

# Respuesta de seis gramíneas tropicales a la quema prescrita en la costa oeste de México

## Response of six tropical grasses to prescribed burning in the west coast of Mexico

José Francisco Villanueva Avalos<sup>a</sup>, Luis Fernando Negrete Ramos<sup>b</sup>, José Carlos Villalobos González<sup>a</sup>, Carlton M. Britton<sup>a</sup>

### RESUMEN

En Nayarit, México, durante tres años se evaluó el efecto del fuego sobre el rendimiento, calidad y altura de las gramíneas: *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa*, *Cenchrus ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *Cynodon plectostachyus* y *C. dactylon*. Los tratamientos evaluados consistieron en quema y no quema. Se usaron parcelas de 150 m<sup>2</sup>. Anualmente se quemó en mayo y junio, registrándose la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y humedad del suelo. Cada 15 días se colectaron muestras de forraje, desde el rebrote hasta la madurez. Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (LSD). La respuesta de los zacates al fuego varió entre especies. El uso del fuego incrementó ( $P < 0.05$ ) el rendimiento de forraje en *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume*. La calidad del forraje fue generalmente mejorada por el fuego en todas las especies. En *C. ciliaris*, la altura fue positivamente ( $P < 0.05$ ) influenciada por el fuego. En conclusión, aunque el fuego sólo incrementó el rendimiento en dos gramíneas, la calidad del forraje se incrementó en todas ellas; adicionalmente, el fuego es usado en áreas tropicales tanto para eliminar forraje viejo, como para controlar malezas y plagas. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para el manejo de praderas, así como para el establecimiento de programas de alimentación basados en estas especies forrajeras.

**PALABRAS CLAVE:** Zacates tropicales, Fuego, Quema prescrita, Producción forrajera, Valor nutritivo, Altura.

### ABSTRACT

A three year study was conducted in Nayarit, Mexico with the objective of evaluating the effect of fire on yield, forage quality, and height of six tropical grasses. *Panicum maximum* and *Hyparrhenia rufa* were studied at El Verdineño Experimental Station. *Cenchrus ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *Cynodon plectostachyus*, and *C. dactylon* were studied at El Macho Experimental Station. Treatments applied were prescribed burn and an unburned control. Two, 150-m<sup>2</sup> field plots were used per treatment during three consecutive years. Each year in late May and early June, experimental areas were burned and environmental conditions recorded including temperature, relative humidity, wind speed, and soil moisture. When regrowth initiated, grasses were sampled at 15-day intervals until maturation. Analysis of variance and mean separation (LSD) tests were conducted. The response of grasses to fire varied with species. Yield of *P. maximum*, *H. rufa*, *C. plectostachyus*, and *C. dactylon* were not improved ( $P > 0.05$ ) by fire. In contrast, *C. ciliaris* and *P. maximum* var. *Trichoglume* showed a positive response ( $P < 0.05$ ) to prescribed burning. Forage quality was improved by fire in all forage species. Height of *C. ciliaris* was positively ( $P < 0.05$ ) influenced by fire. Prescribed burning only increased yield in two grasses, but forage quality was improved for all species. Fire is ordinarily used in tropical areas to eliminate old growth, to maintain pastures free of weeds, and to reduce certain insect pests. In this case results obtained are of great value for pasture management and animal production implications.

**KEY WORDS:** Tropical grasses, Fire, Prescribed burning, Yield, Quality, Height.

La quema es una práctica antigua usada para manipular vegetación en tierras de pastoreo. En áreas tropicales el fuego se ha usado con el propósito

Burning is the oldest known practice used by man to manipulate vegetation on grazing lands for various purposes such as increase herbage yields and

Recibido el 24 de septiembre de 2007. Aceptado para su publicación el 29 de noviembre de 2007.

<sup>a</sup> Departamento de Manejo de Recursos Naturales, Universidad de Texas Tech. Box 42125, Lubbock, TX. USA. 79409. Tel y fax: 01 (806) 742-2841y 742-2280, C.VILLALOBOS@ttu.edu. Correspondencia al tercer autor.

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Unión Ganadera Regional de Jalisco.

de incrementar el rendimiento y utilización de los zacates, incrementar la disponibilidad de forraje y su calidad, control de especies indeseables<sup>(1)</sup>, así como para estimular la producción de semilla y rebrote de leguminosas nativas<sup>(2)</sup>.

Las praderas tropicales son manipuladas para mejorar el rendimiento y calidad del forraje disponible, usando prácticas como la fertilización, irrigación y quema, mismas que interrumpen los procesos naturales de las plantas<sup>(2)</sup>. La quema produce importantes cambios en la producción y demanda de carbohidratos, cambiando directamente los patrones de translocación<sup>(3)</sup>, crecimiento de la planta y calidad de forraje<sup>(4,5)</sup>.

Las diferencias morfológicas y fisiológicas entre las especies forrajeras afectan la cantidad y la calidad del forraje. Así, algunas especies introducidas sobreviven fuegos durante la estación seca, pero su rendimiento y cobertura decrecen después de la quema<sup>(6,7)</sup>. En contraste, otras como *Melinis minutiflora* incrementaron su cobertura<sup>(7)</sup> y se convirtió en un fuerte competidor después del fuego<sup>(7,8)</sup>. Una respuesta similar se observó en *Uriochloa decumbens*, cuyo rendimiento se incrementó 58 % después de la quema<sup>(2)</sup>. Algunas accesiones de *Cynodon dactylon* presentaron respuestas contrastantes y su productividad y cobertura disminuyeron o incrementaron después de quemas al inicio de la primavera<sup>(9,10)</sup>.

La estación del año es la clave para la quema prescrita. Generalmente, la quema en cualquier estación seguida por un año seco reduce la densidad y rendimiento del zacate<sup>(11)</sup>. Por ejemplo, una pradera de buffel quemada a finales del invierno produjo menos forraje en las áreas quemadas durante un año seco. Sin embargo, la producción de forraje fue mayor en áreas quemadas dos años después de una o segunda quema a finales del invierno<sup>(12)</sup>. En contraste, *Hyparrhenia rufa* presentó un incremento en biomasa y tamaño la siguiente estación de lluvia después del fuego<sup>(13)</sup>.

Los pastos tropicales tienen grandes tasas de crecimiento y pocas limitantes ambientales. Estas gramíneas usualmente crecen rápidamente,

utilization of coarse grasses, increase availability of forage and quality, control of undesirable range plants, and improve wildlife habitat<sup>(1)</sup>. In tropical areas fire has been used to destroy parasites, as firebreaks against wildfires, to stimulate plants to seed, and to encourage native legumes for forage<sup>(2)</sup>.

Tropical prairies are subjected to management practices to improve the quality and quantity of grass species. The most common practices are fertilization, irrigation, and burning, all of which disrupt natural plant cycles<sup>(2)</sup>. Burning changes light penetration, plant temperature, and transpiration. Their interactions produce important changes in carbohydrate supply and sink demands, changing directly the translocation pattern<sup>(3)</sup>, plant growth, and forage quality<sup>(4,5)</sup>.

