

PATRÓN DE CRECIMIENTO ESTACIONAL DE PASTOS NATIVOS, EN UN BOSQUE DE ENCINO, EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

SEASONAL GROWTH CURVE OF NATIVE GRASSES IN AN OAK FOREST, IN THE STATE OF MÉXICO, MÉXICO

Álvaro Bernal-Flores¹, Alfonso Hernández-Garay¹, Jorge Pérez-Pérez¹, José G. Herrera-Haro¹, Mario Martínez-Menes² y José L. Dávalos-Flores³

¹Ganadería, ²Hidrociencias. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (bernal01@colpos.mx). ³Secretario de Producción Animal de la FMVZ-UNAM, Ciudad Universitaria, México.

RESUMEN

El conocimiento de los cambios en la producción de forraje de pastos nativos en áreas forestales durante la estación de crecimiento, es una herramienta útil para un mejor aprovechamiento de los pastizales. El objetivo de este estudio fue determinar la curva de acumulación de forraje, tasa de crecimiento promedio y proteína total a diferentes edades de rebrote en pastos nativos, en tres áreas con diferentes densidades de árboles y arbustos: alta en árboles y alta en arbustos (AA+Aa), intermedia en árboles y baja en arbustos (IA+Ba), y baja en árboles e intermedia en arbustos (BA+Ia), en el Estado de México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En 2001 y 2002 *Brachypodium mexicanum* presentó la mayor masa de forraje y tasa de crecimiento promedio en el área AA+Aa, mientras que para el área BA+Ia las registraron *Muhlenbergia rigida* y *Piptochaetium fimbriatum*. El mayor contenido de proteína total se encontró en *P. fimbriatum* a los 20 d de rebrote.

Palabras clave: *Brachypodium mexicanum*, *Muhlenbergia rigida*, *Piptochaetium fimbriatum*, análisis de crecimiento, masa de forraje, pastizales.

INTRODUCCIÓN

Los pastos nativos en áreas forestales son una fuente de alimento para el desarrollo y sostenimiento de la ganadería (Frost *et al.*, 1990; Sluyter, 2001). Su producción depende del potencial genético de la planta y de factores ambientales (Gilbert *et al.*, 1979).

La determinación de la curva de crecimiento de las plantas forrajeras calculada a partir del análisis de crecimiento vegetal (Evans, 1972; Hunt, 1990), es una herramienta útil en la planificación y toma de decisiones para el manejo de pastizales (Gilbert *et al.*, 1979; Gillen y McNew, 1987). La curva de crecimiento estacional de las gramíneas en un pastizal nativo permite determinar la frecuencia con la cual se podría aprovechar el forraje

ABSTRACT

Knowledge of the herbage production of native grasses, in forest areas during the growing season, is a useful tool for improving the utilization of grasslands. The aim of this investigation was to determine the curve of herbage accumulation, average growth rate and crude protein of native grasses at different regrowth age, in three areas with different tree and shrub densities: high in trees and high in shrubs (HT+Hs), intermediate in trees and low in shrubs (IT+Ls) and low in trees and intermediate in shrubs (LT+Is), in the State of México. A randomized complete blocks design with four replicates was used. In 2001 and 2002, *Brachypodium mexicanum* recorded the highest herbage mass and average growth rate in the area HT+Hs, whereas *Muhlenbergia rigida* and *Piptochaetium fimbriatum* obtained it in area LT+Is. The highest crude protein was recorded in *P. fimbriatum* at 20 d of regrowth.

Key words: *Brachypodium mexicanum*, *Muhlenbergia rigida*, *Piptochaetium fimbriatum*, growth analysis, herbage mass, rangelands.

INTRODUCTION

The native grasses in forest areas are a food source for the development and sustenance of livestock (Frost *et al.*, 1990; Sluyter, 2001). Its production depends on the genetic potential of the plant and environmental factors (Gilbert *et al.*, 1979).

The determination of the growth curve of the herbage plants calculated from the analysis of plant growth (Evans, 1972; Hunt, 1990), is a useful tool in the planning and decision making for the management of grasslands (Gilbert *et al.*, 1979; Gillen and McNew, 1987). The seasonal growth curve of the grasses in a native rangeland makes it possible to determine the frequency with which the herbage of the rangeland could be utilized, and is a function of the balance between the growth rate and the tissue loss from senescence of the desired species (Hodgson, 1990). Studies of foliar growth in grasses and legumes of temperate zones (Velasco-Zebadúa *et al.*, 2001 and 2002; Villegas *et al.*, 2004), have demonstrated that it is important to know the velocity of regrowth

Recibido: Marzo, 2004. Aprobado: Septiembre, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 40: 39-47. 2006.

del pastizal, y es función del balance entre la tasa de crecimiento y la pérdida de tejido por senescencia de las especies deseadas (Hodgson, 1990). Estudios de crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas de zonas templadas (Velasco-Zebadúa *et al.*, 2001 y 2002; Villegas *et al.*, 2004), han demostrado que es importante conocer la velocidad de rebrote entre defoliaciones sucesivas, para determinar el estado fisiológico óptimo de cosecha y entender el efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha sobre el rendimiento y persistencia de los pastos. Ese conocimiento permite un manejo más eficiente de la producción animal por hectárea. Sin embargo, en pastos nativos, a pesar de su importancia nacional, la información disponible en relación con su manejo estacional óptimo es escasa; por tanto, se requiere generar información para las regiones de México. El objetivo de este estudio fue determinar la curva de acumulación de forraje de las principales especies de gramíneas nativas presentes en un bosque de encino (*Quercus* spp.) con diferentes densidades de árboles y arbustos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el Municipio de Chapa de Mota, Estado de México, durante la época de lluvias de 2001 y 2002. El clima es templado sub-húmedo [$Cw_2(w)b(i')$] con lluvias en verano, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (1987); la precipitación media anual es 1000 ± 100 mm y la temperatura media anual es 14 ± 2 °C. El suelo es vertisol pélico y feozem háplico (INEGI, 1981).

