

CURVAS ESTACIONALES DE CRECIMIENTO DEL BALLICO PERENNE

SEASONAL GROWTH CURVES OF PERENNIAL RYEGRASS

María Eugenia Velasco-Zebadúa*, Alfonso Hernández-Garay, Víctor Arturo González-Hernández, Jorge Pérez-Pérez y Humberto Vaquera-Huerta¹

¹ Colegio de Posgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel. y Fax: 01(595) 952-0279. Correo electrónico: mvelascoz@correoweb.com.

*Autor responsable

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la estacionalidad del crecimiento del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en la zona templada, se llevó a cabo un estudio en una pradera irrigada en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos consistieron en cortes sucesivos a intervalos de siete días, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, en las cuatro estaciones del año entre 1998 y 1999. Al inicio del estudio, se aplicó un corte de uniformización a 5 cm en 24 parcelas (3 x 3 m), y se cosecharon tres cuadros de 0.1 m², a ras de suelo, para determinar el forraje residual. Posteriormente, cada semana se cosecharon en la misma forma tres parcelas diferentes. La acumulación de forraje, composición botánica y morfológica, relación hoja:tallo y hoja:no hoja, índice de área foliar (IAF) y tasa de crecimiento (TC) se analizaron por los procedimientos Mixed y GLM de SAS, para mediciones repetidas. La acumulación de materia seca y la TC aumentaron rápidamente después del corte de uniformización, hasta alcanzar un nivel de equilibrio conforme la cantidad de hojas verdes en la pradera llegó a un máximo. Primavera (1983 kg MS ha⁻¹) superó en 16 % a Verano, 39 % a Otoño y 63 % a Invierno. El tiempo requerido para alcanzar el máximo rendimiento varió conforme a la estación del año, en el orden siguiente: primavera (4 semanas), verano (5), otoño e invierno (6). Una vez que la pradera alcanzó este punto, la tasa de crecimiento comenzó a declinar como consecuencia de un aumento progresivo en material muerto y tallos. Estos incrementos fueron más altos en primavera y más bajos en invierno. Los resultados de este estudio sugieren que el manejo del ballico perenne en el municipio de Texcoco, para obtener una máxima producción y utilización de forraje, debe realizarse cuando se ha alcanzado la mayor biomasa de hojas verdes, a 5, 6, 6 y 4 semanas en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Palabras clave: *Lolium perenne* L., manejo estacional de praderas, acumulación de forraje, índice de área foliar, hoja, tallo.

SUMMARY

In order to evaluate the seasonal pattern of growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in the temperate zone, an experiment was carried out in an irrigated sward at Colegio de Postgraduados Research Station at Montecillo, Texcoco, México. The treatments were successive cuts made at seven day intervals during a regrowth period of 8 weeks, allocated in a completely randomized design with three replicates, in the four seasons of the year between 1998 and 1999. At the beginning of the trial 24 plots (3 x 3 m) were cut to 5 cm and three samples of 0.1 m² were taken to ground level to determine

residual herbage mass; from then onwards, every week three different plots were harvested in the same way. Differences in cumulative herbage mass, botanical and morphological composition, the green leaf:stem ratio, the green-leaf:total leaf ratio, leaf area index (LAI) and growth rate (GR) were analyzed statistically with PROC Mixed and GLM of SAS for repeated measurements. Total cumulative herbage and GR increased rapidly from a low level immediately after defoliation, and eventually reached an equilibrium level as the amount of green leaf in the sward was highest. Spring production (1983 kg DM ha⁻¹) was 16, 39 and 63 % higher than Summer, Autumn and Winter, respectively. The time required to reach this status varied seasonally, with the number of cuttings ranked as follows: Spring (4 weeks), Summer (5), Autumn and Winter (6). Once the sward reached this point, GR started to decline as a consequence of an increase in dead material and stem. These increases were highest in spring and lowest in winter. The results of this study suggest that ryegrass sward management to maximize herbage production and utilization must be done once that the highest green leaf mass is reached. In this trial, such a stage was reached at 5, 6, 6 and 4 weeks in Summer, Autumn, Winter and Spring, respectively.

Index words: *Lolium perenne* L., seasonal sward management, forage accumulation, leaf area index, leaf, stem.

INTRODUCCIÓN

El pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en las zonas templadas de México es considerado la mejor opción para la producción pecuaria dados sus altos rendimientos, calidad nutritiva y habilidad para crecer en gran diversidad de suelos (Bolaños *et al.*, 1995). Sin embargo, la información relativa a su manejo óptimo durante las diferentes estaciones del año es escasa pero indispensable, ya que las variaciones en manejo pueden tener un impacto relativamente alto en la cantidad y calidad de forraje cosechado durante el año.