Morphological and physiological differences between grass species affect both quantity and quality of forage. For example, exotic species for improved pastures can survive dry season fires, but their yield and cover the following season may be reduced<sup>(6,7)</sup>. On the other hand, cover of *Melinis minutiflora* increased progressively from 7 to 50, 62, and up to 79 % in unburned areas, recent burn, old burn, and twice burn treatments, respectively<sup>(7)</sup>. Following fire, *M. minutiflora* became a strong competitor and fire impacts may be more detrimental to native species<sup>(7,8)</sup>. A similar response was observed in *Uriochloa decumbens*, in which forage yield increased 58 % in burned areas compared with unburned areas<sup>(2)</sup>. In contrast, *Cynodon dactylon* productivity and cover have both decreased and increased after early spring fires, on postfire moisture conditions and nutrient levels<sup>(9,10)</sup>.

Timing is the key to prescribed burning. Generally, burning in any season followed by a dry year reduce grass density and yield<sup>(11)</sup>. For example, a buffelgrass stand burned in late winter produced less herbage, due to a dry year, on burned than on unburned areas. However, forage yield was greater in burned than on unburned areas two years following a single or a second late winter burn<sup>(12)</sup>. In contrast, *Hyparrhenia rufa* increased in mass and size the next raining season following fire<sup>(13)</sup>.

declinando en el contenido de proteína cruda y materia seca digestible a medida que maduran<sup>(14)</sup>. Estas altas tasas de crecimiento conducen a un rápido incremento en el contenido de pared celular y lignificación, reduciendo la digestibilidad del forraje<sup>(14,15)</sup>. Sin embargo, algunos componentes nutricionales (proteína, fósforo y digestibilidad) pueden incrementarse después de una quema<sup>(13,16)</sup>.

Numerosos estudios sobre la influencia de fuego sobre los aspectos fenológicos, productividad y calidad en gramíneas se han conducido en Norte América, Australia y Nueva Zelanda; contrariamente, este tipo de estudios es prácticamente inexistente en México a pesar de su facilidad y valiosa aplicabilidad para mejorar pastizales deteriorados. Actualmente, aunque existen algunos estudios aislados, no se ha realizado ningún intento formal para establecer grandes proyectos con quemas prescritas, a pesar de la necesidad de incluir el fuego en nuevos estudios en pastizales nativos y praderas inducidas para la producción del ganado.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del fuego en seis gramíneas tropicales en la costa oeste de México, en el cual se evaluaron los cambios en el rendimiento de forraje y calidad cada dos semanas durante tres años.

Este estudio se condujo durante tres años consecutivos en las Estaciones Experimentales El Verdineño – INIFAP (sitio 1) y El Macho – INIFAP (sitio 2) en Nayarit, México, en conjunto con el Departamento de Manejo de Recursos Naturales de la Universidad de Texas Tech en Lubbock, Texas. La localización y características de los sitios experimentales se muestran en el Cuadro 1<sup>(17)</sup>.

Para determinar el efecto de la quema prescrita sobre los pastos tropicales, se utilizaron seis praderas bien establecidas de las gramíneas en cuestión. Las especies utilizadas fueron guinea (*Panicum maximum*) y jaragua (*Hyparrhenia rufa*) en la Estación Experimental EL Verdineño; y buffel (*Cenchrus ciliaris*), green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*), ferrer bermuda (*Cynodon dactylon*) and estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) en la Estación Experimental El

Tropical grasses have higher growth rates and fewer environmental restraints. These grasses usually grow rapidly and decline in crude protein content and dry matter digestibility as they mature<sup>(14)</sup>. These high growth rates accelerate stem development and the maturation processes in plants, leading to an increase in tissue cell wall content and lignification decreasing in herbage dry matter digestibility<sup>(14,15)</sup>. With the use of fire, some nutritional components (protein, phosphorus, and digestibility) increase in burned grasslands compared with fire-protected grasslands<sup>(13,16)</sup>.

Numerous studies dealing with the influence of fire on plant phenology, productivity, and quality have been conducted in North America, Australia, and New Zealand; conversely, at the present time this study is practically non-existent in México, in spite of its easy and valuable applicability to improve deteriorated rangelands. Currently, although some isolated studies with fire have been carried out, no formal attempt has been made to establish major fire projects, in spite of the need for fire research in grasslands and cultivated pastures for livestock production.

The objective of this study was to determine the effect of fire on six tropical grass species on the west coast of Mexico where the parameters evaluated were biweekly changes in forage yield and forage quality during three years.

This study was conducted during three consecutive years in the Experimental Stations El Verdineño – INIFAP (site 1) and El Macho – INIFAP (site 2) in Nayarit, Mexico, in conjunction with the Natural Resources Department, Texas Tech University in Lubbock, Texas. Location and characteristics of the experimental sites are showed in Table 1<sup>(17)</sup>.

To determine the effect of prescribed burning on tropical grasses, well established pastures of six tropical grasses were used. Species that were evaluated were guinea (*Panicum maximum*) and jaragua (*Hyparrhenia rufa*) at El Verdineño Experimental Station; and buffel (*Cenchrus ciliaris*), green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*), ferrer bermuda (*Cynodon dactylon*), and african

Tabla 1. Localización y características de las Estaciones Experimentales en el estado de Nayarit, México<sup>(17)</sup>Table 1. Location and characteristics of the Experimental Stations in the State of Nayarit, Mexico<sup>(17)</sup>

Characteristic	El Verdineño	El Macho
Location:	105° 7' West longitude 22° 15' North latitude	105° 30' West longitude 22° 15' North latitude
Altitude:	50 - 75 m above sea level	8 m above sea level
Climate:	Subhumid AW <sub>0</sub> , AW <sub>1</sub> , and AW <sub>2</sub>	Subhumid AW <sub>0</sub> and AW <sub>1</sub>
Precipitation:	1200 mm from June to September	900 mm from June to September
Temperature:	24°, 365 frost-free days	26°, 365 frost-free days
Dry season:	7 - 8-months	8 - 9-months
Soils:	Humic acrisols. Acid soils of reddish-brown or light yellow color. Clay accumulations with rapid to slow internal drainage	Eutric cambisol, compact and low in nutrients. Slightly alkaline pH with slow internal drainage. Flat topography
Vegetation type:	Cultivated prairies seeded in a semi-evergreen seasonal forest	Cultivated prairies seeded in a semi-deciduous seasonal forest

Macho. Las quemadas fueron llevadas a cabo durante la primavera de tres años consecutivos (año 1, 2, 3).

El diseño en campo consistió en cuatro parcelas grandes (10 x 15 m), una por cada año y una parcela control para cada especie estudiada. Las parcelas fueron distribuidas aleatoriamente antes de la aplicación de los tratamientos. Dentro de cada parcela, se utilizaron dos repeticiones para evaluar la producción de forraje y altura. Adicionalmente, se colectaron muestras del rebrote para estimar proteína cruda y digestibilidad *in situ*. Las áreas experimentales se cercaron para prevenir el pastoreo del ganado. Un estimado de la cantidad de material combustible y su contenido de humedad se obtuvieron antes de la quema. Para esto, se cortaron cinco cuadrantes de 0.5 m<sup>2</sup> de cada especie. La humedad en el suelo se estimó de cinco muestras de suelo colectadas a 5 cm de profundidad. Las muestras de forraje se secaron en un horno de aire forzado a 35 a 45 °C hasta peso constante, después se pesaron nuevamente. La producción de forraje por cuadrante se determinó por el peso del forraje seco después de remover la humedad<sup>(18)</sup>.