Registros climáticos

Los registros de temperatura y precipitación (Figura 1) se obtuvieron con un pluviómetro y un termómetro de máxima y mínima, situados a 3 km de distancia de las unidades experimentales.

El estudio se realizó en un bosque de clima templado donde la especie predominante era el encino (*Quercus* spp.). El sitio ha sido pastoreado rotacionalmente por un hato de bovinos, ovinos, equinos y cerdos, usando un cerco eléctrico móvil durante cuatro años.

Con base en los estudios realizados por Bernal (1999)⁴, el experimento se efectuó en tres áreas con diferentes densidades de árboles y arbustos: alta en árboles+alta en arbustos (AA+Aa), intermedia en árboles+baja en arbustos (IA+Ba), y baja en árboles+intermedia en arbustos (BA+Ia) (Cuadro 1). Antes del estudio se tomaron 20 muestras en cada área, utilizando un muestreo estratificado (Cuadro 1).

De acuerdo con la dominancia particular, las especies de gramíneas evaluadas en cada zona fueron: *Brachypodium mexicanum* (R. & S.) Link var. *mexicanum* (Bromo falso), y *Piptochaetium fimbriatum* (H.B.K.) Hitchc. (Zacate piñonero), para las áreas AA+Aa y IA+Ba;

between successive defoliations, in order to determine the optimum physiological harvest state and to understand the effect of the frequency and intensity of harvest on the yield and persistence of the grasses. This knowledge allows a more efficient management of animal production per hectare. However, in native grasses, despite their national importance, the information that is available with respect to their optimum seasonal management is scarce, thus it is necessary to generate information for the different regions of México. The objective of this study was to determine the accumulation curve of herbage of the principal species of native grasses present in an evergreen oak forest (*Quercus* spp.) with different densities of trees and shrubs.

MATERIALS AND METHODS

Area of study

The study was carried out in the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), in the municipality of Chapa de Mota, State of México, during the rainy season of 2001 and 2002. The climate is sub-humid temperate [$Cw_2(w)b(i')$] with rains in summer, according to the Köppen classification, modified by García (1987); the mean annual precipitation is 1000 ± 100 mm and the mean annual temperature is 14 ± 2 °C. The soil is pellic vertisol and haplic feozem (INEGI, 1981).

Climatic records

The temperature and precipitation records (Figure 1) were obtained with a pluviometer and a maximum and minimum thermometer, placed at 3 km distance from the experimental units.

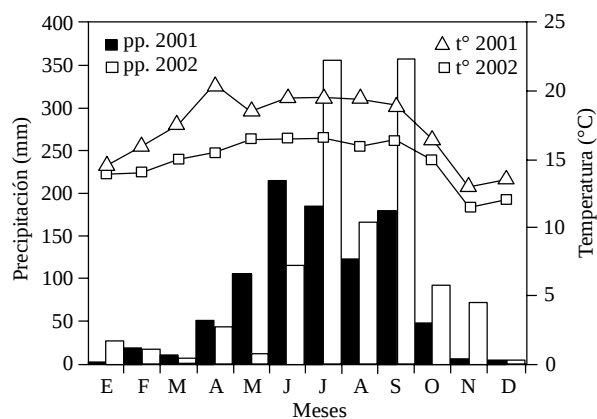


Figura 1. Promedios mensuales de temperatura (t°) y precipitación (pp), durante 2001 y 2002, en Chapa de Mota, Estado de México.

Figure 1. Monthly averages of temperature (t°) and precipitation (pp), during 2001 and 2002, in Chapa de Mota, State of México.

B. mexicanum, *P. fimbriatum* y *Muhlenbergia rigida* (Kunth) Trin para el área BA+Ia (Cuadro 2).

Se utilizaron 60 parcelas (5×3) m en cada área, distribuidas en un diseño de bloques completa al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones. Los bloques se establecieron con base en la pendiente del terreno. Los tratamientos consistieron en cortes sucesivos a intervalos de 7 d durante un ciclo de rebrote de 15 semanas. Al inicio del experimento, en cada área se efectuó un corte de uniformización a 5 cm de altura; enseguida se cortaron, a ras de suelo, cinco cuadros de 1.0 m² seleccionados aleatoriamente para calcular el forraje residual; posteriormente, en todas las áreas se cosecharon cada semana cuatro parcelas diferentes.

Variables evaluadas

Acumulación de forraje, composición florística y morfológica

En las tres áreas, a partir del 20 de mayo de 2001 y 11 de junio de 2002, se realizaron cortes semanales a ras de suelo en 1.0 m² por repetición. El forraje cosechado se pesó en verde y se tomó una submuestra, aproximadamente 50% del total, la cual se pesó, lavó y separó en hojas, tallos (incluyendo vainas e inflorescencias) y material muerto de las especies presentes. Se secó a 80 °C por 24 h y se pesó para calcular la cantidad promedio de materia seca (MS) por ha de cada especie y componente morfológico. Los incrementos semanales en biomasa aérea se obtuvieron restando la correspondiente biomasa residual del corte de uniformización.

Tasa de crecimiento promedio (TC)

Se calculó con los datos de biomasa aérea de cada especie (hojas, tallos, material muerto e inflorescencias), en las diferentes edades de rebrote conforme al procedimiento propuesto por Hunt (1990) y Chapman y Lemaire (1993). La tasa de crecimiento promedio se obtuvo restando a la masa de forraje presente en cada semana, la masa de forraje residual del corte de uniformización, y dividiendo el resultado entre el número de días transcurridos entre el corte de uniformización y la semana de muestreo. Las tasas de crecimiento se ajustaron con el método Quasi-Newton del programa Statistica versión 6.0.

Cuadro 2. Composición florística de las áreas de estudio.

Table 2. Floristic composition of the areas of study.