La tasa de producción neta de forraje en una pradera sin cosechar, corresponde a la diferencia entre la tasa de crecimiento de tejido vegetal y la tasa de pérdida por senescencia y descomposición. En estas condiciones, al inicio del crecimiento después de una defoliación, ambas tasas (crecimiento y pérdida) son lentas; posteriormente la de crecimiento se acelera y supera a la de senescencia, en

tanto que, conforme el forraje madura la tasa de crecimiento es balanceada por el aceleramiento de la tasa de senescencia, llegando a ser mínima la producción neta. El balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de una pradera, cambia con la estación del año, por lo cual el conocimiento de los cambios estacionales en la curva de crecimiento, permite establecer la frecuencia de defoliación para controlar las pérdidas por senescencia y descomposición y obtener forraje de alta calidad (Hodgson, 1990). Al respecto, se ha señalado que la óptima acumulación de materia seca estacional de un pasto puede aprovecharse, si se permite que rebrote más allá del índice de área foliar óptimo, cuando la tasa de acumulación neta de forraje alcanza el máximo (Chapman y Lemaire, 1993).

Brougham (1955), al estudiar el crecimiento de una pradera mixta de ballico perenne, trébol rojo (*T. pratensis*) y trébol blanco (*T. repens*) durante la primavera, indicó que la acumulación de forraje total en el tiempo fue afectada por las fluctuaciones en temperatura y precipitación registradas durante el periodo de estudio, y que el máximo rendimiento de forraje puede obtenerse a partir de la tercera semana.

Cayley *et al.* (1998) en Hamilton, Australia, al estudiar el crecimiento de praderas de *Lolium perenne* y *Trifolium subterraneum* durante invierno, primavera y verano de 1979 a 1987, consignaron que durante el invierno la tasa de crecimiento fue constante, mientras que en primavera el crecimiento fue acelerado y cambió abruptamente al iniciar la estación seca durante el verano. Indicaron que el conocimiento en las fluctuaciones del crecimiento y el manejo de fertilizantes fosfatados, constituyen una tecnología que debe ser usada en sistemas de producción, que requieren pastos de muy alta calidad en primavera, como la engorda de corderos. De igual forma, estudios relativos a la tasa de recambio de tejido en ballico perenne, sugieren que el entendimiento de la dinámica de crecimiento de los pastos entre defoliaciones sucesivas, es esencial para entender los efectos de la frecuencia e intensidad de defoliación en el crecimiento y persistencia de los pastos, porque permite un manejo más eficiente en términos de producción animal por unidad de superficie (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

El objetivo de este estudio fue determinar los patrones estacionales de crecimiento del ballico perenne, para definir la frecuencia de corte a la que debe cosecharse en cada estación del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El estudio se efectuó de julio de 1998 a junio de 1999, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, en una pradera irrigada de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) variedad Tetraploide Americano. El suelo de esta área es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica y es clasificado como un Typic ustipsamments (Ortíz, 1997). El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C; las temperaturas promedio mensual más baja (11.6 °C) y más alta (18.4 °C) se registran en los meses de enero y mayo, respectivamente C(Wo)(W)b(i')g (García, 1988).

Manejo de la pradera

En una pradera de ballico perenne de dos años de establecida, se realizaron cuatro análisis de crecimiento, uno por cada estación del año. Los tratamientos consistieron en cortes sucesivos a intervalos de siete días, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. A mediados de cada estación, se trazaron 24 parcelas de 3 x 3 m, donde se distribuyeron los tratamientos aleatoriamente. Se efectuó un corte de uniformización a 5 cm de altura, con una podadora calibrada; después se cortaron a ras de suelo tres cuadros de 0.1 m² seleccionados al azar, para determinar el forraje residual. Posteriormente se cosecharon semanalmente tres parcelas diferentes en cada muestreo. Durante el periodo de sequía, las praderas se regaron cada dos semanas.

Acumulación de materia seca

Después del corte de uniformización, cada siete días se cortó a ras de suelo un cuadro de 0.1m² por repetición, seleccionado aleatoriamente; el forraje cosechado se lavó, se secó a 80 °C por 24 h y se pesó para estimar la cantidad promedio de materia seca por hectárea, a las diferentes edades de rebrote.

Composición botánica y morfológica

Del forraje cosechado se tomó una muestra de aproximadamente 10 % del total, para evaluar la composición botánica, mediante la separación de los siguientes componentes: hojas, tallos (incluyó al pseudotallo o vainas de las hojas) y espigas, material muerto, malezas y otros pastos. Se secaron a 80 °C durante 24 h y se pesaron. Los incrementos estacionales en biomasa foliar, se obtuvieron

restando la correspondiente biomasa residual (corte de uniformización) a la biomasa cosechada semanalmente. Las curvas de crecimiento se ajustaron y estimaron con el método Quasi-Newton del programa Statistica versión 6.0. Con los datos de peso seco, se obtuvieron las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja (tallos, espigas y material muerto).

Índice de área foliar (IAF)

A cada muestra de hojas obtenida en la composición botánica, se le determinó el área foliar, con un integrador modelo LI-3100 (LI-COR, Inc.). Posteriormente, con los datos de área foliar y la superficie muestreada se estimó el IAF.

Tasa de crecimiento promedio

La tasa de crecimiento se calculó con los datos de la materia seca total del ballico (hojas, tallos, material muerto y espigas), en las diferentes edades de rebrote conforme a los procedimientos descritos por Chapman y Lemaire (1993) y Hunt (1990). Las curvas de crecimiento se ajustaron con el método Quasi-Newton del programa Statistica versión 6.0, en cada estación del año.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron por los procedimientos Mixed y GLM de SAS (1990), para diseños experimentales con mediciones repetidas; los factores de clasificación fueron las estaciones del año y las semanas de muestreo, de acuerdo con las bases establecidas por Winer (1971).

