INADF, was high (29.8%; mean value of all grasses) as compared with previous reports (3 to 15%; Van Soest, 1994).

Fraction a (lost during washing of bags) of DM, CP, and NDF was significantly different among the grasses. Conversely, fraction b (slowly degraded in the rumen of sheep) was not different (P<0.05). The degradation rate (c, %/h) in DM and PC was different (P<0.05), but was not different (P>0.05) in NDF. The EDM, EDNDF, and EDCP were significantly different among grasses (Table II). The hybrid Nueces had the highest value of EDM, EDNDF, and EDCP while the strain PI 2 had the lowest values. Higher lignin content in the new genotypes might have decreased rumen fermentation of nutrients in the rumen of sheep. The EDCP overall mean was estimated to be 64.2% and the potential available CP (100-INADF) was 70.2%. The difference of 6% between these two values might be the amount of INNDF-INADF

TABLE I
DRY MATTER PRODUCTION (ton/ha), CRUDE PROTEIN, CELL WALL COMPONENTS AND NITROGEN ASSOCIATED TO CELL WALL (%) IN THE FORAGE OF THE HYBRID NUECES AND FIVE NEW GENOTYPES OF BUFFELGRASS

Concept	Genotype						Mean±SE
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	
TDM	4.8 ^a	5.2 ^a	3.8 ^a	3.5 ^a	5.6 ^a	4.1 ^a	4.5 ±0.4
%H	0.71 ^a	0.66 ^{ab}	0.49 ^c	0.63 ^b	0.71 ^a	0.66 ^{ab}	0.65 ±0.02
Organic matter	88.5 ^a	85.9 ^c	87.7 ^b	87.0 ^b	86.4 ^c	86.6 ^c	87.0 ±0.2
Crude Protein	8.4 ^c	7.8 ^{de}	8.1 ^{cd}	7.5 ^c	8.8 ^b	9.2 ^a	8.3 ±0.1
NDF	71.8 ^a	69.7 ^b	70.4 ^b	69.7 ^b	70.4 ^b	65.9 ^c	69.6 ±0.5
ADF	47.9 ^c	51.6 ^a	49.8 ^b	50.8 ^{ab}	48.8 ^{bc}	50.6 ^{ab}	49.9 ±0.3
Hemicellulose	23.9 ^a	18.1 ^c	20.6 ^b	18.9 ^c	21.6 ^b	15.2 ^d	19.7 ±0.7
Cellulose	38.3 ^b	33.2 ^d	40.2 ^a	37.7 ^{bc}	36.3 ^c	40.3 ^a	37.6 ±0.6
ADL	5.3 ^d	8.5 ^a	6.9 ^c	7.5 ^b	8.1 ^a	6.6 ^c	6.7 ±0.7
INNDF	48.7 ^a	46.6 ^a	48.5 ^a	45.9 ^a	36.0 ^a	45.8 ^a	45.2 ±1.2
INADF	27.3 ^b	32.8 ^a	30.7 ^{ab}	35.0 ^a	21.7 ^c	31.2 ^{ab}	29.8 ±1.2
INNDF-INADF	21.5 ^a	13.8 ^{bc}	17.7 ^{ab}	10.9 ^c	14.3 ^{bc}	14.6 ^{bc}	15.5 ±1.1

^{abcd} Indicate difference (P<0.05) among values in a row.

TDM: total dry matter production; %H: ratio between leaf blades and plant total weight; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin; INNDF: insoluble N₂ in NDF as % of the total crude protein; INADF: insoluble N₂ in ADF as % of the total crude protein; INNDF-INADF: slowly degraded N₂ associated to the cell wall components, as % of the total crude protein.

which is slowly available in the rumen of the animal, but could be fully digested in the abomasum (Van Soest, 1994; Van Soest, *et al.*, 1991). Moreover, it seems that INADF negatively affected EDCP ($r = -0.47$, $P < 0.05$).

The degradability values found in Nueces were higher than those reported by Ramirez *et al.* (2001b), who evaluated Nueces growing in these regions but harvested in different dates. High degradability values reported in the present study may be associated to the positive effects of high precipitation (Forough-bakhch *et al.*, 2001; Ramirez *et al.*, 2001a). In this experiment, more than 400mm fell during the growing season. The %H also influenced the effective degradability of nutrients in the grasses, since it correlated with EDDM ($r = 0.63$, $P < 0.05$), and EDCP ($r = 0.53$, $P < 0.05$). The EDCP was also positively correlated to CP content ($r = 0.50$, $P < 0.05$), and negatively to INADF. This means that when CP increased, EDCP did as well.

There were no differences ($P > 0.05$) in DDM among the grasses tested (Table II). The differences found in EDDM were overridden by the non-significant differences in forage production (TDM) among the genotypes. In contrast, there were significant ($P > 0.05$) differences in DCP among the genotypes evaluated. The strain PI 4 had the highest value and PI 2 the lowest (Table II).

With exception of Ca, Fe, Mn, and Co, all minerals evaluated were significantly ($P < 0.05$) different among genotypes (Table III). In general, most minerals had concentrations that are low for the needs of adult grazing cattle. It appears that soil characteristics did influence forage concentration of specific minerals. Forages growing in soils with high values of Ca carbonates and pH, and low organic matter content, such as the ones used in this experiment, tend to have lower content of most essen-

TABLE II
DIGESTION CHARACTERISTICS AND EFFECTIVE DEGRADABILITY OF DRY MATTER, CRUDE PROTEIN AND NEUTRAL DETERGENT FIBER IN THE FORAGE OF THE HYBRID NUECES AND FIVE NEW GENOTYPES OF BUFFELGRASS

Concept	Genotype						Mean±SE
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	
EDDM, %	66.3 ^a	62.6 ^b	55.0 ^c	61.5 ^b	62.2 ^b	57.9 ^c	60.9 ±0.9
a, %	43.3 ^a	37.7 ^b	30.3 ^d	38.8 ^b	38.8 ^b	35.3 ^c	37.4 ±0.1
b, %	40.7 ^a	42.9 ^a	43.2 ^a	37.4 ^a	38.1 ^a	38.6 ^a	40.2 ±0.8
c, %/h	3.4 ^c	3.7 ^{abc}	3.4 ^{bc}	4.1 ^{ab}	4.3 ^a	3.8 ^{abc}	3.8 ±0.1
DDM, ton/ha	3.2 ^a	3.2 ^a	2.1 ^a	2.2 ^a	3.5 ^a	2.4 ^a	2.7 ±0.2
EDCP, %	70.8 ^a	68.6 ^a	55.3 ^c	59.4 ^{bc}	67.2 ^{ab}	63.9 ^{ab}	64.2 ±1.6
a, %	49.7 ^a	46.7 ^{ab}	30.2 ^c	34.6 ^{bc}	46.1 ^{ab}	43.0 ^{abc}	41.7 ±2.2
b, %	37.4 ^a	37.1 ^a	43.6 ^a	40.4 ^a	34.1 ^a	34.2 ^a	37.8 ±1.2
c, %/h	3.4 ^c	3.8 ^{bc}	3.5 ^{bc}	4.2 ^{ab}	4.4 ^a	4.1 ^{ab}	3.2 ±0.12
DCP, kg/ha	0.28 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.17 ^b	0.16 ^b	0.33 ^a	0.24 ^{ab}	0.24 ±0.01
EDNDF, %	69.6 ^a	64.5 ^c	58.2 ^d	63.8 ^c	66.4 ^b	55.4 ^c	63.0 ±1.18
a, %	48.8 ^a	39.5 ^c	37.0 ^c	44.0 ^b	43.8 ^b	31.0 ^d	40.7 ±1.42
b, %	34.2 ^a	41.0 ^a	37.6 ^a	32.8 ^a	42.8 ^a	39.6 ^a	38.0 ±1.20
c, %/h	4.1 ^a	4.2 ^a	3.3 ^a	4.0 ^a	3.4 ^a	4.3 ^a	3.9 ±0.18

^{abc} Indicate difference ($P < 0.05$) among values in a row. EDDM: effective degradability of the dry matter; EDCP: effective degradability of crude protein; EDNDF: effective degradability of neutral detergent fiber, calculated using a rumen outflow rate of 2.0%/h; a: fraction of DM or CP or NDF (%) lost during washing; b: fraction of DM or CP or NDF (%) slowly degraded in the rumen of sheep; c: degradation rate of DM or CP or NDF (%/h); DDM: digestible dry matter (TDM x EDDM); DCP: digestible crude protein (TDM x CP x EDCP); SE: standard error.