Año	Área	<i>M. rigida</i> (%)	<i>B. mexicanum</i> (%)	<i>P. fibratum</i> (%)	HHA* (%)	Otros pastos (%)
2001	AA+Aa	0.0	81.5	12.1	4.6	1.8
	IA+Ba	0.0	79.1	11.0	8.5	1.4
	Ba+Ia	34.4	27.7	24.8	11.7	1.3
2002	AA+Aa	0.0	82.9	7.3	5.1	4.6
	IA+Ba	0.0	70.1	15.3	13.3	1.2
	Ba+Ia	28.8	15.4	37.0	15.0	3.7

HHA=hierbas de hoja ancha.

⁴ Bernal, F. A. 1999. Evaluación de pastos y arbustos en un bosque de encino bajo un pastoreo rotacional en franjas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 76 p.

Cuadro 1. Densidad de árboles y arbustos, en cada área de estudio, en un bosque de encino.

Table 1. Density of trees and shrubs, in each area of study, in an evergreen oak forest.

Área y descripción	Densidad (individuos ha ⁻¹)		
	Árboles	Arbustos	Total
Alta en árboles, alta en arbustos (AA+Aa)	1535	6785	8316
Intermedia en árboles, baja en arbustos (IA+Ba)	1245	1875	3120
Baja en árboles, intermedia en arbustos (BA+Ia)	850	2625	3475

The study was carried out in a forest with a temperate climate where the dominant species was evergreen oak (*Quercus* spp.). The site has been rotationally grazed by a herd of cattle, sheep, horses and pigs, using a mobile electrified fence during four years.

Based on the studies carried out by Bernal (1999)⁴, the experiment was performed in three areas with different densities of trees and shrubs: high in trees+high in shrubs (HT+Hs), intermediate in trees+low in shrubs (IT+Ls), and low in trees+intermediate in shrubs (LT+Is) (Table 1). Prior to the study, 20 samples were taken from each area, using a stratified sampling (Table 1).

According to the particular dominance, the grass species evaluated in each zone were: *Brachypodium mexicanum* (R. & S.) Link var. *mexicanum* (false Bromo) and *Piptochaetium fimbriatum* (H.B.K.) Hitchc. (Pine nut grass), for the areas HT+Hs and IT+Ls; *B. mexicanum*, *P. fimbriatum* and *Muhlenbergia rigida* (Kunth) Trin for the area LT+Is (Table 2).

The experimental units consisted of 60 plots (5×3 m) in each area, distributed in a design of completely randomized blocks with 15 treatments and four replicates. The blocks were established according to the slope of the terrain. The treatments consisted of successive clippings at 7 d intervals, during a 15 week cycle of regrowth. At the start of the experiment, a uniform clipping of 5 cm height was made in each area; then five squares measuring 1.0 m²

Proteína total (PT)

Durante 2002, a partir del día 20 de rebrote, cada 15 d se tomó una sub-muestra del forraje cosechado. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. El contenido de PT se analizó con el método Kjeldahl (Flores, 1990).

Análisis de datos

Los datos de masa de forraje y masa de hojas se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 1999), como un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas en el tiempo, donde la parcela mayor fue la especie y la menor la edad de rebrote. La tasa de crecimiento se analizó de acuerdo con el mismo diseño, con medidas repetidas en el tiempo, siendo la parcela grande las diferentes densidades de árboles y la parcela menor la edad de rebrote de las gramíneas en cada una de ellas. El contenido de PT se analizó, para cada edad de rebrote, como un diseño de bloques al azar. Se efectuó la comparación de medias de mínimos cuadrados (LS MEANS), utilizando la opción $\text{adjust}=\text{Tukey}$ del mismo procedimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios estacionales de masa de forraje total

De acuerdo con los registros promedio de precipitación y temperatura para 2001 y 2002 (Figura 1), en el primer año la precipitación total fue 943 mm y 1263 mm en el segundo. En las Figuras 2 a 4 se presentan los cambios semanales en masa de forraje de las áreas de estudio. La masa de forraje total por especie y componente morfológico aumentó con la edad de rebrote, hasta llegar a un valor máximo, el cual varió dependiendo del área, año y especies presentes (Figuras 2 a 4). En el área AA+Aa esto se observó a partir de la semana 9 y se mantuvo por dos semanas más sin reducción, para el primer año. De la semana 12 a la 15 se registró una disminución paulatina (Figura 2). En el segundo año, el área AA+Aa mostró un aumento en masa de forraje, lento durante las primeras nueve semanas; de la semana 10 a 13 se observó un incremento acelerado, declinando en las dos últimas semanas de rebrote (Figura 2). El área IA+Ba presentó un aumento más lento en masa de forraje que el área AA+Aa, con poco incremento a partir de la semana 6 en el primer año y una mayor masa de forraje total desde la semana 13, en el segundo año (Figura 3). En ambas áreas *B. mexicanum* fue la especie que contribuyó con más de 60% a la masa de forraje total, en todas las edades de rebrote.

Durante 2001 el área BA+Ia registró la mayor masa de forraje en la semana 10, siendo *M. rigida* y *P. fimbriatum* las especies con mayor aporte (Figura 4). En 2002, el periodo con mayor masa de forraje se inició la

were cut to ground level, randomly selected to calculate the residual herbage: later, four different plots were harvested each week in all of the areas.

Variables evaluated

Herbage accumulation, floristic and morphological composition

In the three areas, starting May 20 of 2001 and June 11 of 2002, three weekly ground level clippings were made in 1.0 m² per replicate. The harvested herbage was weighed green and a sub-sample was taken, approximately 50% of the total, which was weighed, washed, and separated into leaves, stems (including pods and inflorescence) and dead matter of the species present. It was dried at 80 °C for 24 h and weighed to calculate the average amount of dry matter (DM) per ha of each species and morphological component. The weekly increases in aboveground biomass were obtained by subtracting the corresponding residual biomass from the uniform clipping.

Average growth rate

This was calculated with the data of aboveground biomass of each of the species (leaves, stems, dead matter and inflorescences), in the different ages of regrowth according to the procedure proposed by Hunt (1990) and Chapman and Lemaire (1993). The average growth rate was obtained by subtracting the residual herbage mass of the uniform clipping from the mass of herbage present each week, and dividing the result by the number of days passed between the uniform clipping and the week of sampling. The growth rates were adjusted with the Quasi-Newton method of the Statistic program, version 6.0.