Observaciones climatológicas

De los datos que se registraron diariamente en la estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, localizada aproximadamente a 400 m del área experimental, se calcularon los promedios semanales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima), precipitación, radiación global y horas de brillo solar, durante las ocho semanas de estudio, en cada estación del año (Cuadro 1). La correspondiente biomasa residual (corte de uniformización) a la biomasa cosechada semanalmente. Las curvas de crecimiento se ajustaron y estimaron con el método Quasi-Newton del programa Statistica versión 6.0. Con los datos de peso seco, se obtuvieron las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja (tallos, espigas y material muerto).

Índice de área foliar (IAF)

A cada muestra de hojas obtenida en la composición botánica, se le determinó el área foliar, con un integrador modelo LI-3100 (LI-COR, Inc.). Posteriormente, con los datos de área foliar y la superficie muestreada se estimó el IAF.

Tasa de crecimiento promedio

La tasa de crecimiento se calculó con los datos de la materia seca total del ballico (hojas, tallos, material muerto y espigas), en las diferentes edades de rebrote conforme a los procedimientos descritos por Chapman y Lemaire (1993) y Hunt (1990). Las curvas de crecimiento se ajustaron con el método Quasi-Newton del programa Statistica versión 6.0, en cada estación del año.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron por los procedimientos Mixed y GLM de SAS (1990), para diseños experimentales con mediciones repetidas; los factores de clasificación fueron las estaciones del año y las semanas de muestreo, de acuerdo con las bases establecidas por Winer (1971).

Observaciones climatológicas

De los datos que se registraron diariamente en la estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, localizada aproximadamente a 400 m del área experimental, se calcularon los promedios semanales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima), precipitación, radiación global y horas de brillo solar, durante las ocho semanas de estudio, en cada estación del año (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios estacionales en la acumulación de forraje

La Figura 1 muestra la curva de crecimiento estacional del ballico perenne y sus componentes morfológicos. En todas las estaciones, la materia seca total aumentó con la edad de rebrote, hasta llegar a un valor máximo (Figura 1). Este valor máximo se mantuvo por tres semanas más sin reducción, en verano, mientras que en primavera e invierno se notó disminución en las últimas dos semanas de rebrote. El más rápido crecimiento se presentó en primavera, cuando se observaron los mayores ($P \leq 0.01$) rendimientos (4^{a} semana; $5500 \text{ kg MS ha}^{-1}$). En verano se alcanzó un rendimiento de $3400 \text{ kg MS ha}^{-1}$ a partir de la 5^{a} semana de crecimiento. En otoño e invierno el forraje acumulado fue menor ($P \leq 0.01$) que en verano y

Cuadro 1. Cambios semanales de las variables climatológicas, durante los periodos de crecimiento evaluados en las diferentes estaciones del año.

	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Verano 98								
T max. °C	29.6	29.5	30.0	29.3	29.0	28.4	27.8	28.3
T med. °C	18.6	19.0	19.4	19.8	19.3	19.5	19.5	20.3
T min. °C	7.6	8.6	8.8	10.3	9.6	10.6	11.2	12.4
Precipitación (mm)	5	0.4	2.9	1.5	9.2	2.7	2.8	10.4
Radiación global* (Ly d ⁻¹)	442.3	449.7	500.2	438.2	374.7	319.0	428.7	337.9
Horas brillo solar	5.8	6.6	7.6	7.3	5.8	2.8	3.4	2.9
Otoño 98								
T max. °C	28.6	28.1	27.3	25.9	24.4	27.0	24.5	25.2
T med. °C	15.9	15.7	16.4	14.7	12.9	12.2	12.4	10.5
T min. °C	3.3	3.3	5.4	3.5	1.5	-2.6	0.36	-4.2
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Radiación global (Ly d ⁻¹)	411.3	389.0	382.4	344.0	422.3	359.2	372.8	397.0
Horas brillo solar	8.2	7.4	7.2	5.7	8.0	7.4	7.1	7.4
Invierno 98								
T max. °C	28.9	29.6	25.9	27.5	29.8	29.7	29.8	29.3
T med. °C	14.0	14.2	11.7	12.8	15.1	14.5	14.6	15.8
T min. °C	-0.9	-1.2	-2.6	-1.9	0.4	-0.7	-0.5	2.2
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Radiación global (Ly d ⁻¹)	467.8	478.0	431.0	517.0	517.0	569.9	537.2	483.3
Horas brillo solar	8.3	9.4	7.6	9.3	8.9	10.0	9.3	7.2
Primavera 99								
T max. °C	29.0	32.4	33.3	31.5	32.1	31.6	32.2	32.3
T med. °C	16.1	18.4	20.1	18.6	18.8	16.4	18.5	19.3
T min. °C	3.2	4.4	7.0	5.7	5.5	1.2	4.8	6.3
Precipitación (mm)	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3
Radiación global (Ly d ⁻¹)	525.0	590.0	599.9	565.7	579.3	653.6	550.9	570.5
Horas brillo solar	7.2	9.3	9.8	8.3	9.8	11.0	8.8	9.8

*Langley d⁻¹ = cal cm⁻² d⁻¹

primavera, y los rendimientos más altos (3200 kg MS ha⁻¹) se registraron hasta la 8^a y 6^a semana, respectivamente.