TABLE III
MACRO AND TRACE MINERAL CONTENT IN THE FORAGE OF THE HYBRID NUECES AND FIVE NEW GENOTYPES OF BUFFELGRASS

Concept ¹	Genotype						Mean±SE
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	
Ca, g/kg	0.38 ^a	0.38 ^a	0.37 ^a	0.38 ^a	0.37 ^a	0.37 ^a	0.38 ±0.002
P, g/kg	0.11 ^{ab}	0.12 ^a	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.09 ^b	0.10 ±0.003
Na, g/kg	0.12 ^c	0.17 ^b	0.12 ^c	0.12 ^c	0.24 ^a	0.11 ^c	0.15 ±0.01
K, g/kg	24.3 ^a	28.7 ^a	23.7 ^a	21.4 ^a	25.1 ^a	23.9 ^a	24.5 ±1.1
Mg, g/kg	0.46 ^{ab}	0.40 ^c	0.44 ^{abc}	0.42 ^{bc}	0.43 ^{abc}	0.48 ^a	0.44 ±0.01
Cu, mg/kg	2.50 ^{bc}	3.27 ^{ab}	2.60 ^b	1.49 ^c	4.26 ^a	2.65 ^b	2.8 ±0.2
Fe, mg/kg	137.6 ^a	172.4 ^a	76.4 ^a	135.0 ^a	131.7 ^a	115.3 ^a	128.1 ±9.9
Zn, mg/kg	12.3 ^d	18.7 ^c	26.4 ^{ab}	27.9 ^a	20.7 ^{bc}	17.9 ^{cd}	20.6 ±1.5
Mn, mg/kg	28.9 ^a	29.9 ^a	29.8 ^a	28.7 ^a	42.2 ^a	26.3 ^a	31.0 ±1.8
Co, mg/kg	6.8 ^a	6.7 ^a	6.8 ^a	6.8 ^a	7.0 ^a	6.6 ^a	6.8 ±0.1
Mo, mg/kg	1.9 ^a	1.5 ^{ab}	1.0 ^b	1.1 ^b	1.3 ^b	1.07 ^b	1.3 ±0.1

^{abcd} Indicate difference ($P < 0.05$) among values in a row. ¹ dry matter basis.

tial minerals (INIFAP, 1991). White and Wolfe (1985) also reported low values for P (0.23%), Ca (0.30%), K (1.6%) and Mg (0.18%) in common buffelgrass harvested during the autumn season in Cotulla, Texas, USA.

Table IV shows the potential mineral intake, calculated for each mineral appearing in

Table III, by a cow of 400kgBW, with a daily intake of 10.2kgDM of the evaluated grasses. The potential intake of K, Fe, Co, Mn (only in PI 4), and Mo (only in Nueces), would be sufficient to meet the requirements of these minerals for a growing cow of 400kg grazing any of the genotypes tested in these

soils. However, Ca, P, Na, Mg, Cu, and Zn, were lower than required. Deficiencies of P and Na have been reported and they occur in many grass species that grow in warm climates (McDowell, 1997). Thus, to obtain an optimal productivity of cattle grazing these grasses growing in this type of soil, the animals have

TABLE IV
POTENTIAL MINERAL INTAKE OF GROWING CATTLE CONSUMING FORAGE OF THE
HYBRID NUECES AND FIVE NEW GENOTYPES OF BUFFELGRASS

Concept	Potential mineral intake ¹						Requirements	
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	Required in the diet ²	Mineral daily Requirements ¹
Ca, g/kg	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	1.8	18.3
P, g/kg	1.1	1.3	0.98	1.0	1.0	0.9	1.8	18.3
Na, g/kg	1.3	1.8	1.2	1.3	2.4	1.1	1.0	10.2
K, g/kg	247.5	292.9	242.2	218.2	255.5	243.9	6.0	61.2
Mg, g/kg	4.7	4.1	4.5	4.3	4.4	4.9	0.7	7.1
Cu, mg/kg	25.6	33.3	26.5	15.2	43.5	27.0	7.0	71.4
Fe, mg/kg	1403.1	1758.1	779.1	1377.1	1343.4	1176.5	30.0	306.0
Zn, mg/kg	125.2	190.6	269.5	284.3	211.0	182.0	50.0	510.0
Mn, mg/kg	295.2	305.3	303.7	292.8	430.2	267.8	30.0	306.0
Co, mg/kg	69.5	68.0	68.9	69.2	71.8	67.3	1.8	18.3
Mo, mg/kg	19.3	15.0	10.6	11.6	13.9	10.9	1.8	18.3

¹Assuming a cow of 400kg with a dry matter intake of 10.2kg (NRC, 1984), times the concentration of each mineral in the plant of buffel grass, reported in Table III.

²Daily requirement (McDowell, 1997) in the dry matter of the diet of a cow weighing 400kg with a daily mineral intake of 10.2 kg (NRC, 1996).

to be supplemented with Ca, P, Na, Mg, Cu, Zn, Mn (except for PI 4), and Mo (except for Nueces).

Conclusions

Forage dry matter production and total digestible dry matter were not significantly different among evaluated grasses. However, there were significant differences for most of the chemical components and digestion parameters. The hybrid Nueces had higher values of EDDM, EDNDF, and EDCP than the other grasses. High lignin content in the forage of new genotypes may decrease the amount of nutrients degraded in the rumen of sheep. In general, the mineral content in all grasses was low for the needs of grazing ruminants, an effect probably caused by the low mineral content in the soil. Only K, Fe, and Co would be sufficient to fulfill the requirements of a mature cow grazing the evaluated grasses, while other minerals have to be supplemented for an optimal cattle growth. As new genotypes had very similar dry matter production and nutritional dynamics, it is suggested that they could be

used as forage substitutes of Nueces buffelgrass growing in the region.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge financial support from CONACYT-SIREYES (Project 2000-60-1006) and Fundación Produce N.L.

REFERENCES

AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*. 13th edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC. USA.

Diaz-Komeau RA, Hunter P (1978) *Metodología para el muestreo de suelos y tejidos de investigación en invernadero*. Mimeo. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 26 pp.

Foroughbackhch R, Ramirez RG, Hauad L, Alba-Avila J, Garcia-Castillo CG, Morales-Rodriguez R (2001) Dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of Llano buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 20: 181-188.

Goering HK, Van Soest PJ (1970) Forage for fiber analysis. In *USDA Agricultural Handbook No 379*. pp. 1-20.

Hanselka CW (1985) Grazing management strategies for buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). In *Buffelgrass: Adaptation, man-*

agement and forage quality. Proceedings of Texas A&M University Research Extension Center Symposium. Weslaco, Texas. USA. p 62.