Crude protein (CP)

During 2002, starting at day 20 of regrowth, a sub-sample of the harvested herbage was taken every 15 d. The samples were analyzed at the laboratory of the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia of the UNAM. The CP content was analyzed with the Kjeldahl method (Flores, 1990).

Analysis of data

The data of herbage mass and leaf mass were analyzed with the GLM procedure (SAS, 1999), as a completely randomized block design with four replicates, in an arrangement of split plots in time, where the largest plot was the species and the smallest was the age of regrowth. The growth rate was analyzed according to the same design, with measures repeated in time, the large plot being the different densities of trees and the smaller plot the age of regrowth of the grasses in each one. The CP content was analyzed for each age of regrowth, as a randomized block design. The least squares means comparison (LS MEANS) was made using the $\text{adjust}=\text{Tukey}$ option of the same procedure.

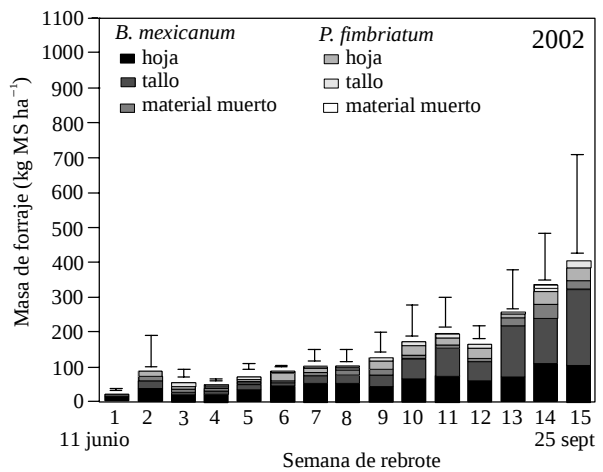
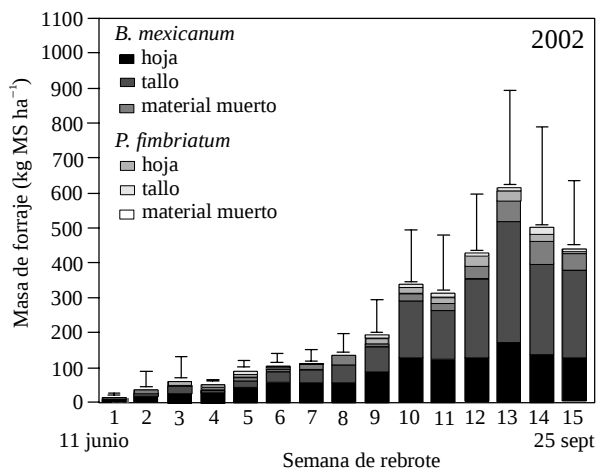
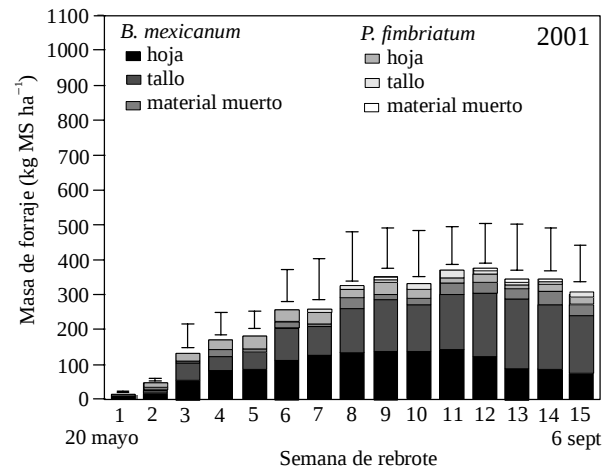
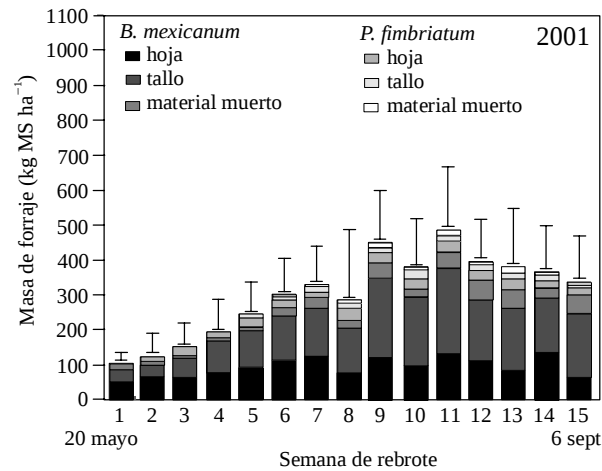


Figura 2. Masa de forraje total y por componente morfológico de pastos nativos, en las diferentes edades de rebrote, durante 2001 y 2002, en el área AA+Aa.

Figure 2. Total herbage mass and by morphological component of native grasses, at the different ages of regrowth, during 2001 and 2002, in the area HT+Hs.

Figura 3. Masa de forraje total y por componente morfológico de pastos nativos, en las diferentes edades de rebrote, durante 2001 y 2002, en el área IA+Ba.

Figure 3. Total herbage mass and by morphological component of native grasses, at the different ages of regrowth, during 2001 and 2002, in area IT+Ls.

semana 12 y se mantuvo con poca variación hasta la semana 14 (Figura 4). Las diferencias en masa de forraje entre áreas y especies se pueden deber a la densidad de árboles y arbustos (Frost *et al.*, 1990), temperatura, cantidad y calidad de luz (Odhiambo y Bomke, 2001; Newman *et al.*, 2001) y humedad del suelo (Gilbert *et al.*, 1979).