La máxima acumulación neta de biomasa ocurrió cuando se alcanzó la mayor cantidad de biomasa de hojas verdes, para después comenzar a declinar conforme las hojas en las capas inferiores del dosel vegetal fueron senesciendo por estar abajo del punto de compensación de luz hasta que eventualmente murieron, como lo sugieren Chapman y Lemaire (1993).

La cantidad de material muerto varió significativamente entre estaciones; en primavera fue más alta, seguida por invierno, otoño y verano (Figura 1). Las pérdidas de biomasa por senescencia y descomposición aumentaron con la edad de rebrote, sobre todo en primavera. En consecuencia, el rendimiento de forraje en primavera declinó a partir de la 6^a semana de rebrote (P<0.05), cuando la tasa de senescencia y descomposición, superó a la tasa de generación de hojas, lo que se ha referido en otros estudios (Sheath y Bircham, 1983; Hernández-Garay *et al.*, 1999).

La contribución de los tallos a la biomasa fue mayor (P<0.05) en primavera; es decir, el crecimiento del tallo

requiere de temperaturas medias por arriba de 18 °C, que no ocurren en invierno y otoño; por lo mismo, la formación de espigas en el ápice de los tallos, sólo se detectó en primavera y verano.

El crecimiento estacional del ballico perenne, coincide con los resultados obtenidos en otras latitudes de clima templado, donde se ha señalado que la temperatura y la radiación solar afectan tanto la tasa de crecimiento, como la tasa y tiempo de desarrollo de estados fisiológicos como la floración; específicamente, que la temperatura ejerce influencia importante sobre la tasa de aparición y expansión de las hojas, por lo que si se tienen niveles adecuados de agua y nutrientes, la pradera alcanza más rápidamente un dosel cerrado en primavera y verano, que en otoño e invierno (McKenzie *et al.*, 1999).

Además de su importancia funcional y nutricional, las hojas constituyen la mayor parte del tejido de crecimiento de una pradera. La cinética estacional del incremento en la biomasa de hojas verdes del pasto ballico perenne se muestra en la Figura 2. La biomasa foliar creció sigmoidalmente (con excepción de primavera) hasta alcanzar un valor máximo, en un tiempo que varió con la estación del