La quema se realizó a finales de mayo y principios de junio siguiendo detallados procedimientos para

star (*Cynodon plectostachyus*) at El Macho Experimental Station. Prescribed burning was conducted during the spring of three consecutive years (year 1, 2, 3).

Field design consisted of four major plots (10 x 15 m), one for each year, and one control plot for each species studied. Plots were randomized before treatments were applied. Within each plot, two replications were used where forage yield and plant height were measured. In addition, samples of new growth were collected for crude protein and *in situ* digestibility. Experimental areas were fenced to prevent cattle grazing. An estimate of the amount of fine fuel and its moisture content were obtained just before burning, clipping five, 0.5-m<sup>2</sup> quadrats for each species. Soil moisture was estimated from five soil samples from the surface 5 cm. Collected forage samples were dried in a forced-air oven at 35 to 45 °C until they reached a constant weight, then weighed. Forage production per quadrat was determined by weighing dry forage after moisture removal<sup>(18)</sup>.

Burning was conducted in late May and early June following detailed procedures to prescribed burning in grasslands<sup>(19)</sup>. *H. rufa* and *P. maximum* were

RESPUESTA DE SEIS GRAMÍNEAS A LA QUEMA PRESCRITA

quemadas prescritas en pastizales<sup>(19)</sup>. *H. rufa* y *P. maximum* se quemaron en contra del viento debido a la abundancia de material combustible y altura para reducir los riesgos de escape del fuego. *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus* se quemaron a favor del viento debido a que el riesgo de escape del fuego fue mínimo. Los promedios de material combustible, así como los contenidos de humedad en material combustible y suelo antes de la quema en las seis especies durante los tres años de estudio se muestran en el Cuadro 2.

Las quemadas prescritas se realizaron cuando la humedad relativa fue alta, moderada temperatura del aire y el viento fue relativamente estable para reducir la probabilidad de escape del fuego<sup>(20)</sup>. Algunas condiciones medioambientales tales como temperatura del aire, humedad relativa, y velocidad del viento se registraron cada 5 min, antes y durante la quema. El promedio de esas condiciones medioambientales durante los tres años de estudio fue: temperatura del aire  $33.1 \pm 0.04$  °C, humedad relativa  $44.8 \pm 5.2$  % y velocidad del viento  $13.2 \pm 4.2$  km/h.

Puesto que no existen prescripciones específicas para realizar quemadas para este tipo de vegetación, se siguieron las prescripciones sugeridas para la

quemada con un incendio trasero debido a la abundancia de combustible fino y altura en orden de reducir los riesgos de escape del fuego. *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon*, and *C. plectostachyus* were burned using a headfire because the risk of fire escape was minimum. The estimated averages of fine fuel, fuel moisture and soil moisture content before burning for the six species during the three years of study are shown in Table 2.

Prescribed burns were conducted when relative humidity was high, air temperature was moderate, and wind was relatively steady to reduce the chance of fire escape<sup>(20)</sup>. Weather conditions such as air temperature, relative humidity, and wind velocity were recorded every five minutes, before and during each burn. The average of these weather conditions during the three years of study were: air temperature  $33.1 \pm 0.04$  °C, relative humidity  $44.8 \pm 5.2$  %, and wind velocity  $13.2 \pm 4.2$  km/h.

Since no burning prescriptions exist for this kind of vegetation, we followed those suggested for burning the tall grass prairie vegetation, where the primary goal is removal of excess litter which may be 3.37 to 4.50 t/ha; therefore, most burns should be conducted when relative humidity is 50 to 60%, minimizing any risk for potential firebrands<sup>(1,20)</sup>.

Tabla 2. Material combustible y contenido de humedad en el material combustible y suelo para las seis especies quemadas durante tres años en la costa oeste de México

Table 2. Fine fuel average, fuel moisture, and soil moisture content for the six species under prescribed burned during three years on the western coast of Mexico

Grass species	Fine fuel (kg/ha)	Fuel moisture (%)	Soil moisture (%)
Pa ma	8,170 ± 150	15.20 ± 3.92	11.33 ± 2.91
Pa ma-T	5,230 ± 119	24.07 ± 2.80	20.20 ± 2.35
Hy ru	6,102 ± 256	16.43 ± 0.91	16.53 ± 0.91
Ce ci	5,600 ± 182	27.60 ± 3.08	20.90 ± 2.36
Cy da	4,871 ± 67	15.90 ± 2.66	22.37 ± 3.76
Cy pl	5,821 ± 151	19.43 ± 2.91	23.53 ± 3.55
Average	7,159 ± 116	19.77 ± 5.04	19.14 ± 4.51

Pa ma= *Panicum maximum*; Pa ma-T= *P. maximum* var. *Trichoglume*; Hy ru= *Hyparrhenia rufa*; Ce ci= *Cenchrus ciliaris*; Cy da= *Cynodon dactylon*; Cy pl= *C. plectostachyus*.

quema de pastos altos, donde el principal objetivo es la remoción del exceso de material muerto, el cual puede ser de 3.37 a 4.50 t/ha; por consiguiente, la mayoría de las quemas deberán ser conducidas cuando la humedad relativa es 50 a 60 %, minimizando así el riesgo potencial de escape del fuego<sup>(1,20)</sup>.

Consecuentemente, para evaluar el efecto de la quema prescrita sobre las especies forrajeras, se utilizaron parcelas sin quema como control, en las cuales el forraje disponible fue eliminado mediante un pastoreo de alta intensidad durante tres días, al mismo tiempo en que las quemas prescritas fueron realizadas. En el año 1, el rendimiento de forraje en parcelas quemadas y sin quemar de todas las especies fue cortado a 3 cm de altura en dos cuadrantes de 0.5 m<sup>2</sup> en cada repetición durante la estación de latencia. En los años 2 y 3, el rendimiento de forraje se tomó en parcelas quemadas y sin quemar cada 15 días desde el crecimiento hasta la madurez.

La calidad del forraje se estimó en las muestras colectadas para determinar el rendimiento de forraje. Las muestras se molieron en un molino Wiley utilizando una malla de 0.05 mm y después almacenadas en contenedores de plástico hasta que se determinaron los análisis químicos de proteína cruda y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS). El contenido de proteína cruda y DISMS se realizaron siguiendo los procedimientos descritos para estimar el contenido nutricional en forrajes<sup>(21)</sup>. Para determinar el patrón de crecimiento para cada especie y tratamiento, se tomaron medidas de la altura durante el segundo y tercer años. Después del fuego, diez plantas se seleccionaron al azar, cinco por cada repetición fueron medidas dos veces al mes después de que el rebrote inició. Las plantas se midieron a la hoja más alta con una regla de 1 m y después con una regla topográfica graduada de 3.3 m cuando las plantas sobrepasaron 1 m de altura.