Hanselka CW (1988) Buffelgrass South Texas wonder grass. *Rangelands* 10: 279-281.

INIFAP (1991) *Memorias Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del estado de Nuevo León*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 48 pp.

Krishnamoorthy UC, Muscato TV, Sniffen CJ, Van Soest PJ (1982) Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65: 217-220.

McDonald I (1981) A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agr. Sci.* 96: 251-252.

McDowell LR (1997) *Minerals for grazing ruminants in tropical regions* 3rd edition. Animal Science Department Center for Tropical Agriculture. University of Florida. USA. pp. 8-40.

NRC (1996) Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. edition. National Research Council. National Academy Press. Washington DC. USA. pp. 16-21.

Ørskov ER (1991) Manipulation of fiber digestion in the rumen. *Proc. Nutr. Soc.* 50: 187-196.

Ørskov ER, McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from

incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agr. Sci. Camb.* 92: 499-503.

Ramirez RG, Foroughbackhch R, Hauad L, Alba-Avila J, Garcia-Castillo CG, Espinosa-Vázquez M (2001a) Seasonal dynamics of dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 19: 209-218.

Ramirez RG, Foroughbackhch R, Hauad L, Alba-Avila J, Garcia-Castillo CG, Espinosa-Vázquez M (2001b) Seasonal variation of in situ digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.* 20: 38-47.

Ramos SR, McDowell LR (1994) Effect of four fertilization levels on in vitro organic matter digestibility, crude protein, and mineral concentration of buffelgrass hay in southern Puerto Rico. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis* 25: 293-299.

Rodriguez O, González-Domínguez J, Krausz JP, Wilson JP, Hanna WW (1999) First report and epidemics of buffelgrass blight caused by *Pyricularia grisea* in South Texas. *Plant Dis.* 83: 398.

Silva CMM, de S, de Faria CMB (1995) Seasonal variation in nutrient content and nutritive value of tropical forage plants. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 30: 413-420.

Spears JW (1994) Minerals in forages. In Faney CG Jr (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. National Conference on Forage Quality. Univ. of Nebraska. Lincoln, Nebraska, USA. pp. 281-311.

Snedecor GW, Cochran WG (1980) *Statistical Methods*. 7th Edition. The Iowa State University Press. USA. pp. 232-233.

Van Soest PJ (1994) *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edition. Comstock Publishing/Cornell University Press. Ithaca, New York. USA.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

White LD, Wolfe D (1985) Nutritional value of common buffelgrass. In *Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality*. Proceedings of Texas A&M University Research Extension Center Symposium. Weslaco, Texas. USA. p 13.

Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

Nutritional value and ruminal digestion of five apomitic strains and one hybrid of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)

Guillermo J. García Dessommes^a, Roque G. Ramírez Lozano^b, Rahim Foroughbakhch^b,
Rocío Morales Rodríguez^b, Graciela García Díaz^b

RESUMEN

Con el objetivo de comparar el efecto del genotipo y época de corte sobre la producción de materia seca (MS) y su calidad nutricional, se evaluaron cinco líneas de pasto buffel y el híbrido Nueces. Los genotipos se establecieron en condiciones de temporal, con un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los pastos se cosecharon en agosto y noviembre de 1999. Se estimó el rendimiento de MS ha⁻¹ y se determinaron los componentes de la pared celular, la proteína cruda (PC) y el contenido de minerales. Se evaluó la digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la MS, PC y fibra detergente neutro mediante la técnica de la bolsa nylon; los datos se utilizaron para estimar la producción de materia seca digestible y la producción de proteína digestible por hectárea. Se encontraron mayores diferencias, en valor nutritivo, entre épocas de corte que entre líneas. El contenido de PC fue bajo y la concentración de minerales fue insuficiente para satisfacer las necesidades de rumiantes en pastoreo. Las líneas de pasto buffel PI409375 y PI409443 produjeron, en promedio, 45 y 42 % más materia seca y proteína cruda digestible, respectivamente, que el híbrido Nueces, lo que las convierte en opciones válidas para sustituirlo en siembras comerciales.

PALABRAS CLAVE: Pasto buffel, Líneas de buffel, Contenido de nutrientes, Degradabilidad efectiva.

ABSTRACT

Five strains and one hybrid of Buffel grass were tested to compare the effect of genotype and harvest season over dry matter production (DM), and nutritional value. All genotypes were established in a rain fed experiment in a completely randomized design with three replicates. Forage was harvested in August and November 1999. DM ha⁻¹, cell wall, crude protein (CP), and mineral contents were determined. *In vitro* digestibility and effective degradability of DM, CP and neutral detergent fiber were estimated using the nylon bag technique through which total digestible dry matter and total digestible protein per hectare were calculated. Greater differences in nutritional value owing to harvest seasons than to genotype were found. CP content was low, and mineral contents were below grazing ruminants' minimum requirements. Strains PI409375 and PI409443 yielded, on average, 45 and 42 % more digestible DM and CP respectively, than the hybrid Nueces, therefore they may be recommended as substitutes for this hybrid in commercial plantings.

KEY WORDS: Buffelgrass, Buffel grass strains, Nutrient content, Effective degradability.

La introducción del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en el sur de Texas y el norte de México, en los años cincuenta, revolucionó la ganadería extensiva, al aumentar la productividad forrajera, lo que permitió incrementar la carga de 12 a 4 ha por unidad animal⁽¹⁾. En México existen más de 4

Introduction of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) to Southern Texas and the North of Mexico in the fifties revolutionized extensive livestock production, because forage productivity increased dramatically, and therefore the stocking rate (from 0.085 to 0.25 animals ha⁻¹)⁽¹⁾. In Mexico, more than 4

Recibido el 20 de marzo de 2002 y aceptado para su publicación el 5 de febrero de 2003.

^a Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, AP 3 67400, General Terán, N. L., México, dessommes57@hotmail.com. Correo electrónico y solicitud de separatas.

^b Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

millones de hectáreas de pasto buffel⁽²⁾, que en su mayoría provienen de una sola línea o genotipo, la T-4464 o buffel "común", limitando la posibilidad de obtener mayor productividad forrajera, no obstante que existen más de 800 líneas clasificadas de este pasto en el Banco Mundial de buffel en la Universidad de Texas A&M, EUA⁽³⁾.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca del buffel varía de 40 a 60 %, y su contenido de proteína cruda dependiendo del estado de madurez de la planta; así, en la etapa de crecimiento activo tiene 19 %, mientras que durante la formación de espigas, disminuye a 11 % y, en el periodo de madurez vegetativa y durante la época de sequía solamente contiene 8 % y de 2 a 4 % de PC, respectivamente^(4,5,6). Asimismo, se han encontrado diferencias en el valor nutritivo entre las variedades e híbridos del pasto buffel. Además, el contenido de proteína, paredes celulares y digestibilidad de la materia seca difiere considerablemente entre hojas y tallos^(7,8,9).

Durante enero a febrero y durante los periodos de sequía, parece ser necesario el aporte adicional de proteína a bovinos en pastoreo en praderas de pasto buffel, siempre y cuando exista, el resto del año, suficiente forraje para satisfacer las demandas diarias de energía. La concentración de fósforo fluctúa en respuesta a la precipitación y se requiere suplementar durante todo el año; sin embargo, los niveles de Ca, K, Mg, Na, Zn, Mn y Fe aparentemente son adecuados durante el año^(10,11).

Existen genotipos de pasto buffel con una mayor productividad forrajera y adaptación que las variedades e híbridos comerciales⁽¹²⁾, pero se desconoce su calidad nutritiva, y establecer una comparación válida entre estos, en términos de contenido de nutrientes y digestibilidad. Los objetivos del presente trabajo fueron estudiar el efecto del genotipo y la época del año en la producción de materia seca y valor nutritivo del pasto buffel en condiciones de temporal.