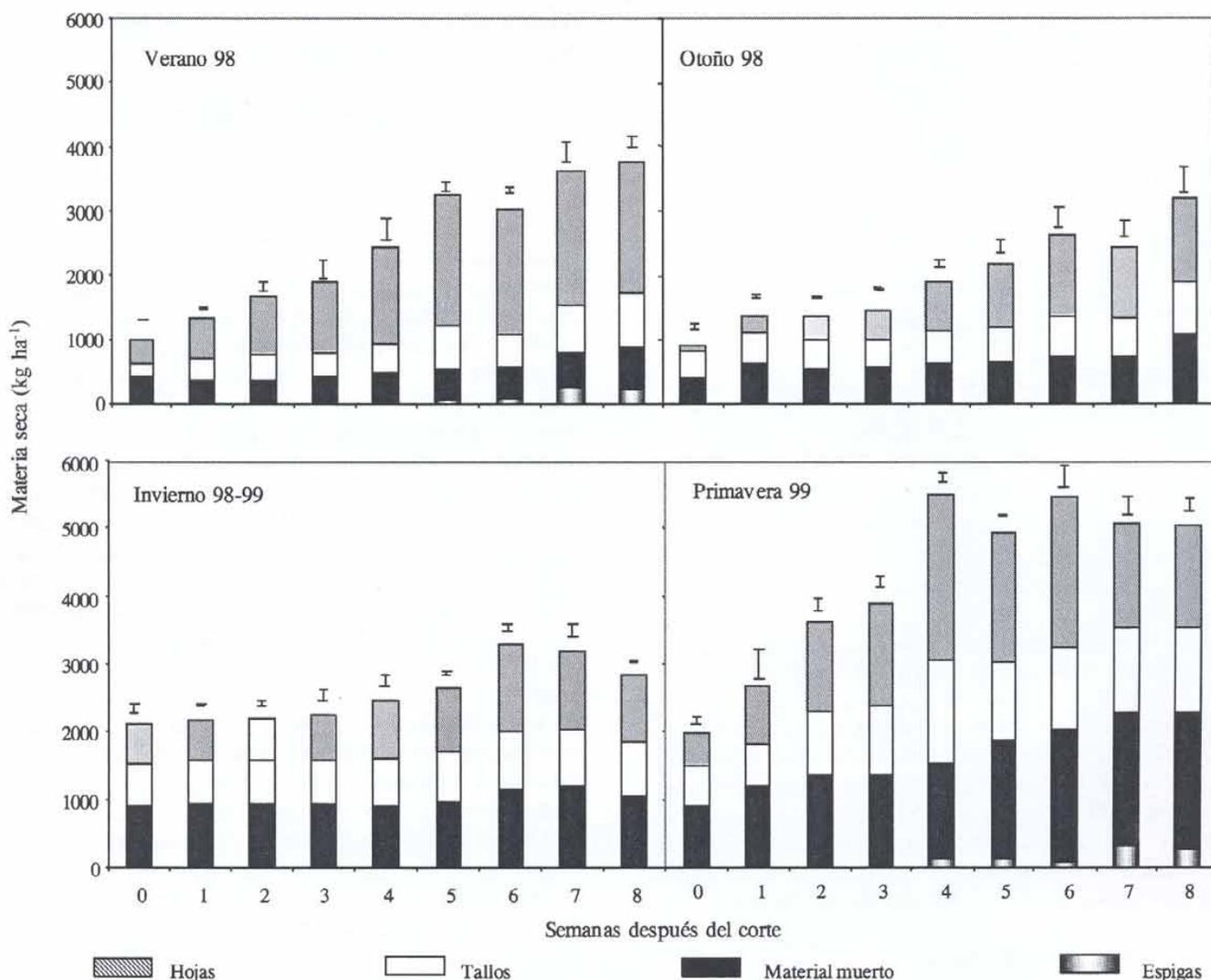


Figura 1. Acumulación estacional de materia seca total y por componente morfológico de ballico perenne, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas.

año; en primavera se alcanzó a las 5 semanas, en verano a las 6 semanas y en otoño e invierno a las 7 semanas, aunque no se registraron diferencias significativas entre la 4ª y 6ª semana en primavera ni después de la 5ª semana en verano y 6ª semana en otoño e invierno ($P > 0.05$). Al respecto, Bircham y Hodgson (1983) y Chapman y Lemaire (1993), al estudiar la dinámica del crecimiento en pastos templados, observaron que al final de la curva de acumulación de forraje, la senescencia es mayor que el crecimiento, por lo que llega a reducirse la acumulación neta de forraje. La Figura 1 muestra que el crecimiento del rebrote durante la parte final del periodo, en la mayoría de las estaciones fue suficiente para compensar las pérdidas debidas a la descomposición, como también lo señala Brougham (1957).

Relación entre el IAF y el aumento de biomasa de hojas verdes

El IAF y el incremento en biomasa de hojas verdes (materia seca de hojas) mostraron una cinética parecida en las cuatro estaciones del año (Figura 3). Tanto el máximo IAF como el máximo aumento de hojas en cada estación del año, ocurrieron en la misma semana de rebrote. Similarmente, Chapman y Lemaire (1993) señalaron que el IAF es óptimo cuando la tasa de acumulación de hojas verdes alcanza su valor máximo. El IAF óptimo varió con la estación del año ($P \leq 0.05$) y mostró valores significativamente más altos en primavera y verano (3.3 y 3.0,

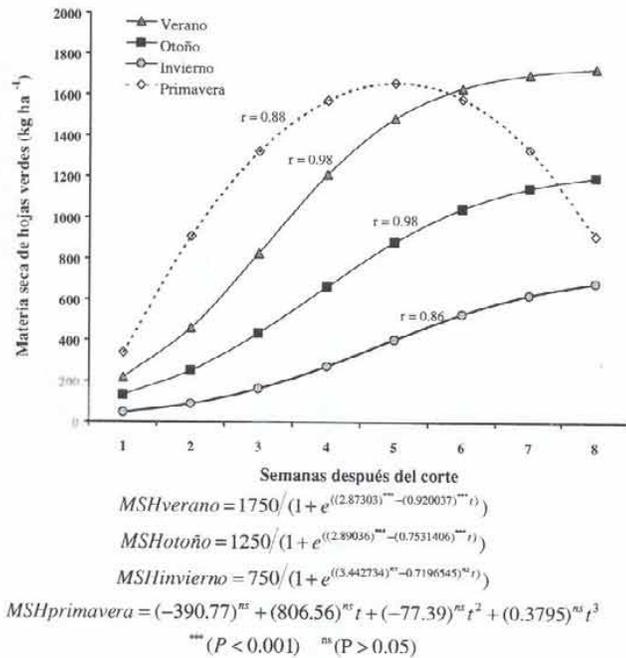


Figura 2. Incremento estacional de biomasa de hojas verdes del pasto ballico perenne, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas.

respectivamente), cuando la radiación global fue mayor o la temperatura mínima promedio fue mayor de 5 °C (Cuadro 1), lo cual no ocurrió en otoño e invierno (1.8 y 1.9). Al respecto, Black (1963) señaló que el índice óptimo presenta valores más altos en primavera y verano, cuando la intensidad de la luz es mayor; y que la tasa de acumulación neta de biomasa es máxima, cuando se alcanza el IAF mayor, el cual no sólo varía con la estación del año, sino también con la especie en estudio.