La información colectada se analizó usando el programa estadístico SAS-ANOVA por medio de un convencional diseño completamente al azar con un 95 % de confianza. La comparación de medias

Consecuentemente, to evaluate the effect of prescribed burning on forage species, unburned plots were used as a control plots in which available forage was removed using a high intensity grazing (3 d) at the same time than prescribed burns were done. In year 1, forage yield in burned and unburned plots of all species were clipped from two, 0.5 m<sup>2</sup> quadrats in each replication to a 3 cm stubble height during the dormant season. In years 2 and 3, yield measurements were taken in burned and unburned plots every 15 d when new growth was initiated and until plants matured.

Forage quality was estimated using the same forage samples to determine yield. Those samples were ground in a Wiley mill to pass a 0.05 mm mesh screen and then stored in plastic containers until crude protein and *in situ* dry matter digestibility (ISDMD) was determined. Crude protein and ISDMD were determined following described procedures to estimate nutritional value<sup>(21)</sup>. To determine pattern of growth for each species and treatment, height measurements were taken during the second and third years. Following fire, ten randomly selected plants, five per replication were measured twice a month after regrowth was initiated. Plants were initially measured to the tallest leaf with a 1.0-m ruler and then with a 3.3-m topographic graduated rod when plants surpassed a 1-m height.

The collected information was analyzed using SAS-ANOVA program system through a conventional completely randomized design at the 95 % confident level using Least Significant Difference test to compare treatment means<sup>(22)</sup>.

Recorded weather parameters for both study areas during four years are showed in Table 3. Precipitation for site 1 during the study time was 1,343 mm, 12 % higher than the long term average, except for year 1 which was 2 % below the long term average. Precipitation/evaporation ratio fluctuates from 1:1.22 to 1:1.61 among years; 79 % of this precipitation occurred in the rainy season. Minimum and maximum temperatures fluctuate from 19.4 to 32.6 °C among years.

At the site 2, which has a rainfall average of 900 mm, the precipitation received during these four

RESPUESTA DE SEIS GRAMÍNEAS A LA QUEMA PRESCRITA

Tabla 3. Condiciones medioambientales prevalentes de precipitación (mm), tasa de precipitación/evaporación y temperatura para ambos sitios durante el periodo de estudio

Table 3. Prevailing weather conditions of precipitation (mm), precipitation/evaporation ratio, and temperature for both study areas through the study period

	Precipitation (mm)	Ppt over average (%)	Precipitation/ Evap. ratio	Ppt in rainy season (%)	Temperature (°C)	
					Maximum	Minimum
Exp St. El Verdineno:						
Year 1	1180	-1.7	1:1.52	75	33.0	19.20
Year 2	1484	23.7	1:1.26	77	32.2	18.96
Year 3	1275	6.2	1:1.61	86	33.1	19.95
Year 4	1433	19.4	1:1.22	79	32.1	19.49
Average	1343	11.9	1:1.40	79.3	32.6	19.4
St. d.	140.44	11.72	0.19	4.79	0.52	0.43
Exp St. El Macho:						
Year 1	957	6.3	1:2.36	74	35.1	21.74
Year 2	1107	23.0	1:1.97	77	34.1	21.95
Year 3	949	5.0	1:2.18	89	35.3	22.86
Year 4	1103	22.5	1:1.94	83	34.3	22.49
Average	1029.0	14.2	1:2.11	80.8	34.7	22.3
St. d.	87.83	9.89	0.20	6.65	0.55	0.51

Ppt= precipitation; St.d.= Standard deviation.

se realizó mediante la prueba de mínima diferencia significativa<sup>(22)</sup>.

Los parámetros medioambientales registrados para ambas áreas de estudio durante cuatro años son mostrados en el Cuadro 3. La precipitación para el sitio 1 durante el tiempo de estudio fue 1,343 mm, 12 % más alto que el promedio a largo plazo, excepto para el año 1 el cual estuvo 2 % por debajo del promedio a largo plazo. La tasa de precipitación/evaporación fluctuó de 1:1.22 a 1:1.61 entre años; 79 % de esta precipitación ocurrió en la estación lluviosa. La temperatura mínima y máxima fluctuó de 19.4 a 32.6 °C entre años.

En el sitio 2, el cual tiene un promedio de lluvia de 900 mm, la precipitación recibida durante estos cuatro años fue 1,029 mm, 14 % más alto que el promedio a largo plazo. La tasa de precipitación/evaporación fluctuó de 1:1.94 a 1:2.36 entre años; más del 80 % de esta precipitación ocurrió en la estación de lluvia. Las temperaturas mínima y

years was 1,029 mm, 14 % higher to the long term average. Precipitation/evaporation ratio fluctuates from 1:1.94 to 1:2.36 among years; more than 80 % of this precipitation occurred in the rainy season. Recorded minimum and maximum temperatures fluctuate from 22.3 to 34.7 °C among years.

Precipitation in the study period at both locations was higher than the long term average, but recorded temperatures were normal for subhumid climates ( $AW_0$ ,  $AW_1$ , and  $AW_2$ ). Possibly, the slight increase in precipitation related with the long term average in both sites, in addition to a normal temperature for subhumid regions in Mexico, were the main cause because grass species showed slight variations in fire response between burned and unburned plots.

Total forage production per species, years, and treatments are presented in Table 4. For year 1, because of low number of observations, analysis of variance was not conducted. After one year of

máxima registradas fluctuaron de 22.3 a 34.7 °C entre años.

La precipitación en el periodo de estudio en ambos sitios fue más alto que el promedio a largo plazo, pero las temperaturas registradas fueron las normales para climas subhúmedos (AW<sub>0</sub>, AW<sub>1</sub>, and AW<sub>2</sub>). Posiblemente el ligero incremento en la precipitación relacionado con el promedio a largo plazo en ambos sitios, aunado a la temperatura normal para regiones subhúmedas en México, fueron la principal causa de la ligera variación en la respuesta de las gramíneas al fuego entre parcelas quemadas y sin quemar.

La producción total de forraje por especie, años y tratamientos se presentan en el Cuadro 4. Para el año 1, debido al bajo número de observaciones no se condujeron análisis de varianza. Después de un año de la quema, el fuego tuvo un efecto negativo en los zacates del sitio 1, donde el rendimiento decreció más del 23 % y casi el 9 % en *H. rufa* y *P. maximum*, respectivamente. En contraste, en el sitio 2, el fuego tuvo un efecto positivo en *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, y *C. dactylon*, incrementando el rendimiento de forraje en 18, 35, y 13 %, respectivamente, mientras que en *C. plectostachyus* el rendimiento decreció 23 %.

burning, fire had negative effect in site 1 grasses, decreasing yield more than 23 % and almost 9 % for *H. rufa* and *P. maximum*, respectively. In contrast, in site 2 fire had a positive effect in *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, and *C. dactylon*, increasing yields by 18, 35, and 13 %, respectively, whereas with *C. plectostachyus*, yield decreased 23 %. Fire response differences among grass species were highly related to precipitation amount between site 1 and site 2. Thus, although the average precipitation showed slight variations, it was very close to the long term average (-1.7 and 6.3 % for site 1 and site 2, respectively). However, rainfall distribution was different in both sites. Rain was null for site one during winter season, where forage species showed negative response to fire, whereas in site 2, precipitation amount and distribution follow a normal trend in which forages species showed a positive response to fire response.