El experimento se localizó en el Campo Experimental de General Terán, del INIFAP, situado a 25° 18' Norte y 99° 35' Oeste a 332 msnm, temperatura media anual de 22.4 °C, máxima y

millions ha, most of them of the T-4464 genotype, or "common" Buffel grass, have been planted, limiting thus an increase of current forage production, as more than 800 lines are recorded in the World Buffel Grass gene bank in Texas A&M⁽³⁾.

In vitro digestibility fluctuates between 40 and 60 % and crude protein (CP) contents varies in accordance with the plant's growth stages, like this, in active development CP could be near to 19 %, while in ear formation it can go down to 11 % in vegetative maturity 8 % and in dry periods to between 2 and 4 %^(4,5,6). Besides, nutritional value differences between diverse buffel grass genotypes have been established and cell wall, protein content and dry matter digestibility is different in stems and leaves^(7,8,9).

In January and February and during prolonged dry spells or droughts, protein should be supplemented to cattle grazing buffel grass, as long as in the rest of the year an adequate amount of forage, capable of meeting daily energy demands is available. Phosphorous content fluctuates with rainfall, and should be supplemented throughout the whole year. However, Ca, K, Mg, Zn, Mn, Fe and Na contents seem to be adequate^(10,11).

Some buffel grass genotypes display higher forage production and capacity to adapt than commercial hybrids and varieties⁽¹²⁾. Unfortunately, their nutritional quality is unknown and also valid comparison among them in terms of digestibility and nutrient content. The objectives of this study were to study effects of genotype and climate on dry matter production and nutritional quality in rainfed buffel grass.

The experiment was carried out in INIFAP's General Terán Experimental Station at 25° 18' N and 99° 35' W longitude, 22.4 °C average, 36.1 °C average maximum and 9.3 °C average minimum temperatures respectively, with an average rainfall of 784 mm and evaporation 1,622 mm. Photoperiod averages 4,439 h annually and solar radiation 143,272 calories cm². Soils are classified as Vertisols, showing a 7.9 to 8.2 pH with high CaCO₃ content.

mínima promedio de 36.1 y 9.3 °C respectivamente. La precipitación pluvial promedio anual de 784 mm, con una evaporación de 1,622 mm al año. El fotoperíodo tiene una duración de 4,439 h al año y la radiación solar corresponde a 143,272 calorías cm^2 . Los suelos son de tipo aluvión y se clasifican como unidades Vertisol, con un pH de 7.9 a 8.2 con alto contenido de carbonatos de calcio⁽¹³⁾.

Se utilizaron cinco líneas de zacate buffel: PI-307622 (PI1), PI-409252 (PI2), PI-409375 (PI3), PI-409443 (PI4), PI-409460 (PI5) y el híbrido Nueces, las cuales fueron establecidas en parcelas de 4 m^2 (parcela útil de 0.8 m^2), en condiciones de temporal, bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Para uniformar el crecimiento de los pastos se dio un corte general el 1 de marzo de 1999. La primera precipitación pluvial apreciable del año se presentó el 27 de mayo, lo que dio inicio al crecimiento del pasto. La evaluación de los pastos se realizó al mismo tiempo, cuando alcanzaron plena floración el 10 de agosto, con 75 días de edad al rebrote y el 1 de noviembre a 81 días de rebrote, cortando las plantas completas de cada parcela a una altura de 15 cm del suelo.

La precipitación entre el 27 de mayo y el 10 de agosto fue de 329 mm, una evaporación de 643 mm, temperatura media máxima y mínima de 35 y 22 °C respectivamente. La precipitación total recibida entre el primer corte y el segundo, en noviembre, fue de 183 mm, evaporación de 437 mm, temperatura media máxima y mínima de 32 y 18 °C respectivamente. La precipitación registrada se encontró un 34 % por debajo de la media histórica del sitio, por lo que se consideró como un año seco.

Para determinar materia seca parcial, se pesó el forraje en verde, y posteriormente se colocó en una estufa a 55 °C hasta alcanzar peso constante. Una vez secas, se separaron las hojas de los tallos con tijeras de acero inoxidable. Todas las muestras fueron molidas en un molino Wiley con una malla de 1 mm.

Se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas, proteína cruda

Five buffel grass lines - PI-307622(PI1), PI-409252(PI2), PI-409375(PI3), PI-409443(PI4) and PI-409460(PI5) - and the Nueces buffel grass hybrid were tried in 4 m^2 plots (useful plot=0.8 m^2) in a completely randomized experimental design with three replicates per treatment. To standardize growth a general clipping was carried out on March 1, 1999. The first worthwhile rainfall fell on May 27, which unleashed grass growth. Assessments were carried out in the same timeframe for all treatments on August 10, at the full flowering stage, 75 d after regrowth, and on November 1, 81 d after regrowth, by cutting complete plants in each plot at a 0.15 m height.

Rainfall between May 27 and August 10 totaled 329 mm, evaporation 643 mm, average maximum temperature and average minimum temperature were equal to 35 and 22 °C respectively. Rainfall between the first and second clippings was 183 mm, evaporation 437 mm and average maximum and minimum temperatures 32 °C and 18 °C respectively. As rainfall was 34 % below the average, this growth season can be considered as dry.

To determine partial dry matter, fresh forage was weighed and afterwards placed in a stove at 55 °C till constant weight. Once dry, leaves were separated from stems by means of stainless steel scissors. All samples were grounded in a Wiley mill fitted with 1 mm sieves.

Dry matter (DM), organic matter (OM), ashes, crude protein (CP)⁽¹⁴⁾, neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF), hemicellulose (HEM), cellulose (CEL) and lignin (LDA) were analyzed^(15,16) as well as the following nitrogen fractions in the cell wall: insoluble N in neutral detergent (INNDF), insoluble N in acid detergent(INADF) and slowly degraded N (INNDF-INADF)⁽¹⁷⁾.

DM, CP and NDF *in situ* digestibility were determined by means of the nylon bag technique. Four Rambouillet x Pelibuey (45 ± 2 kg live weight) castrated and fistulated lambs were used. For each grass, and for each replicate and cut, two lambs were used; for each analysis seven bags (0.05 x 0.10 m and 53 mm pore), each containing a 4 g

(PC)⁽¹⁴⁾, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina (LDA)^(15,16), y las fracciones nitrogenadas de la pared celular: N insoluble en detergente neutro (NIFDN), N insoluble en detergente ácido (NIFDA) y N degradado lentamente (NIFDN-NIFDA)⁽¹⁷⁾.

La digestibilidad *in situ* de la MS, PC y FDN se determinó utilizando la técnica de la bolsa nylon, para lo cual se usaron cuatro borregos (Rambouillet x Pelibuey) castrados y fistulados del rumen de 45 ± 2 kg de peso vivo. Para cada pasto, en cada repetición y en cada corte se usaron dos borregos. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas nylon (5 x 10 cm y 53 mm de tamaño de poro), que contenían cada una 4 g de muestra molida; seis bolsas se introdujeron y suspendieron en la parte ventral del rumen, con una secuencia de incubación de 4, 8, 12, 24, 36 y 48 h. La desaparición del material en la hora cero, fue estimada en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las demás. Durante la prueba, los borregos fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso. Posteriormente, las bolsas fueron secadas en una estufa a 55 °C durante 48 h; al residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se le determinó su contenido de MS, PC y FDN^(14,15), cuyo porcentaje de desaparición se estimó por diferencia, utilizando la ecuación de Oskov y McDonald⁽¹⁸⁾. Los parámetros no lineales, así como la degradabilidad efectiva de la MS (DEMS), PC (DEPC) y FDN (DEFDN), fueron calculadas por medio del paquete computacional Neway⁽¹⁹⁾. DEMS, DEPC y DEFDN fueron estimadas usando una tasa de recambio ruminal de 2 %/h, la cual representa un nivel bajo de consumo⁽²⁰⁾.