Se detectó un alto grado de asociación lineal entre la acumulación de materia seca de las hojas verdes y el IAF en cada estación del año, como se ilustra en la Figura 4. Algunas variaciones observadas principalmente al final del periodo de rebrote, podrían explicarse por un proceso acelerado de la senescencia foliar (Bircham y Hodgson, 1983; Brougham, 1957), así como por el mayor peso de las hojas maduras durante la etapa reproductiva y a la presencia de otros pastos y malezas, que pueden afectar esta relación (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

Según Hodgson (1990), el IAF es una de las variables que mejor describen las condiciones de la pradera, ya que guarda una relación estrecha con la producción de forraje. Por otra parte, Poisson *et al.* (1993) demostraron que bajo condiciones controladas el IAF de la alfalfa solamente dependió de la suma de temperaturas recibidas a partir de la última defoliación; esto podría explicar, al menos parcialmente, los bajos valores de IAF que se presentaron durante

otoño e invierno, estaciones donde se registraron los valores más bajos de temperatura (Cuadro 1).

Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

Los cambios semanales de hoja:tallo y hoja:no hoja en las diferentes estaciones del año, se muestran en el Cuadro 2. Ambas variables mostraron sus valores más bajos inmediatamente después del corte de uniformización; posteriormente aumentaron en forma continua hasta alcanzar un nivel de equilibrio conforme la biomasa de hojas verdes se estabilizó. La mayor relación hoja:tallo se presentó a la 6ª semana en todas las estaciones del año, con valores de 3.85, 2.00, 1.56 y 1.94, en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. La mayor relación hoja:no hoja en verano y primavera se presentó a la 4ª semana, mientras que en otoño e invierno ocurrió a la 6ª semana. Posterior a estos valores máximos, las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja, tendieron a disminuir progresivamente hasta el final del periodo, a consecuencia del aumento en la biomasa de tallos y material muerto, como lo habían detectado también Brougham (1957) y Hernández-Garay *et al.* (1997).

Tanto la relación hoja:tallo como la relación hoja:no hoja variaron entre las estaciones del año, observándose los valores más altos y bajos en verano y primavera, respectivamente (Cuadro 2). Esto se atribuye a que en primavera se presentó la mayor cantidad de tallos reproductivos, aunque también se presentó la más alta tasa de crecimiento, ésta se asoció a una mayor acumulación de material muerto, lo que según Hodgson *et al.* (1981) implica mayor recambio de tejido en esta estación. Por su parte, Hernández-Garay *et al.* (1999) en praderas de ballico perenne reportaron una mayor relación hoja:tallo y hoja:no hoja a medida que decrece la intensidad de defoliación de 16 a 2 cm, debido a la disminución en el porcentaje de tallos y material muerto.

Tasa de crecimiento promedio

Los cambios estacionales en la tasa de crecimiento promedio, se muestran en la Figura 5. La tasa de crecimiento más alta en primavera se presentó a la 3ª y 4ª semana (98 kg de materia seca ha⁻¹ día⁻¹), mientras que en verano se observó a la 5ª semana de crecimiento (53 kg de materia seca ha⁻¹ día⁻¹). En otoño e invierno la tasa de crecimiento alcanzó su valor máximo a la 6ª semana (34 y 22 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente). Nótese que las máximas tasas de crecimiento se presentaron una semana antes de que se produjera la mayor cantidad de hojas verdes y el IAF óptimo, en todas las estaciones del año (Figuras 2 y 5).