During year 2 prescribed burning showed positive effects ( $P < 0.05$ ) on *C. ciliaris* in which forage yield increased in 18 % compared with unburned plots. No differences ( $P > 0.05$ ) were found in burned areas versus unburned areas on the other forage species. In year 3, *P. maximum* var. *Trichoglume* showed a significant ( $P < 0.05$ ) increase of 25 % in forage yield over the unburned plot.

Table 4. Efecto del fuego durante tres años en el rendimiento de forraje de seis gramíneas en la costa oeste de México (kg/ha)

Table 4. Fire effect during three years on yield from six grasses on the western coast of Mexico (kg/ha)

Grass species	Year 1*		Year 2		Year 3	
	Control	Burn	Control	Burn	Control	Burn
Pa ma	9,395	7,202	15,457 a	17,751 a	17,273 a	16,362 a
Pa ma-T	4,696	6,353	6,416 a	8,047 a	7,495 b	9,415 a
Hy ru	8,637	7,894	11,862 a	10,308 a	9,215 a	9,765 a
Ce ci	7,746	9,152	9,851 b	11,617 a	10,781 a	10,980 a
Cy da	8,414	9,501	9,482 a	8,483 a	10,780 a	10,525 a
Cy pl	7,746	6,019	8,325 a	8,530 a	10,465 a	10,528 a

*Pa ma*= *Panicum maximum*; *Pa ma-T*= *P. maximum* var. *Trichoglume*; *Hy ru*= *Hyparrhenia rufa*; *Ce ci*= *Cenchrus ciliaris*; *Cy da*= *Cynodon dactylon*; *Cy pl*= *C. plectostachyus*.

\* Because the low number of observations, analysis of variance was no conducted.

ab Means in the same row within years followed by different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).



Las diferencias en las respuestas al fuego estuvieron altamente relacionadas con la cantidad de precipitación entre el sitio 1 y sitio 2. Así, aunque la precipitación promedio mostró ligeras variaciones, éste fue muy cercano al promedio a largo plazo (-1.7 y 6.3 % para el sitio 1 y sitio 2, respectivamente). Sin embargo, la distribución de lluvias fue diferente en ambos sitios: fue nula en el sitio 1 durante la estación de invierno, en la cual las gramíneas mostraron una respuesta negativa al fuego, mientras que en el sitio 2, la cantidad de precipitación y la distribución siguió una tendencia normal, en la cual las gramíneas mostraron una respuesta positiva al fuego.

Durante el año 2, la quema prescrita presentó efectos positivos ( $P < 0.05$ ) sólo en *C. ciliaris* en el cual los rendimientos de forraje se incrementaron en un 18 % comparado con parcelas sin quemadas. En el año 3, *P. maximum* var. *Trichoglume* mostró un incremento significativo ( $P < 0.05$ ) de 25 % en el rendimiento de forraje comparada con la parcela no quemada. No se encontraron diferencias después de tres años de la quema en el resto de las gramíneas.

La altura de las plantas no fue medida durante el año 1, pero la información disponible para el año 2 y el año 3 se muestra en el Cuadro 5. Durante el año 2, un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) se observó en *C. ciliaris* en el cual las plantas fueron más altas en las parcelas quemadas. En contraste, las plantas de *H. rufa* que fueron quemadas, fueron significativamente ( $P < 0.05$ ) más cortas que en el control. No se encontraron diferencias para *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus*. Durante el año 3, *P. maximum* y *C. ciliaris* se comportaron de manera similar al año 2; por consiguiente, las plantas quemadas resultaron más altas. En el año 2, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la altura entre tratamientos para *H. rufa* y *C. ciliaris*, mientras que en el año 3 se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) para *P. maximum*, *C. ciliaris* y *C. dactylon*. *C. ciliaris* y *P. maximum* fueron más altos ( $P < 0.05$ ) en áreas quemadas comparadas con las parcelas control.

La respuesta de las gramíneas *P. maximum* y *H. rufa* varió entre años con una ligera tendencia

No differences ( $P > 0.05$ ) were found after three years of burning on the rest of forage species.

Plant height was not measured during year 1, but available data for year 2 and year 3 are showed in Table 5. During year 2, a significant effect ( $P < 0.05$ ) was found in *C. ciliaris* where plants were taller in burning plots than in unburned plots. In contrast, *H. rufa* plants that were burned were significantly ( $P < 0.05$ ) shorter than those in a control plots. No differences ( $P < 0.05$ ) were found for *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon*, and *C. plectostachyus*. During year 3, *P. maximum* and *C. ciliaris* behaved in the same manner as in year 2; thus, burned plants were taller. In year 2 differences ( $P < 0.05$ ) in height between treatments were found for *H. rufa* and *C. ciliaris*, whereas in year 3 differences ( $P < 0.05$ ) were found for *P. maximum*, *C. ciliaris*, and *C. dactylon*. *C. ciliaris* and *P. maximum* were taller ( $P < 0.05$ ) in burned plots than in control plots.

Tabla 5. Efecto del fuego en la altura de seis gramíneas en la costa oeste Mexico en el año 2 y 3 (cm)

Table 5. Fire effects on grass height of six species on the western coast of Mexico in Year 2 and Year 3 (cm)

Year	Grass species	Control	Burn
Year 2	Pa ma	220 <sup>a</sup>	232 <sup>a</sup>
	Pa ma-T	108 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
	Hy ru	175 <sup>a</sup>	145 <sup>b</sup>
	Ce ci	98 <sup>b</sup>	109 <sup>a</sup>
	Cy da	76 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>
	Cy pl	80 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>
	Pa ma	179 <sup>b</sup>	211 <sup>a</sup>
Year 3	Pa ma-T	107 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>
	Hy ru	139 <sup>a</sup>	138 <sup>a</sup>
	Ce ci	99 <sup>b</sup>	113 <sup>a</sup>
	Cy da	74 <sup>a</sup>	69 <sup>b</sup>
	Cy pl	74 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>

Pa ma= *Panicum maximum*; Pa ma-T= *P. maximum* var. *Trichoglume*; Hy ru= *Hyparrhenia rufa*; Ce ci= *Cenchrus ciliaris*; Cy da= *Cynodon dactylon*; Cy pl: *C. plectostachyus*.

ab Means in the same row followed by different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

negativa en rendimiento y altura de la planta. Estos resultados son diferentes a los reportados por otros autores<sup>(13,23)</sup>, los cuales concluyen que estas dos especies, así como también *Andropogon gayanus* fueron tolerantes a la quema. Las gramíneas *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume* respondieron positivamente al fuego en cuanto a rendimientos y altura de la planta. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con otros estudios<sup>(6,23)</sup> en los cuales se reporta que estas dos especies respondieron positivamente al fuego. Similares resultados fueron observados en *U. decumbens*<sup>(2)</sup>. Las gramíneas *C. dactylon* y *C. plectostachyus* forman densas praderas<sup>(24)</sup> que no fueron afectadas por el fuego tal como fue observado en cuatro cultivares de *C. dactylon*<sup>(25)</sup>. Sin embargo, el rendimiento y la altura de las plantas en este estudio fueron más altos que los reportados en otros estudios<sup>(23,24)</sup>. La altura en *C. plectostachyus* resultó similar a otros resultados reportados previamente<sup>(26)</sup>.