Para la determinación de minerales, las muestras de cada línea y cada corte fueron incineradas en una mufla a 550 °C durante 4 h. Posteriormente las cenizas fueron digeridas en una solución de HCL y HNO₃, usando la técnica de la digestión húmeda. Los contenidos de los minerales Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Co y Mo en las muestras fueron estimados por medio de espectrofotometría de absorción atómica. La concentración de P se calculó usando un colorímetro⁽¹⁴⁾.

ground sample, were used. These bags were introduced and suspended in the lower part of the rumen, for the following incubation sequence: 4, 8, 12, 24, 36 and 48 h. Disappearance of material at 0 hours was estimated in a seventh bag which was not incubated and also placed in the rumen, being washed the same as the others. In the course of the test, lambs were fed freely with alfalfa hay. Afterwards, bags were dried at 55 °C for 48 h in a stove. The residue in each bag was for DM, CP, and NDF content^(14,15), and whose disappearance percentage was estimated through differences in accordance with the Oskov and McDonald method⁽¹⁸⁾. Non linear parameters and DM (DMDE), CP (CPDE) and NDF (NDFDE) effective degradability were estimated by means of the Neway software⁽¹⁹⁾. DMDE, CPDE and NDFDE were calculated through a 2 %/h ruminal exchange rate, which is in itself a low intake level⁽²⁰⁾.

To determine mineral (Ca, Na, K, Mg, Cu, Zn, Mn, Co and Mo) content, samples of each line and clipping were calcinated in a muffle oven at 550 °C for 4 h. Afterwards the remaining ashes were digested in an HCl and HNO₃ solution, using the humid digestion technique. Mineral content was determined by means of an atomic absorption spectrophotometer. P content was determined through a colorimeter⁽¹⁴⁾.

Values obtained in all variables were analyzed through a completely randomized experimental design with three replicates and a 6 x 2 factorial arrangement. Factor A were the genotypes and Factor B the clipping dates. Treatment averages were split through the significant minimum differences method⁽²¹⁾.

Differences in total DM between genotypes were established ($P \leq 0.05$). P14 produced a higher dry matter amount when compared to P15 and Nueces, but a similar quantity than the other genotypes (Table 1). In percentage terms, P14 produced 46 % more dry forage than Nueces, besides producing the higher leaf quantity when compared to other lines being assessed. Even though rainfall was higher in summer, the rainfall/evaporation ratio was similar for the two periods considered (0.4 vs

VALOR NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE ZACATE BUFFEL

Los valores obtenidos en todas las variables fueron analizados según un diseño completamente al azar con tres repeticiones y con arreglo factorial de 6 x 2. El factor A fueron los genotipos y el factor B las épocas de corte. Las medias de los tratamientos fueron separadas con el método de diferencia mínima significativa(21).

La producción de materia seca total (MST) fue diferente ($P \leq 0.05$) entre genotipos. La PI4 produjo la mayor cantidad de MST comparada con el híbrido Nueces y PI5, siendo similar ($P \geq 0.05$) a los otros pastos (Cuadro 1). En términos porcentuales, la línea PI4 produjo 46 % más forraje seco que el híbrido Nueces; además, la PI4 obtuvo la mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de hojas comparada con las otras líneas evaluadas. Aún cuando se registró mayor

0.5), so no seasonal variations in production between the two periods were found ($P \geq 0.05$). Nor was genotype interaction between periods significant, which is an index of forage production stability. These findings are in coincidence with previous reports in which more lines, clippings and years were considered(12). The higher productivity of some of these buffel grass lines when compared to Nueces had already been published and results showed that forage quantity produced in summer is similar to that produced in fall and those genotypes which produce more, do so in both seasons. Besides, new buffel grass lines carry more DM production potential than Nueces.

Significant differences ($P \leq 0.05$) in DM, ADF, HEM and LDA were found, but NDF and CEL

Cuadro 1. Producción de materia seca y calidad nutritiva de cinco líneas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L), en dos épocas del año bajo condiciones de temporal

Table 1. Dry Matter production and nutritional quality in five buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L) lines and one hybrid, in two seasons under rainfed conditions

	Genotype						Season		Mean±SE
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	Aug	Nov	
DM	3.2 ^c	4.9 ^{ab}	4.6 ^{abc}	5.2 ^{ab}	5.9 ^a	4.1 ^{bc}	4.9 ^a	4.5 ^a	4.7 ± 0.2
%H	58.2 ^b	52.0 ^c	48.7 ^c	49.5 ^c	63.5 ^a	57.2 ^b	61.2 ^a	48.5 ^b	54.8 ± 1.4
OM	90.1 ^a	88.9 ^b	90.2 ^a	89.1 ^b	88.1 ^c	90.3 ^a	89.3 ^a	89.6 ^a	89.5 ± 0.1
NDF	72.5 ^a	70.9 ^a	70.9 ^a	70.9 ^a	68.7 ^a	70.4 ^a	72.3 ^a	69.1 ^b	70.7 ± 0.4
ADF	46.2 ^b	47.0 ^{ab}	45.7 ^b	47.6 ^a	47.1 ^{ab}	47.7 ^a	48.5 ^a	45.3 ^b	46.9 ± 0.3
HEM	26.3 ^a	23.8 ^{bc}	25.2 ^{ab}	23.3 ^b	21.7 ^c	22.7 ^c	23.8 ^a	23.8 ^a	23.8 ± 0.4
CEL	36.4 ^a	36.4 ^a	36.3 ^a	36.9 ^a	36.9 ^a	36.6 ^a	38.7 ^a	34.5 ^b	36.6 ± 0.4
LDA	5.3 ^{ab}	6.0 ^a	4.8 ^b	4.7 ^b	4.6 ^b	6.0 ^a	5.2 ^a	5.3 ^a	5.2 ± 0.1
CP	7.4 ^a	5.7 ^d	6.6 ^{bc}	6.6 ^{bc}	6.8 ^b	6.3 ^c	7.0 ^a	6.2 ^b	6.6 ± 0.1
INND	41.9 ^{bc}	47.6 ^a	37.7 ^d	39.5 ^{cd}	40.1 ^{cd}	44.0 ^b	44.8 ^a	38.7 ^b	41.8 ± 1.8
INAD	27.4 ^b	34.4 ^a	26.8 ^b	33.6 ^b	28.3 ^b	26.9 ^b	31.8 ^a	27.3 ^b	29.6 ± 0.7
INND-INAD	13.7 ^b	13.2 ^{bc}	10.9 ^c	5.9 ^d	11.9 ^{bc}	17.1 ^a	12.8 ^a	11.4 ^a	12.1 ± 0.8
DDM	1.6 ^c	2.6 ^{ab}	2.2 ^{bc}	2.6 ^{ab}	3.2 ^a	2.2 ^{bc}	2.3 ^a	2.5 ^a	2.4 ± 0.1
DCP	139.7 ^b	183.6 ^b	177.3 ^b	207.4 ^{ab}	276.9 ^a	155.0 ^b	208.0 ^a	172.0 ^a	190.2 ± 13.0