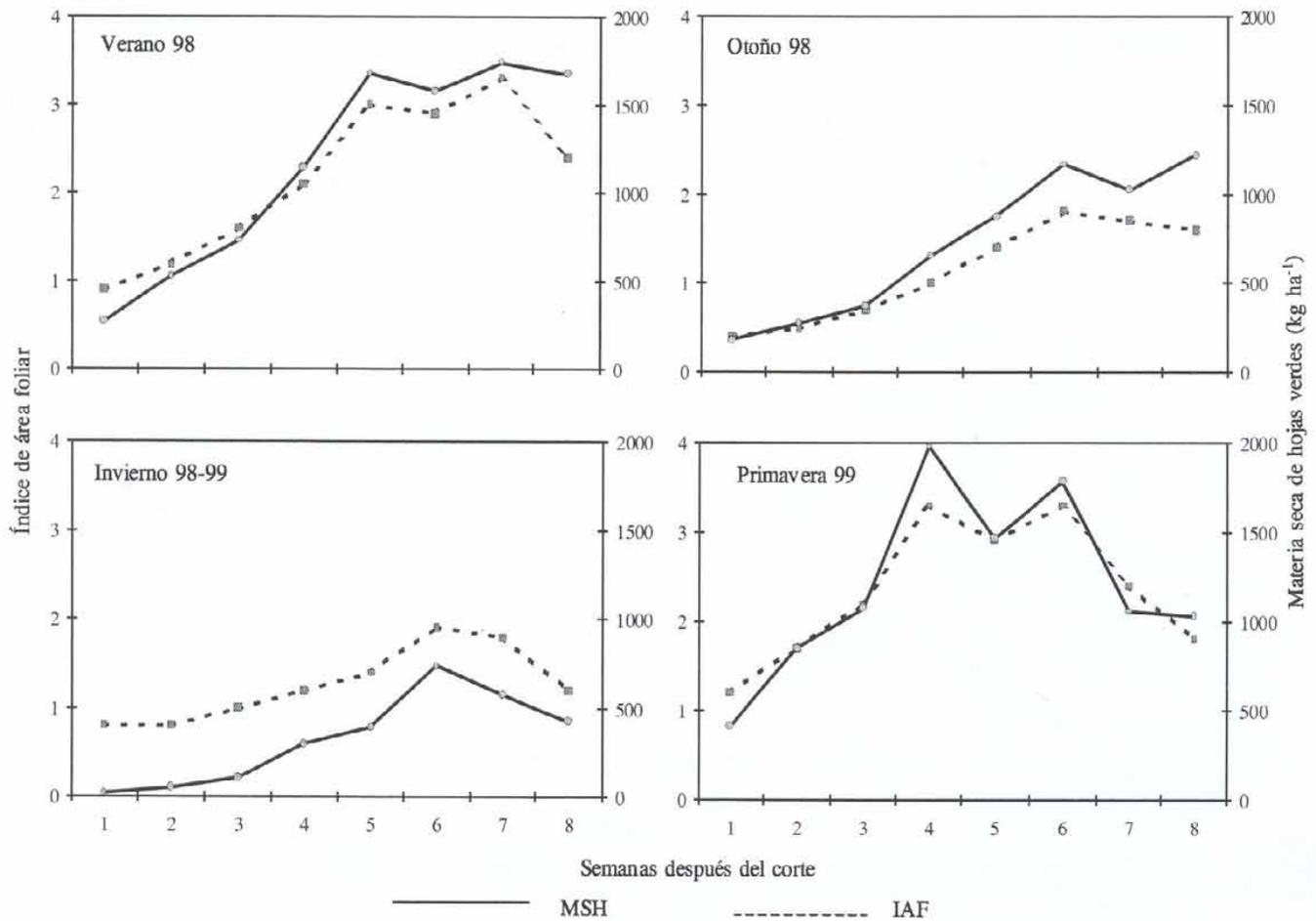


Figura 3. Comparación entre el índice de área foliar (IAF) y la materia seca de hojas verdes (MSH) de ballico perenne, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas.

Cuadro 2. Variación estacional de las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja¹ del ballico perenne, en un periodo de rebrote de 8 semanas.

Estación	Semanas									EEM
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
VERANO 98										
Hoja:Tallo	1.94	2.00	2.44	2.93	3.70	3.11	3.85	2.98	2.41	0.478
Hoja:No hoja	0.61	0.92	1.18	1.37	2.13	1.77	1.82	1.44	1.22	0.294
OTOÑO 98										
Hoja:Tallo	0.30	0.60	0.82	1.08	1.54	1.96	2.00	1.83	1.59	0.153
Hoja:No hoja	0.06	0.11	0.15	0.19	0.25	0.29	0.30	0.28	0.24	0.016
INVIERNO 98										
Hoja:Tallo	0.92	0.96	1.00	1.05	1.28	1.32	1.56	1.39	1.29	0.114
Hoja:No hoja	0.16	0.16	0.16	0.18	0.22	0.23	0.25	0.22	0.21	0.017
PRIMAVERA 99										
Hoja:Tallo	0.85	1.61	1.41	1.51	1.66	1.71	1.94	1.23	1.20	0.257
Hoja:No hoja	0.32	0.67	0.60	0.67	0.81	0.64	0.70	0.43	0.42	0.134

¹ No hoja (tallo + material muerto + espigas); EEM: Error estándar de la media.