En la Figura 5 se muestra la masa de hojas acumulada de las especies por área durante el periodo de estudio. En 2001 el área BA+Ia registró una mayor masa de hojas verdes de la semana 5 a la 12 ($p \leq 0.05$) que las áreas AA+Aa y IA+Ba, con un valor máximo en la semana 10. Un comportamiento similar se observó en 2002, y en la semana 13 se presentó la mayor masa de hojas verdes. No se registraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre las áreas AA+Aa y IA+Ba durante los dos años de estudio (Figura 5). De acuerdo con Velasco-Zebadúa *et al.* (2002),

RESULTS AND DISCUSSION

Seasonal changes of total herbage mass

According to the records of average precipitation and temperature for 2001 and 2002 (Figure 1), in the first year the total precipitation was 943 mm and 1263 mm in the second year. The weekly changes in herbage mass of the areas of study are shown in Figures 2, 3 and 4. The total herbage mass per specie and morphological component increased with the age of regrowth, until reaching a maximum value, which varied depending on the area, year and species present (Figures 2 to 4). In the area HT+Hs, it was observed starting at week 9 and was maintained for two weeks without reduction for the first year. From week 12 to week 15, a gradual decrease was recorded (Figure 2). In the second year, the area HT+Hs

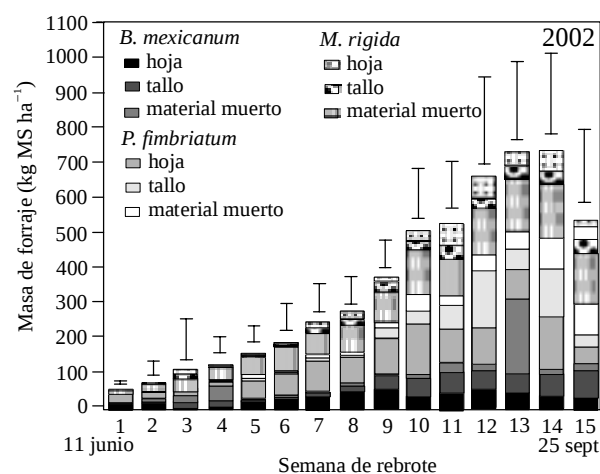
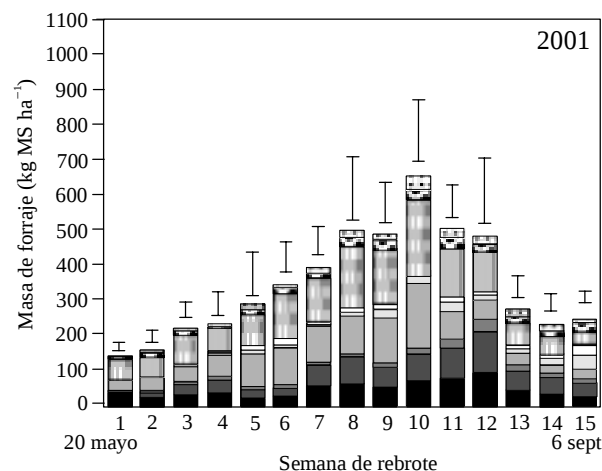


Figura 4. Masa de forraje total y por componente morfológico de pastos nativos, en las diferentes edades de rebrote, durante 2001 y 2002 en el área BA+Ia.

Figure 4. Total herbage mass and by morphological component of native grasses, at the different ages of regrowth, during 2001 and 2002 in area LT+Is.

el aprovechamiento de las especies forrajeras debe realizarse cuando alcanzan la mayor masa de hojas verdes, la cual coincide con el índice de área foliar óptimo (Chapman y Lemaire, 1993). Según Hodgson (1990), el aprovechamiento de las plantas forrajeras debe efectuarse cuando se registra la mayor acumulación neta de forraje, la cual es el resultado de la diferencia entre la tasa de crecimiento menos la tasa de pérdidas por senescencia y descomposición.

Tasa de crecimiento

Los cambios semanales en la tasa de crecimiento promedio (TC) para *B. mexicanum*, *P. fimbriatum* y *M. rigida*, durante 2001 y 2002 en las áreas AA+Aa y IA+Ba y BA+Ia, se muestran en las Figuras 6 y 7. En *B. mexicanum*

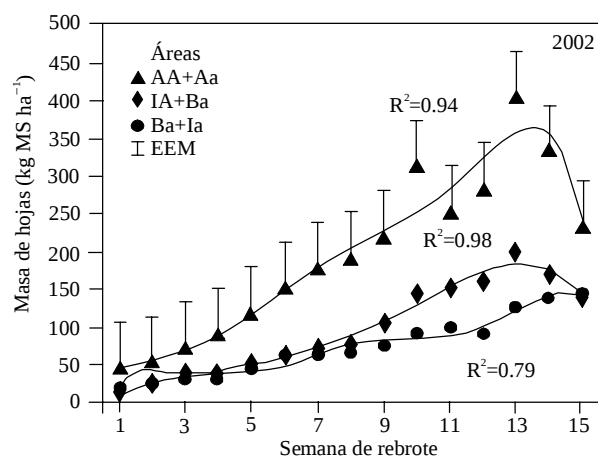
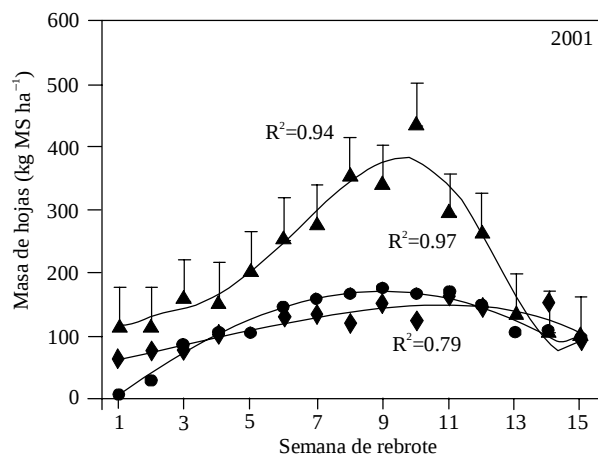


Figura 5. Masa total de hojas en diferentes semanas de rebrote durante 2001 y 2002.