DM= Dry Matter (t ha⁻¹ clipping⁻¹); %H= Leaf weigh ratio plant⁻¹ (g); OM= Organic Matter; NDF= Neutral detergent fiber; ADF= Acid detergent fiber.; HEM= Hemicellulose; CEL= Cellulose; LDA= Lignin; CP= Crude Protein; INND= Insoluble nitrogen in neutral detergent as % of total protein; INAD= Insoluble nitrogen in acid detergent as % of total protein; INND-INAD= Insoluble nitrogen in neutral detergent but soluble in acid detergent as % of total protein; DDM= Digestible dry matter (t ha⁻¹); DCP= Digestible crude protein (kg ha⁻¹).

abc Values showing different literals within the same row are different ($P \leq 0.05$).

precipitación durante el verano, el cociente de la precipitación/evaporación fue similar entre las dos épocas (0.5 vs 0.4), por lo que no se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) para la producción de forraje entre épocas. Tampoco se observó significancia para la interacción genotipo por época de corte, lo que manifiesta la estabilidad en la producción de forraje de los pastos. Estos efectos coinciden con reportes previos donde se hicieron comparaciones con un mayor número de líneas, cortes y años⁽¹²⁾. La mayor productividad de algunas de estas líneas de buffel, comparadas con el híbrido Nueces, ya había sido publicada, y los resultados mostraron que la cantidad de forraje producido durante el verano es similar al producido durante el otoño, y los genotipos más productivos también lo son en todas las épocas de corte. Además, las nuevas líneas de pasto buffel presentan un mayor potencial de producción de MS que el Nueces.

Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en el contenido de MO, FDA, HEM y LDA, pero FDN y CEL fueron similares; mientras que, el contenido de FDN, FDA y CEL fue diferente ($P \leq 0.05$) entre épocas de corte. La interacción entre genotipo por época de corte fue significativa ($P \leq 0.05$) para MO, FDA y CEL. Así, la concentración de los componentes de las paredes celulares fue consistentemente más elevada en el verano que en el otoño, posiblemente debido a la presencia de temperaturas medias más altas en el verano que en el otoño (29 vs 25 °C), lo que produce un doble efecto, al disminuir el contenido celular y aumentar la síntesis de los componentes de la pared celular⁽²²⁾.

El contenido de PC en los genotipos evaluados fue bajo en las dos épocas de corte, con 6.6 % en promedio; esta concentración es prácticamente el nivel mínimo para mantenimiento de las funciones normales del rumen en vacas gestantes para producción de carne⁽²³⁾. Esta baja concentración obedece entre otros factores, al estado de madurez de las plantas cuando se cosecharon, como ya ha sido señalado, y a una baja disponibilidad de Nitrógeno en el suelo^(22,23). La relación positiva que se indica entre fertilización nitrogenada y el contenido de PC en el zacate buffel^(24,25,26), ha

showed similar values between clipping periods. Interaction between genotypes per clipping season was significant ($P \leq 0.05$) for OM, ADF and CEL. Therefore cell wall component concentration was consistently higher in summer than in autumn, perhaps due to higher average temperatures in summer than in the fall (29 °C vs 25 °C) which results in less cellular content and in a greater synthesis of cell wall components⁽²²⁾. Crude protein content was low in both seasons, showing a 6.6 % average, concentration practically equal to the minimum requirements for pregnant beef cows. This low rate is due to plant development stage and to low N content in soils^(22,23). The positive correlation established between N fertilization and PC concentration in buffel grass^(24,25,26) leaves no doubt as to an association between N content in soils and CP concentration in buffel grass plants. Soils in which this experiment was established show N availability problems owing to low N content, high pH, high CO₂ concentration and continuous use for more than 40 years⁽¹³⁾. Nevertheless, significant differences ($P \leq 0.05$) were found between genotypes and clipping seasons in CP, INNDF and INADF contents. However, non available N (INADF) as a percentage of total N) was high, a 29.6 % average compared to other feeds (3 to 15 % of total N)⁽²²⁾.

Significant differences ($P \leq 0.05$) between genotypes were found in MSDT (estimated as MST x DM degradability) and CPDT (calculated as MST x CP x CP degradability), but were similar between clipping periods, line P14 produced double DMDT and CPDT than Nueces.

DM, CP and NDF *in situ* digestibility showed significant differences ($P \leq 0.05$) between genotypes and clippings (Table 2). However, differences ($P \leq 0.05$) for DMDE and NDFDE were more pronounced between clipping periods than for genotypes, showing the fall clipping more digestibility than that of summer. In the November clipping DM and NDF soluble fractions were greater ($P \leq 0.05$) than in August. The relative similarity between diverse genotype digestibility has been mentioned before⁽²⁷⁾. In the present study line P15 showed the higher MSDE, but was very similar to that of P11, P14 and Nueces. Cell walls

VALOR NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE ZACATE BUFFEL

Cuadro 2. Degradabilidad ruminal de la materia seca, fibra y proteína cruda de cinco líneas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L), en dos épocas del año en condiciones de temporal (%)*

Table 2. Dry matter, fiber and protein ruminal degradability in five buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L) lines and one hybrid, in two seasons under rainfed conditions (%)*

	Genotype					Season		Mean±SE	
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	Aug		Nov
DMED	50.3 ^{ab}	52.7 ^a	48.3 ^b	49.3 ^b	53.1 ^a	53.5 ^a	47.4 ^b	55.0 ^a	51.2±0.88
Sf	32.2 ^a	28.1 ^b	25.4 ^c	28.1 ^b	30.3 ^{ab}	30.3 ^{ab}	25.0 ^b	33.1 ^a	29.1±0.87
If	27.6 ^d	41.9 ^{ab}	35.7 ^{bc}	37.2 ^{abc}	35.3 ^c	42.2 ^a	37.5 ^a	35.8 ^a	36.6±1.34
Dr	5.3 ^a	3.9 ^{bc}	4.8 ^{ab}	4.4 ^{abc}	5.0 ^{ab}	3.6 ^c	4.3 ^a	4.6 ^a	4.5±0.22
CWED	50.7 ^a	50.9 ^a	43.7 ^b	47.3 ^{ab}	45.7 ^b	49.6 ^a	42.4 ^a	53.6 ^b	48.0±1.23
Sf	30.7 ^a	26.0 ^b	16.9 ^e	20.7 ^{cd}	19.5 ^{de}	24.0 ^{bc}	15.7 ^b	30.3 ^a	23.0±1.57
If	30.4 ^b	39.6 ^a	39.1 ^a	41.7 ^a	39.5 ^a	41.4 ^a	42.2 ^a	35.0 ^b	38.6±1.20
Dr	5.5 ^a	4.8 ^a	5.8 ^a	4.8 ^a	5.1 ^a	4.3 ^a	4.5 ^b	5.7 ^a	5.0±0.19
CPED	59.9 ^b	63.5 ^{ab}	58.2 ^b	58.6 ^b	67.7 ^a	59.7 ^b	60.5 ^a	62.1 ^a	61.3±1.11
Sf	44.2 ^a	42.6 ^a	38.1 ^a	39.6 ^a	51.4 ^a	37.9 ^a	42.7 ^a	42.0 ^a	42.3±1.52
If	24.5 ^b	34.6 ^a	30.8 ^{ab}	31.2 ^{ab}	25.8 ^b	38.4 ^a	29.6 ^b	32.2 ^a	30.9±1.29
Dr	5.0 ^a	4.2 ^a	5.0 ^a	4.7 ^a	5.1 ^a	3.7 ^a	4.3 ^b	5.0 ^a	4.6±0.20

DMED= Dry matter effective degradability; Sf= Soluble fraction; If= Insoluble fraction, potentially degradable; Dr= Degradability rate (% h⁻¹); CWED= Cell wall effective degradability; CPED= Crude protein effective degradability.

abod Values showing different literals within the same row are different (P≤0.05).