The response of *P. maximum* and *H. rufa* grasses varied among years with a slight negative trend in yield and plant height. These results are different to those reported by other authors<sup>(13,23)</sup>, where they concluded that these two species as well as *Andropogon gayanus* were tolerant to burning. *C. ciliaris* and *P. maximum* var. *Trichoglume* grasses respond positively to fire in yield and plant height. Our results agree with other studies<sup>(6,23)</sup> in which were reported that these two species respond positively after fire. Similar results were observed in *U. decumbens*<sup>(2)</sup>. *C. dactylon* and *C. plectostachyus* grasses, with stoloniferous stems, forms dense swards<sup>(24)</sup> and were not affected by fire as it was observed in four cultivars of *C. dactylon*<sup>(25)</sup>. However, yield and height of plants in this study were higher than those reported in other studies<sup>(23,24)</sup>. Height results for *C. plectostachyus* are similar to those reported previously<sup>(26)</sup>.

Tabla 6. Efecto del fuego en el contenido de proteína cruda de seis gramíneas durante dos estaciones de crecimiento en la costa oeste de México en los años 2 y 3 (%)

Table 6. Fire effect on crude protein content of six grasses during two growing seasons on the western coast of Mexico in Year 2 and Year 3 (%)

Grass species	Treatment	Growth stage				Average
		Vegetative	Flowering	Maturation	Dormancy	
Pa ma	Control	9.0	4.1	3.4	3.1	4.9
	Burning	8.9	3.7	3.2	2.7	4.6
Pa ma-T	Control	6.3	5.0	4.1	3.7	4.8
	Burning	7.8	6.1	4.9	4.1	5.7
Hy ru	Control	6.1	3.9	3.1	2.2	3.8
	Burning	7.0	4.1	2.8	2.0	4.0
Ce ci	Control	9.3	7.5	5.1	4.1	6.5
	Burning	9.5	8.0	6.3	4.6	7.1
Cy da	Control	7.3	5.9	4.9	4.3	5.6
	Burning	8.8	7.1	5.8	4.5	6.5
Cy pl	Control	6.6	5.2	4.0	3.6	4.8
	Burning	7.7	6.3	5.3	4.1	5.8

Pa ma= *Panicum maximum*; Pa ma-T= *P. maximum* var. *Trichoglume*; Hy ru= *Hyparrhenia rufa*; Ce ci= *Cenchrus ciliaris*; Cy da= *Cynodon dactylon*; Cy pl= *C. plectostachyus*.

Finalmente, la respuesta del fuego observada en este estudio con seis gramíneas tropicales corrobora que el efecto del fuego en el ciclo anual de crecimiento difiere entre zonas climáticas<sup>(8)</sup>. Así, para algunas especies, el fuego es benéfico<sup>(1,13,27)</sup>. Otras especies no son afectadas por el fuego<sup>(28,29)</sup>; mientras que en otras gramíneas el rendimiento de forraje decrece después de un fuego<sup>(30)</sup>.

La calidad del forraje fue calculada en las mismas muestras de forraje colectadas cada dos semanas en cada estado de crecimiento. Los promedios del contenido de proteína cruda para los años 2 y 3 para cada especie, estado de crecimiento y tratamiento se muestran en el Cuadro 6. No se realizaron análisis estadísticos, y sólo se observaron ligeras diferencias entre especies. Sin embargo, grandes diferencias entre años y dentro de especies se observaron, principalmente durante la etapa de crecimiento para *P. maximum*, *H. rufa*, *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume*. Obviamente, grandes diferencias se observaron durante los estados de desarrollo; y el cambio más drástico fue del crecimiento a la floración, con un ligero cambio entre floración y latencia. Todas las especies evaluadas mostraron una calidad alta de forraje durante el estado de crecimiento. El crecimiento activo de las gramíneas y la acumulación de forraje concuerdan con la estación de más alta precipitación<sup>(31)</sup>; su alto contenido de proteína y digestibilidad hacen de este estado fenológico el mejor periodo para la utilización por animales en pastoreo<sup>(14)</sup>.

Las parcelas control y quemadas mostraron valores similares (4.9 vs 4.6 %) de proteína cruda en *P. maximum*; en contraste, en *P. maximum* var. *Trichoglume*, *H. rufa*, *C. ciliaris*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus*, la quema incrementó el contenido de proteína cruda por 20, 4, 9, 17, and 20 %, respectivamente (Cuadro 6). Excepto para *P. maximum* y *H. rufa* durante la madurez y latencia, el fuego incrementó el contenido de proteína cruda durante todos los estados fenológicos en *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus* (Figura 1a).

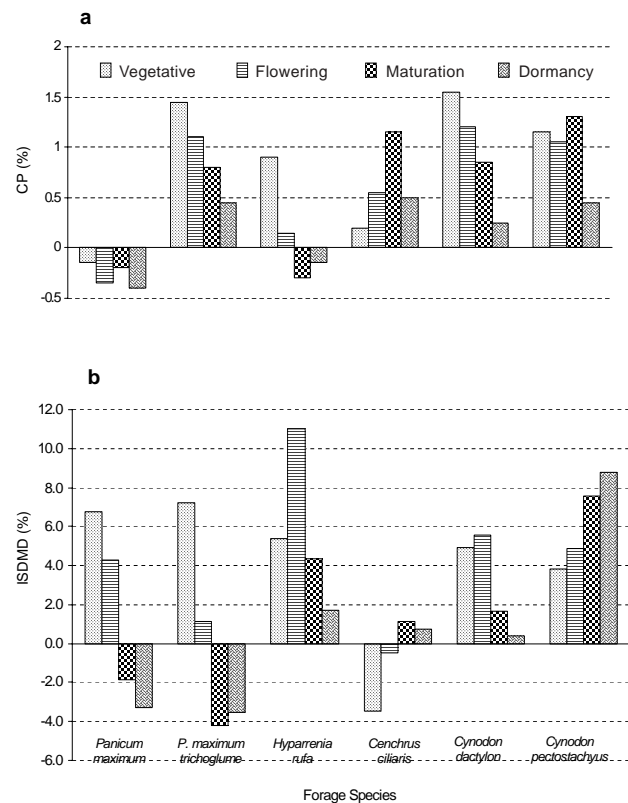
El Cuadro 7 muestra los cambios en la digestibilidad para cada especie entre tratamientos y años durante

Finally, the fire response observed in this study with the six tropical grass species corroborate that the effect of fire on the annual growth cycle of grasses differs among climatic zones<sup>(8)</sup>. For some species, fire is beneficial<sup>(1,13,27)</sup>. Other species are not fire-affected<sup>(28,29)</sup>; whereas, in others grasses yield decreases after fire<sup>(30)</sup>.