Figure 5. Total leaf mass in different weeks of regrowth during 2001 and 2002.

showed an increase in herbage mass, slow during the first nine weeks; from week 10 to 13 an accelerated increase was observed, declining in the last two weeks of regrowth (Figure 2). Area IT+Ls presented a slower increase in herbage mass than area HT+Hs, with little increase from week 6 in the first year and a greater total herbage mass from week 13, in the second year (Figure 3). In both areas, *B. mexicanum* was the specie that contributed with more than 60% of the total herbage mass, in all of the ages of regrowth.

During 2001, area LT+Is registered the greatest herbage mass in week 10, with *M. rigida* and *P. fimbriatum* being the species of the higher contribution (Figure 4). In 2002, the period of greatest herbage mass started at week 12 and was maintained with little variation until week 14 (Figure 4). The differences in herbage mass among areas and species may be due to the density of trees and shrubs (Frost *et al.*, 1990), temperature, quantity and quality of light (Odhiambo and Bomke, 2001;

la mayor TC se presentó en el área AA+Aa, en las semanas 11 (4.5) y 13 (5.5 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). En *P. fimbriatum* la mayor TC se registró en el área BA+Ia, a la semanas 10 y 13 (2.4 y 3.7 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). Una menor TC (2.2 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) se observó durante 2002 en *M. rigida*, debido a una disminución en la masa de hojas. Las mayores TC ocurrieron en condiciones de humedad y temperatura adecuadas para ambas áreas. Resultados similares obtuvieron Velasco-Zebadúa *et al.* (2002) en ballico perenne, cuando las mayores TC registradas ocurrieron en los meses con mayor precipitación pluvial y adecuadas condiciones de radiación solar y temperatura.

Las diferencias en TC entre especies, probablemente son el resultado de las desiguales tasas de elongación y aparición de hojas (Groeneveld, 1998). Isahag y Dennett (1998) mencionan que altas TC ocurren con una mayor cantidad de hojas jóvenes en la parte superior del dosel y el mayor índice de área foliar (Velasco-Zebadúa *et al.*, 2002).

Newman *et al.*, 2001) and soil moisture (Gilbert *et al.*, 1979).

The accumulated leaf mass of the species per area during the period of study is shown in Figure 5. In 2001, area LT+Is registered a greater mass of green leaves from week 5 to week 12 ($p \leq 0.05$) than areas HT+Hs and IT+Ls, with a maximum value in week 10. A similar behavior is observed in 2002, and week 13 presented the greatest mass of green leaves. No statistical differences ($p > 0.05$) were recorded between areas HT+Hs and IT+Ls during the two years of study (Figure 5). According to Velasco-Zebadúa *et al.* (2002), the utilization of the forage species should be made when they reach the greatest mass of green leaves, which coincides with the optimum leaf area index (Chapman and Lemaire, 1993). According to Hodgson (1990), the utilization of the forage plants should be carried out when the greatest net herbage accumulation is registered, which is the result of the