*Taking into account a 2 %/h replacement rate.

dejado establecida la asociación entre el nivel de Nitrógeno en el suelo y el contenido de PC en el pasto. Los suelos donde se localizó el experimento presentan problemas de disponibilidad de N, debido a su baja concentración, alto pH, alta concentración de carbonatos y uso continuo por más de 40 años(13). No obstante, se encontraron diferencias (P≤0.05) entre genotipos y épocas de corte en el contenido de PC, NIFDN y NIFDA. El híbrido Nueces presentó el contenido de PC más alto comparado con los zacates evaluados. Sin embargo el N no disponible (NIFDA, como porcentaje del N total) fue alto, con 29.6 % (promedio general) comparado con lo indicado para otros alimentos (3 a 15 % del N total)(22).

Se encontraron diferencias (P≤0.05) en la MSDT (calculada como la MST x degradabilidad de la MS) y PCDT (calculada como MST x PC x degradabilidad de la PC) entre zacates, pero fueron similares entre épocas de corte; la línea PI4 produjo el doble de MSDT y PCDT que el híbrido Nueces.

for all genotypes were 20.9 % more digestible in autumn than in summer. As nutrient digestibility differences are higher between seasons than between genotypes, this could indicate that nutritional quality is more climate than genotype dependent. A significant interaction between genotype and clipping season was found for DMDE and NFDDE, which seems to suggest that for these variables climate affects each genotype differently.

Forage nutritional quality is closely linked to maturity, and this is a cause for genotype, physiological state, age and climate interaction(22), in Northeast Mexico, rainfall has been said to be the most important variable for nutrient degradability in Common(7) and Nueces(8) buffel grass. Seasonal variations in Buffel Grass digestibility have been mentioned before for other localities(28). Given the climate in this experiment, DM and NFD degradability could have decreased in summer owing to high temperatures, as cell wall content increases and digestibility diminishes. On the other hand,

Las características de la digestibilidad *in situ* de la MS, PC y FDN fueron diferentes ($P \leq 0.05$) entre genotipos y entre cortes (Cuadro 2). Sin embargo, las diferencias ($P \leq 0.05$) en DEMS y DEFDN fueron más marcadas entre épocas de corte que entre genotipos, siendo el corte de otoño significativamente más digestible que el de verano. En el corte de noviembre la fracción soluble de la MS y FDN fue mayor ($P \leq 0.05$) que en agosto. La relativa similitud entre las digestibilidades de diferentes genotipos de pasto buffel ya ha sido mencionada con anterioridad⁽²⁷⁾. En este estudio la línea PI5 tuvo la DEMS más alta, pero fue similar a PI1, PI4 y al híbrido Nueces, mientras la línea PI1 tuvo mayor ($P \leq 0.05$) DEFDN, pero ésta fue similar a las líneas PI3 y PI5 y al híbrido Nueces. Las paredes celulares de todos los zacates fueron, en promedio, un 20.9 % más digestibles en otoño que en el verano. El hecho de que las diferencias en las digestibilidades de los nutrientes fueran más grandes entre épocas que entre pastos, pudiera indicar que la calidad nutritiva fue más dependiente del clima que del genotipo. Se encontró

climate had no effect on CPDE, as no differences between clipping seasons could be observed, but was positive for this factor in genotypes ($P \leq 0.05$).

Except for Fe and Na, mineral content showed differences ($P \leq 0.05$) between genotypes (Table 3). Except for Cu and Na, mineral content was higher in fall than in summer ($P \leq 0.05$). However, mineral content was lower than ruminants' requirements in both seasons owing to the causes already explained for N.

Assessment of mineral potential intake in a 400 kg cow with a 10.2 kg DM buffel grass daily intake⁽²⁴⁾ shows that only K, Fe, Co and Mo met its requirements. In the case of P, only 4 % of requirements were met. Phosphorous deficiency in this area has been mentioned before in other papers⁽¹⁰⁾ and results obtained in the present study reaffirm the necessity to supplement this mineral to be able to secure satisfactory production levels.

In conclusion greater differences in nutritional value were found between seasons, than between

Cuadro 3. Contenido de minerales en cinco líneas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en dos épocas del año en condiciones de temporal

Table 3. Mineral content in five buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) lines and one hybrid, in two seasons under rainfed conditions

	Genotype						Season		Mean±SE
	Nueces	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	Aug	Nov	
Ca*	0.39 ^a	0.38 ^b	0.38 ^b	0.38 ^b	0.38 ^b	0.37 ^c	0.38 ^a	0.37 ^b	0.38±0.002
P*	0.08 ^a	0.07 ^b	0.07 ^b	0.08 ^a	0.07 ^b	0.06 ^c	0.07 ^b	0.08 ^a	0.07±0.002
Na*	0.11 ^a	0.11 ^a	0.12 ^a	0.10 ^a	0.12 ^a	0.08 ^a	0.11 ^a	0.10 ^a	0.12±0.004
K*	21.29 ^a	19.54 ^b	13.15 ^d	15.27 ^c	18.12 ^b	15.45 ^c	18.51 ^a	15.77 ^b	17.14±0.59
Mg*	0.49 ^a	0.34 ^d	0.38 ^c	0.44 ^b	0.38 ^c	0.44 ^b	0.39 ^b	0.44 ^a	0.41±0.01
Cu**	2.17 ^a	1.80 ^{ab}	1.12 ^a	0.86 ^a	1.13 ^c	1.42 ^b	1.25 ^a	1.59 ^a	1.42±0.12
Fe**	92.27 ^a	92.75 ^a	71.46 ^a	86.68 ^a	72.00 ^a	76.45 ^a	55.27 ^b	108.6 ^a	81.94±6.05
Zn**	9.63 ^d	11.40 ^{cd}	15.39 ^{ab}	18.37 ^a	13.43 ^{bc}	10.38 ^{cd}	10.99 ^b	15.22 ^a	13.10±0.74
Mn**	27.62 ^b	28.18 ^{ab}	33.52 ^{ab}	32.84 ^{ab}	34.79 ^a	16.97 ^c	26.01 ^b	31.97 ^a	28.99±1.43
Co**	6.29 ^{ab}	6.35 ^{ab}	6.16 ^{ab}	6.50 ^a	6.10 ^{bc}	5.73 ^c	6.45 ^a	5.93 ^b	6.19±0.08
Mo**	1.37 ^a	1.05 ^{bc}	1.15 ^{abc}	1.24 ^{ab}	0.97 ^{cd}	0.76 ^d	0.92 ^b	1.26 ^a	1.09±0.05

* g/kg dry matter. ** mg/kg dry matter.

abcd Values showing different literals within the same row are different ($P \leq 0.05$).

una interacción significativa entre el genotipo y la época de corte para la DEMS y DEF DN, lo que parecería señalar que para estas variables las condiciones climáticas afectan diferencialmente a los genotipos.

La calidad nutricional de los forrajes está estrechamente ligada a su madurez, y ésta es una causa del efecto de la interacción del genotipo, estado fisiológico, edad y clima⁽²²⁾. En el noreste de México la precipitación pluvial ha sido publicada como la variable climática que mayor efecto presenta sobre la degradabilidad de los nutrientes en zacate buffel Común⁽⁷⁾ y buffel Nueces⁽⁸⁾. Variaciones estacionales de la digestibilidad del zacate buffel, también se han señalado con anterioridad para otras regiones⁽²⁸⁾. Dadas las condiciones climáticas en este experimento, se podría inferir que las mayores temperaturas del verano pudieron haber disminuido la degradabilidad de la MS y FDN, al aumentar el contenido de paredes celulares y disminuir su digestibilidad. Por otra parte, el clima no tuvo efecto sobre la DEPC, ya que no hubo diferencias entre épocas de corte, aunque sí entre genotipos ($P \leq 0.05$).