Forage quality was calculated from forage samples collected biweekly within every stage of growth. An average of crude protein content for years 2 and 3 for each species, growing stage, and treatment is showed in Table 6. No statistical analyses were

Figura 1. Efecto del fuego (% de cambio) en el contenido de proteína cruda y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) comparado con plants no quemadas de seis gramíneas en cuatro estados fenológicos

Figure 1. Fire effect (% change) on forage crude protein and *in situ* dry matter digestibility (ISDMD) compared to control plants for six grass species at four growing stages after fire



las diferentes etapas fenológicas. Los valores más altos de digestibilidad se observaron durante el inicio del crecimiento, para luego decrecer gradualmente y mostrar los valores más bajos en la latencia. No obstante que este patrón es bastante conocido, no existe información disponible para estas gramíneas en México, aunque algunos trabajos aislados con especies tropicales han sido previamente conducidos<sup>(14)</sup>. En *P. maximum*, *H. rufa*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus* el fuego incrementó la digestibilidad en 4, 12, 6, y 15 %, respectivamente cuando fueron comparados con el control, mientras que *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume* mostraron una digestibilidad similar en ambas áreas.

El efecto general de la quema sobre la digestibilidad en las seis gramíneas tropicales fue variable (Figura 1b). La misma tendencia se observó con proteína cruda (Figura 1a). Con pocas excepciones, el fuego

conducted. Therefore, slight differences within species were measured. However greater differences between years and within species are noticed, mainly during vegetative growth for *P. maximum*, *H. rufa*, *C. ciliaris*, and *P. maximum* var. *Trichoglume*. Obviously, the greatest differences were found across the developmental stages. The most drastic change was from growth to flowering, with a smaller change from flowering to dormancy. All evaluated species showed the highest forage quality during the vegetative growth. This primary period of grass growth and herbage accumulation occurs during times of greatest precipitation<sup>(31)</sup>, and their high crude protein content and digestibility values make this growing stage the best period for utilization by grazing animals<sup>(14)</sup>.

Grazed and burned plots showed similar values (4.9 vs 4.6 %) in crude protein in *P. maximum*; in contrast, in *P. maximum* var. *Trichoglume*, *H.*

Table 7. Efecto del fuego en la digestibilidad *in situ* de la materia seca de seis gramíneas durante dos estaciones de crecimiento en la costa oeste de México en los años 2 y 3 (%)

Table 7. Fire effect on *in situ* dry matter digestibility of six grasses during two growing seasons on the western coast of Mexico in Year 2 and Year 3 (%)

Grass Species	Treatment	Growth stage				Average
		Vegetative	Flowering	Maturation	Dormancy	
Pa ma	Control	49.9	36.6	33.4	30.9	37.7
	Burning	56.6	40.9	31.6	27.6	39.2
Pa ma-T	Control	57.5	54.1	49.8	44.1	51.4
	Burning	64.7	55.3	45.6	40.6	51.5
Hy ru	Control	58.8	49.6	45.3	38.5	48.0
	Burning	64.2	60.6	49.7	40.2	53.7
Ce ci	Control	64.7	53.4	44.5	41.3	51.0
	Burning	61.3	52.9	45.7	42.0	50.5
Cy da	Control	55.8	50.2	46.9	45.9	49.7
	Burning	60.7	55.7	48.6	46.3	52.8
Cy pl	Control	53.5	45.1	36.3	31.3	41.5
	Burning	57.4	49.9	43.8	40.1	47.8

Pa ma= *Panicum maximum*; Pa ma-T= *P. maximum* var. *Trichoglume*; Hy ru= *Hyparrhenia rufa*; Ce ci= *Cenchrus ciliaris*; Cy da= *Cynodon dactylon*; Cy pl= *C. plectostachyus*.

incrementó la digestibilidad en todas las especies forrajeras durante los diferentes estados de desarrollo, lo cual fue corroborado por los altos valores de proteína cruda observados en el forraje de las especies que fueron quemadas (Cuadro 6).

El contenido de proteína cruda y digestibilidad mostraron una tendencia normal para gramíneas, donde los valores más bajos se observaron en la madurez (Cuadros 6 y 7). Esta información concuerda con la obtenida en otros estudios<sup>(14,32)</sup>. También, la más alta digestibilidad observada en plantas maduras y quemadas de *H. rufa*, *C. ciliaris*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus* concuerda con otros estudios<sup>(13,16,29)</sup>; sin embargo, los valores de proteína cruda y digestibilidad fueron más bajos que los reportados inicialmente para plantas no quemadas<sup>(14,33)</sup>.

El fuego presentó un efecto positivo en el contenido de proteína cruda durante todos los estados de desarrollo (Figura 1a) en *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon* y *C. plectostachyus*; sin embargo, aunque se observó un efecto similar en los valores de digestibilidad para la misma especie, *C. ciliaris* (crecimiento y floración) y *P. maximum* var. *Trichoglume* (madurez y latencia) redujeron de 1 a 4 % la digestibilidad en áreas quemadas (Figura 1b). En general, el efecto positivo del fuego observado en la calidad del forraje para estas gramíneas tropicales fue de acuerdo a la observada por otros investigadores<sup>(16,19,29)</sup> y con los resultados obtenidos en un ecosistema de zacate toboso<sup>(34)</sup>. Algunos estudios han concluido que para algunas gramíneas tropicales, incluyendo *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume* y *Cynodon* spp, la digestibilidad difiere entre especies y variedades debido a cuestiones genéticas<sup>(23,25)</sup>.

En general, la quema prescrita tuvo un efecto positivo en el rendimiento de forraje en *C. ciliaris* y *P. maximum* var. *Trichoglume* y un mejoramiento en diferente grado en la calidad del forraje en todas las especies tropicales. El uso del fuego en estas especies cumple otros objetivos asociados con la eliminación del forraje viejo característico de gramíneas tropicales. El fuego es utilizado empíricamente en estas áreas para mantener las

*rufa*, *C. ciliaris*, *C. dactylon*, and *C. plectostachyus*, burning increased crude protein content by 20, 4, 9, 17, and 20 %, respectively (Table 6). Except for *P. maximum* and *H. rufa* during maturation and dormancy, fire increased crude protein content during all developmental stages in *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon* and *C. plectostachyus* (Figure 1a).

Table 7 shows digestibility changes for each species between treatments and years throughout their developmental stages. The highest values for digestibility were found in plants during early growing stage and then gradually decreased to lower values during dormancy. Although this pattern is well known, there are not information available for those grasses in Mexico, although some isolated studies with tropical species have been previously conducted<sup>(14)</sup>. In *P. maximum*, *H. rufa*, *C. dactylon*, and *C. plectostachyus*, fire increased digestibility values by 4, 12, 6, and 15 %, respectively when compared with the unburned treatment, whereas *C. ciliaris* and *P. maximum* var. *Trichoglume* showed similar digestibility values under both burned and unburned treatments.

The general effect of burning over digestibility in the six tropical grasses was variable (Figure 1b). The same trend was apparent with crude protein (Figure 1a). With few exceptions, fire increased digestibility in all forage species during the different growing stages, which was corroborated by the highest crude protein values observed in burned treatments in every grass species (Table 6).

Crude protein and digestibility showed a normal pattern in grasses, with the lowest values in mature (Tables 6 and 7). This information agree with other studies<sup>(14,32)</sup>. Also, the higher digestibility observed in mature burned plants such as *H. rufa*, *C. ciliaris*, *C. dactylon*, and *C. plectostachyus* agree with earlier researches<sup>(13,16,29)</sup>. Crude protein and digestibility values were lower than those reported formerly for unburned plants<sup>(14,33)</sup>.