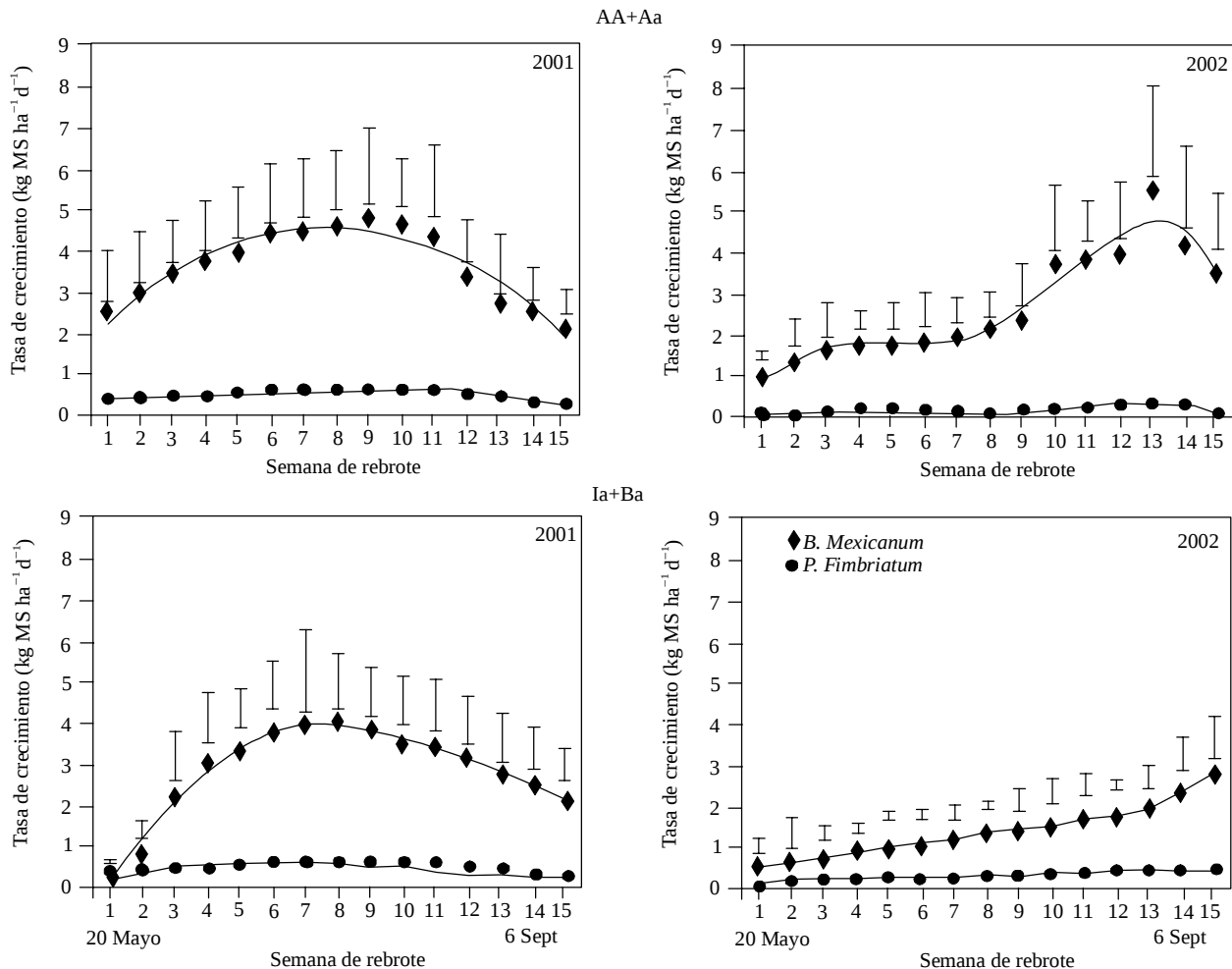


Figura 6. Tasa de crecimiento promedio de pastos nativos en las áreas AA+Aa y IA+Ba, en diferentes semanas de rebrote durante 2001 y 2002.

Figure 6. Average growth rate of native grasses in the areas HT+Hs and IT+Ls, in different weeks of regrowth during 2001 and 2002.

Proteína total (PT)

Estas especies presentan altos contenidos de proteína durante los primeros 50 d de edad. Independientemente de la edad de rebrote, *M. rigida* registró los menores valores de proteína ($p \leq 0.05$) durante todo el experimento (Cuadro 3). No se observaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre *P. fimbriatum* y *B. mexicanum* en las diferentes edades de rebrote. La proteína disminuye conforme aumenta la edad del rebrote (Hodgson, 1990; Hodgson y Brookes, 1999). Los valores de PT en estas especies concuerdan con lo reportado por Pentón y Blanco (1997), quienes observaron que las gramíneas que crecen en áreas forestales tienden a tener una mayor calidad nutritiva que aquéllas en áreas libres de árboles. Ganskopp y Bohnert (2001) indican que el contenido de proteína es una medida que se puede correlacionar con componentes deseables de la planta (digestibilidad, calcio, vitaminas y fósforo).

El contenido de PT en *B. mexicanum* y *P. fimbriatum* cubre los requerimientos de mantenimiento, tomando los niveles de PC (7.5%) como valores sugeridos para bovinos para carne (NRC, 2000).

CONCLUSIONES

La masa de forraje aumentó conforme se incrementó la edad de rebrote, hasta alcanzar un valor máximo que varió con el año, área y la densidad de árboles y arbustos; en 2002 la máxima masa de forraje se presentó más tarde que en 2001. Las tasas de crecimiento fueron superiores en el área con menor densidad de árboles, excepto en *B. mexicanum*.

LITERATURA CITADA

- Chapman, D. F., and G. Lemaire. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proc. XVII International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. pp: 95-104.
- Evans, G. C. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 734 p.
- Flores, M. J. A. 1990. Bromatología Animal. 3^{era} ed. Edit. Limusa. México, D. F. pp: 29-53.
- Frost, W. E., N. K. McDougald, and M. W. Demment. 1990. Blue oak canopy effect on seasonal forage production and quality. In: Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management. Davis, California, USA. pp: 307-311.
- Ganskopp, D., and D. Bohnert. 2001. Nutritional dynamics of 7 northern Great Basin grasses. J. Range Manag. 54:640-647.
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 217 p.
- Gilbert, W. L., L. J. Perry Jr., and J. Stubbendieck. 1979. Dry matter accumulation of four warm season grasses in the Nebraska Sandhills. J. Range Manag. 24:154-156.
- Gillen, R. L., and R. W. McNew. 1987. Seasonal growth rates of tallgrass prairie after clipping. J. Range Manag. 40: 342-345.

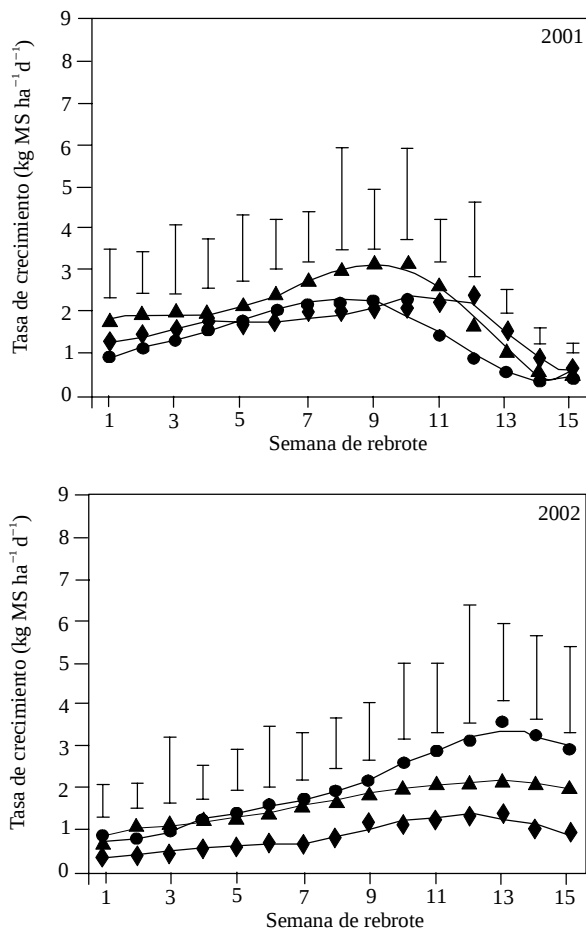


Figura 7. Tasa de crecimiento promedio de pastos nativos en el área BA+Ia, en diferentes semanas de rebrote durante 2001 y 2002.

Figure 7. Average growth rate of native grasses in area LT+Is, in different weeks of regrowth during 2001 and 2002.

difference between the growth rate minus the rate of losses from senescence and decomposition.