Con excepción de Fe y Na, el contenido de todos los minerales fue diferente ($P \leq 0.05$) entre genotipos (Cuadro 3). Con excepción del Na y Cu, todos los minerales evaluados fueron mayores en otoño que en verano ($P \leq 0.05$); sin embargo, para las necesidades de los rumiantes en pastoreo, el contenido de minerales fue bajo en todos los pastos en las dos épocas del año, por las razones similares a las ya señaladas para explicar los bajos contenidos de N.

El consumo potencial de los minerales evaluados por una vaca de 400 kg de peso vivo, consumiendo 10.2 kg diarios de materia seca de los pastos evaluados⁽²⁴⁾, muestra que sólo el K, Fe, Co y Mo fueron adecuados para satisfacer sus requerimientos. En el caso del P, en donde solamente se cubren, en promedio, el 4 % de los requerimientos de este mineral. Deficiencia de P en los forrajes de esta región ya ha sido mencionada en otros trabajos⁽¹⁰⁾ y los resultados de este estudio, muestran la necesidad de complementar este mineral y los otros

genotipos. On the contrary, DMDT and CPDT estimated values were similar between seasons, but different between genotypes. Nitrogen levels were consistently low in all genotypes and clipping seasons, most probably to the soil type in which this experiment was carried out. Besides, except for K, Fe, Co and Mo mineral content in all evaluated genotypes was below grazing ruminants' requirements. Greater differences were found for total nutrient production than for nutrient quality in the assessed genotypes. Line PI4, owing to its higher DM production and nutrient degradability, compared to the Nueces hybrid, could be considered as an excellent choice as forage for grazing cattle in Northeastern Mexico.

ACKNOWLEDGMENTS

This project couldn't have been possible without funding from SIRYES-CONACYT (project 2000-60-1006) and from the Fundación Produce Nuevo León, A.C.

End of english version

señalados, a bovinos en pastoreo, para obtener niveles satisfactorios de productividad.

En conclusión, las mayores diferencias en valor nutritivo se encontraron entre épocas de corte que entre genotipos. Por el contrario, los valores estimados de MSDT y PCDT fueron similares entre épocas, pero diferentes entre pastos. Los niveles de N fueron consistentemente bajos para todos los zacates y épocas de corte, probablemente como consecuencia del tipo de suelo donde se realizó el experimento. Además, con excepción del K, Fe, Co y Mo la mayoría de los minerales contenidos en todos los genotipos evaluados fueron bajos para satisfacer los requerimientos de los rumiantes en pastoreo. Se encontraron mayores diferencias entre la producción total de nutrientes que entre la calidad nutricional de los pastos evaluados. La línea PI4 por su mayor producción de materia seca y mayor

degradabilidad de los nutrientes, comparada con el híbrido Nueces, puede ser considerada como un excelente pasto para el ganado en pastoreo en el noreste de México.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el SIRYES-CONACYT (proyecto 2000-60-1006) y la Fundación Produce Nuevo León, A.C.

LITERATURA CITADA

- Hanselka CW. Grazing management strategies for buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceed Texas A&M Univer Res Exten Center. Weslaco, Texas, 1985:53-54.
- Alcalá GCH. Origen geográfico y distribución mundial. En: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patrocipes. Hermosillo, Sonora, Mex. 1995:9-14.
- Bashaw EC. Buffelgrass origins. In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceed Texas A&M Univer Res Exten Center. Weslaco, Texas, 1985:6-12.
- Hussey MA, Bashaw EC. Influence of clipping height on the yield and quality of winterhardy buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) germplasm. Forage Research in Texas. Texas A&M University System. USA. 1985; CPR-4731:37-38.
- Woodward WTW. Performance of buffelgrass cultivars for south Texas. Texas Agric Exp Sta. The Texas A&M University System. 1980:MP-1460
- Martín MH, Ibarra FA. Productividad y calidad forrajera. En: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patrocipes. Hermosillo, Sonora, Mex. 1995:31-40.
- Silva CMM de S, de Faria CMB. Seasonal variation in nutrient content and nutritive value of tropical forage plants. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 1995;30(3):413-420.
- Ramírez RG, Foroughbackhch R, Háuad LA, Alba-Avila J, García-Castillo CG. Seasonal dynamics of dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). J Appl Anim Res 2001;19:209-218.
- Ramírez RG, Foroughbackhch R, Háuad LA, Alba-Avila J, García-Castillo CG. Seasonal variation of *in situ* digestibility of dry matter, crude protein and cell wall of total plant, leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). J Appl Anim Res 2001;20:73-82.
- White LD, Wolfe D. Nutritional value of common buffelgrass. In: Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Proceed Texas A&M Univer Res Exten Center. Weslaco, Texas, 1985:13-24.
- Ramírez RG, Foroughbackhch R, González-Rodríguez PH, Háuad LA, Alba-Avila, J García-Castillo CG. Variación estacional del contenido mineral en la planta completa, hojas y tallos del zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 2000 [Recibido para publicación].
- García DGJ, Maldonado ALJ. Introducción y evaluación de líneas texanas de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en el centro de Nuevo León [resumen]. XIII Congreso sobre manejo de pastizales. Ags. México. 1998:46.
- INFAP. Memorias segunda reunión científica forestal y agropecuaria del estado de Nuevo León. Centro de Investigación Regional del Noreste, México. 1991:48-50
- AOAC. Official methods of analysis. 13th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists; 1975.
- Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis. USDA-ARS Agric Handbook 1970(379).
- Robertson JB, Van Soest PJ. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: The analysis of dietary fiber in food. Marcel Dekker, Inc; 1981:123-156.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 1991;74:3583.
- Oskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J Agric Sci 1979;92:499-503.
- McDonald I. A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. J Agric Sci Camb 1981;96:251-252.
- ARC. Agricultural Research Council. The nutrient requirement of ruminant livestock. Commonw Agri Bur. Farnham Royal, Eng. 1984(Suppl 1).
- Snedecor WG, Cochran WG. Statistical methods. 7th ed. Ames, Iowa. USA: The Iowa State University Press; 1980.
- Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca, New York, USA: Comstock Publishing Associates and Cornell University Press; 1994.
- NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised ed. Washington, DC USA: National Academy Press; 1996.
- Ramos SR, McDowell LR. Effect of four fertilization levels on *in vitro* organic matter digestibility, crude protein, and mineral concentration of buffelgrass hay in southern Puerto Rico. Soil Sci Plant Analysis 1994;25(3/4):293-299.
- Rai P. Effect of nitrogen on yield and quality of *Cenchrus ciliaris* x *Cenchrus setigerus* hybrid. Indian J Agron 1991;36(2):243-246.
- Witehead DC. Nutrient elements in grassland. CABI Publishing UK; 2000:113.
- Pachauri VC, Mahanta SK, Singh S. Feeding value of three improved varieties of anjan grass (*Cenchrus ciliaris*) in sheep. Indian J Anim Sci 1998;68(7):689-690.
- Shinde AK, Karim SA, Sankhyan SK, Bhatta R. Seasonal changes in biomass growth and quality and its utilization by sheep on semiarid *Cenchrus ciliaris* pasture of India. Small Rum Res 1998;30(1):29-35.