Fire had a positive effect on crude protein content during all growing stages (Figure 1a) of *C. ciliaris*, *P. maximum* var. *Trichoglume*, *C. dactylon*, and

praderas libres de malezas y plagas. Sin embargo, se requiere más investigación para confirmar estos resultados y refinar esta práctica en áreas tropicales. Estos resultados son de gran valor para el manejo óptimo de las praderas y manejo nutricional del ganado en pastoreo.

## LITERATURA CITADA

1. Wright HA, Bailey AW. Fire ecology. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc; 1982.
2. Gil JL, Medina MJ. Efecto de dos épocas de quema sobre la dinámica poblacional de una pastura de *Urochloa decumbens* Stapf. *Zootecnia Tropical* 2001;19(3):407-422.
3. Trlica MJ. Distribution and utilization of carbohydrates reserves in range plants. In: Sosebee RE editor. Rangeland plant physiology. Soc Range Manage. Denver, Co: Range Sci Series; 1977;(4):73-96.
4. Briske DD, Richards JH. Physiological responses of the individual plants to grazing: Current status and ecological significance. In: Vavra M, Laycock WA, Pieper RD editors. Ecological implications of livestock herbivory in the west. 1<sup>st</sup> ed. Soc Range Manage. Denver, Co; 1994:147-176.
5. Briske DD, Richards JH. Plants responses to defoliation: A physiologic, morphologic, and demographic evaluation. In: Bedunah DJ, Sosebee RE editors. Wildland Plants: Physiology ecology and developmental morphology. Soc Range Manage. Denver, Co; 1995:635-710.
6. Mott JJ. Fire in improved pastures of Northern Australia. *Trop Grassland* 1982;16(3):97-100.
7. Hughes F, Vitousek PM, Tunison T. Alien grass invasion and fire in the Seasonal Submontane Zone of Hawaii. *Ecology* 1991;72(2):743-747.
8. D'Antonio CM, Tunison JT, Loh RK. 2000. Variation in the impact of exotic grasses on native plant composition in relation to fire across an elevation gradient in Hawaii. *Austral Ecology* 2000;25(5):507-522.
9. Carey JH. *Cynodon dactylon*. In: Fire Effects Information System. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Res Sta, Fire Sciences Lab. 1995:1-18. [on line] <http://www.fs.fed.us/database/feis>. Accessed Aug 25, 2006.
10. Grace JB, Smith MD, Grace SL, Collins SL, Stohlgren. Interactions between fire and invasive plants in temperate grasslands of North America. In: Galley KEM, Wilson TP editors. Proceed Invasive Species. Workshop: The Role of Fire in the Control of Invasive Species. Fire Conference 2000: First Nat. Cong. on Fire Ecology, Prevention, and Manage. Miscellaneous Publication No. 11. Tall Timbers Res Sta, Tallahassee, FL. 2001:40-65.
11. Steuter AA, Wright HA. Spring burning effects on redberry juniper mixed grass habitats. *J Range Manage* 1983;36:161-1464.
12. Hamilton WT, Scifres CJ. Prescribed burning during winter for maintenance of buffel grass. *J Range Manage* 1982;35:9-12.
13. Baruch Z, Bilbao B. Effects of fire and defoliation on the life history of native and invader C<sub>4</sub> grasses in Neotropical savanna. *Oecologia* 2004;119(4):510-520.
14. Villanueva AJF, Mena HL, Herrera IR, Negrete RLF. Contenido y fluctuación nutricional de cinco gramíneas en trópico seco de acuerdo a su fenología. *Rev Manejo de Pastizales* 1989;2(2): 21-25.
15. Mitchell RB. Developmental morphology and forage quality relationships in perennial forage grasses [Doctoral thesis]. Lincoln: Univ of Nebraska; 1995.
16. Everitt JH, Mayeux HS. Nutritive contents of two grasses and one browse species following rangeland burning in South Texas. *Southwestern Nat.* 1983;28(2):242-244.
17. SPP. Síntesis Geográfica de Nayarit. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. 1981.
18. Rivera M. Métodos de corte para estimar producción de forraje. In: Manual de métodos de muestreo de vegetación. Serie Técnico

Overall, prescribed burning had a positive effect on forage yield in *C. ciliaris* and *P. maximum* var. Trichoglume and improved forage quality in different degree in all tropical species. The use of fire in these species may accomplish other objectives, such as eliminating old decadent standing material characteristic of tropical grasses. Some empirical burning is done in these areas, to maintain pastures free from weeds and pests. However, more research is required to confirm these results and to refine this practice in tropical areas. These results are of great value from the pasture management and animal nutrition standpoint.

*End of english version*

## RESPUESTA DE SEIS GRAMÍNEAS A LA QUEMA PRESCRITA

- Científica. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias-SARH. 1980(1):1.
19. McPherson GR, Rasmussen GA, Wright HA, Britton CM. Getting started in prescribed burning. Range and Wildlife Management. Management note 9. Texas Tech University; 1986.
  20. Britton CM, Wright HA. Correlation of weather variables to mesquite damage by fire. J Range Manage 1971;24:136-141.
  21. Tejada I. Manual of laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Invest. y Exp. Pecuaria en México, AC. Mexico, DF. INIP-SARH; 1983.
  22. Steel RG, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill, Inc; 1980.
  23. Crowder LV, Chheda HR. Tropical grassland husbandry. New York, USA: Longman, Inc; 1982.
  24. Whiteman PC. Tropical pasture science. New York, USA: Oxford Univ Press; 1980.
  25. Pinkerton BW, Rice BW. Differential response of Bermudagrass cultivars to headfires and backfires. J Production Agric 1992;5(4):562-565.
  26. Bogdan AN. Tropical pasture and fodder lants. New York, USA: Longman, Inc; 1977.
  27. Britton CM, Steuter AA. Production and nutritional attributes of tobosagrass following burning. The Southwestern Nat 1983;28(3):347-252.
  28. Anderson KL, Smith EF, Ownsby CE. Burning bluestem range. J Range Manage 1970;23:81-91.
  29. Ash AJ, McIvor JG, Mott JJ, Andrew MH. Building grass castles: Integrating ecology and management of Australia's tropical tallgrass rangelands. The Rangeland J 1997;19(2):123-144.
  30. Tothill JC. A review of fire in the management of native pastures with particular references to Northeast Australia. Trop Grassl 1971;5:1-15.
  31. Menske LL. Grass growth in height. In: Biologically effective management of grazinglands. Dickinson Res Ext Center. Dickinson, North Dakota. 2003:40-43. [on line]: <http://www.chaps2000.com/bin/ch2r3.pdf>. Accessed Aug 14, 2006.
  32. Sanderson MA, Wedin WF. Phenological stage and herbage quality relationships in temperate grasses and legumes. Agron J 1989;81:864-869.
  33. Thomas D. Evaluation of cultivars of *Panicum* on the Lilonge Plain, Malawi. Trop Agric 1976;53(3):225-230.
  34. Britton CM, Wright, Dahl BE, Ueckert DN. Management of tobosagrass rangeland with prescribed fire. Management note no. 12. Lubbock, Tx. Texas Tech Univ. 1987.