Growth rate

The weekly changes in average growth rate (GR) for *B. mexicanum*, *P. fimbriatum* and *M. rigida*, during 2001 and 2002 in areas HT+Hs and IT+Ls and LT+Is, are shown in Figures 6 and 7. In *B. mexicanum* the greatest GR was shown in area HT+Hs, in weeks 11 (4.5) and 13 (5.5 kg DM ha⁻¹d⁻¹). In *P. fimbriatum*, the highest GR was recorded in area LT+Is, during weeks 10 and 13 (2.4 and 3.7 kg DM ha⁻¹d⁻¹). A lower GR (2.2 kg DM ha⁻¹d⁻¹) was observed during 2002 in *M. rigida*, due to a reduction in the leaf mass. The higher GR occurred in conditions of moisture and temperature that were adequate for both areas. Similar results were obtained by Velasco-Zebadúa *et al.* (2002) in perennial ryegrass,

Cuadro 3. Contenido de proteína total (PT) en pastos nativos a diferente edad de rebrote, en un bosque de encino.
Table 3. Crude protein content (CP) in native grasses at different ages of regrowth, in an evergreen oak forest.

Edad de rebrote (d)	<i>P. fimbriatum</i> (g kg ⁻¹ MS)	<i>B. mexicanum</i> (g kg ⁻¹ MS)	<i>M. rigida</i> (g kg ⁻¹ MS)	EEM
20	179 a	163 a	129 b	9.3
35	153 a	128 ab	109 b	8.0
50	153 a	128 ab	109 b	8.0
65	112 a	112 a	73 b	8.2
80	112 a	104 a	63 b	9.6
95	108 a	103 a	58 b	10.0
110	78 ab	99 a	58 b	7.5

a, b: Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ($p \leq 0.05$).

EEM: error estándar de la media.

n.d: No determinado.

- Groeneveld, H. W. 1998. Measuring the RGR of individual grass plants. *Ann. Bot.* 82: 803-808.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific & Technical, Harlow, England. 204 p.
- Hodgson, J., and I. M. Brookes. 1999. Nutrition of grazing animals. In: *Pasture and Crop Science*. White, J. and J. Hodgson (eds). Oxford University Press. Auckland. New Zealand. pp: 117-132.
- Hunt, R. 1990. *Basic Growth Analysis*. Plant Growth Analysis for Beginners. Unwin Hyman Ltd, London, England. 111 p.
- INEGI. 1981. *Síntesis Geográfica del Estado de México*. INEGI. México, D. F. pp: 41-73.
- Isahag, K. H. M., and M. D. Dennett. 1998. Use of the expolinear growth model to analyse the growth of faba bean, peas and lentils at three densities: Fitting the model. *Ann. Bot.* 82: 497-505.
- Newman, Y. C., L. E. Sollenberger, K. J. Boote, L. H. Allen, Jr., and R. C. Littell. 2001. Carbon dioxide and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Sci.* 41:399-406.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Research Council. National Academy Press. Washington, D. C., USA. 232 p.
- Odhambo, J. J., and A. A. Bomke, 2001. Grass and legume cover crop effects on dry matter and nitrogen accumulation. *Agron. J.* 93: 299-307.
- Pentón, G., y F. Blanco. 1997. Influencia de la sombra de los árboles en la composición química y el rendimiento de los pastos. *Pastos y Forrajes* 20: 101-110.
- Sluyter, A. 2001. Ganadería española y cambio ambiental en las tierras bajas tropicales de Veracruz, México, siglo XVI. In: *Historia Ambiental de la Ganadería en México*. 1ª ed. Lucina Hernández (compiladora). IRD, Instituto de Ecología, Veracruz, México. A.C. pp: 25-40.
- SAS. (SAS Institute Inc.) 1999. *User's Guide. Statistics Version 8*. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North. Carolina. USA. 956 p.
- Velasco-Zebadúa, M. E., A. Hernández-Garay, V. A. González-Hernández, J. Pérez-Pérez, H. Vaquera-Huerta, y S. A. Galvis. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Téc. Pec. Mex.* 39 (1): 1-14.
- Velasco-Zebadúa, M. E., A. Hernández-Garay, V. A. González-Hernández, J. Pérez-Pérez, y H. Vaquera-Huerta. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 97-106.
- Villegas, A. Y., A. Hernández-Garay, J. Pérez-Pérez, C. C. López, J. G. H. Herrera, J. F. Q. Enriquez, y V. A. Gómez. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pec. Mex.* 42 (2): 145-158.

when the highest GR recorded occurred in the months of greatest pluvial precipitation and adequate conditions of solar radiation and temperature.

The differences in GR among species are probably the result of the unequal rates of elongation and appearance of leaves (Groeneveld, 1998). Isahag and Dennett (1998) mention that high GR occur with a greater amount of young leaves on the upper part of the canopy and the higher leaf area index (Velasco-Zebadúa *et al.*, 2002).

Total protein (CP)

These species present high protein contents during the first 50 d of age. Regardless of the age of the regrowth, *M. rigida* registered the lowest values of protein ($p \leq 0.05$) throughout all of the experiment (Table 3). No statistical differences were observed ($p > 0.05$) between *P. fimbriatum* and *B. mexicanum* in the different ages of regrowth. The protein is reduced as the age of the regrowth advances (Hodgson, 1990; Hodgson and Brookes, 1999). The values of CP in these species coincide with those reported by Pentón and Blanco (1997), who observed that grasses growing in forest areas tend to have a higher nutritional quality than those in treeless areas. Ganskopp and Bohnert (2001) indicate that the protein content is a measure that is correlated to desirable components of the plant (digestibility, calcium, vitamins and phosphorus).

The CP content in *B. mexicanum* and *P. fimbriatum* satisfies the maintenance requirements, taking the values of PC (7.5%) as values suggested for beef cattle (NRC, 2000).

CONCLUSIONS

The herbage mass increased as the age of the regrowth advanced, until reaching a maximum value which varied with the year, area and density of trees and shrubs; in 2002 the maximum herbage mass occurred later than in 2001. The growth rates were higher in the area with lowest density of trees, except in *B. mexicanum*.

—End of the English version—