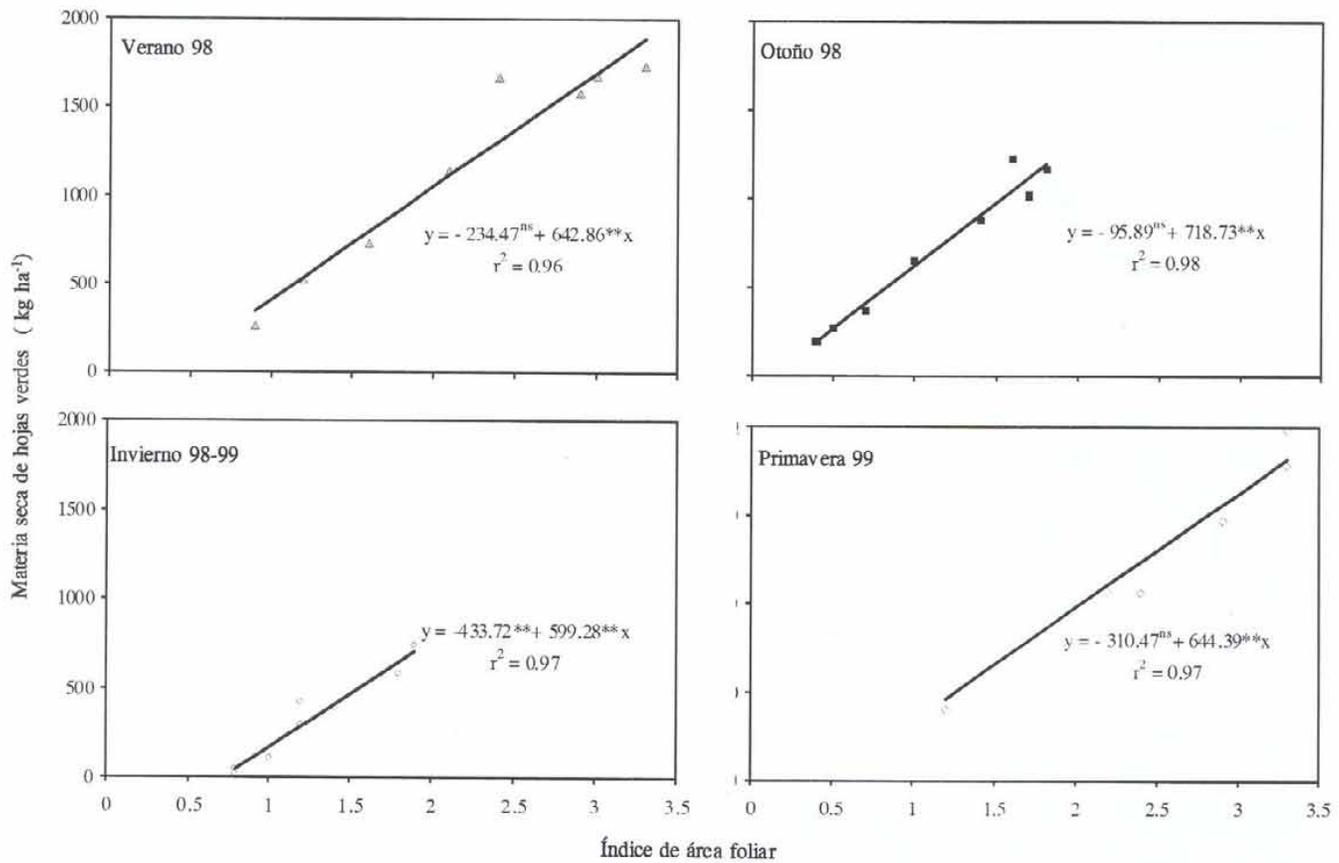


Figura 4. Relación estacional entre el incremento en la biomasa de hojas verdes y el IAF del ballico perenne, durante un ciclo de rebrote de ocho semanas. ** (P < 0.01) ns(P > 0.05)

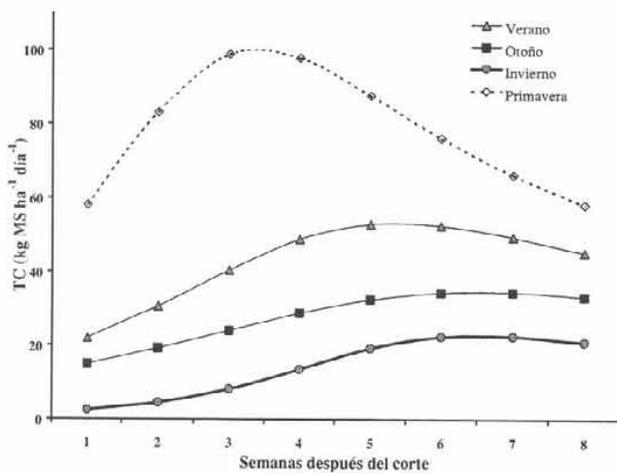


Figura 5. Tasa de crecimiento estacional del pasto ballico perenne, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas.

Los mayores valores en la tasa de crecimiento de la pradera observados en primavera, se atribuyen a que en esta estación no se registraron limitaciones por agua, además de que se presentaron los valores más altos de horas luz y radiación global (Cuadro 1), condiciones que favore-

cen el crecimiento reproductivo (Chapman y Lemaire, 1993; Hernández-Garay *et al.*, 1997). En tanto que en invierno las bajas temperaturas afectaron el crecimiento. De manera similar, la baja tasa de crecimiento y acumulación de forraje que se presentaron en las primeras semanas de crecimiento en otoño, podrían estar relacionadas con los valores bajos de radiación global y con las temperaturas mínimas que descendieron de manera extremosa, a través del periodo de rebrote (Cuadro 1).

El comportamiento productivo observado en las diferentes estaciones del año, confirma la susceptibilidad del pasto ballico a las bajas temperaturas, ya que el crecimiento de este pasto es severamente afectado por temperaturas menores a 5 °C (Cooper y Tainton, 1968). De igual forma, Hodgson (1990) reportó que las temperaturas bajas en invierno, aún en lapsos cortos, pueden disminuir sustancialmente el crecimiento de los pastos, incluso hasta tasas de acumulación de forraje cercanas a cero.

Composición botánica

El forraje residual del corte de uniformización presentó 58 % de ballico (hojas + tallos) y 42 % de material muerto todas las estaciones del año (Figura 6). En general, el porcentaje de hojas aumentó conforme aumentó la edad de rebrote, hasta que la biomasa de hojas verdes alcanzó el máximo y posteriormente disminuyó a consecuencia del aumento en tallos y material muerto, así como a la presencia de malezas y otros pastos en la pradera. El mayor porcentaje de hojas varió de acuerdo a la estación del año ($P \leq 0.01$), y sus valores fueron: verano, 61% (4ª a 6ª semana), otoño, 45.1% (6ª), invierno, 39.7% (6ª) y primavera 43.6% (4ª).

En todas las estaciones del año, los porcentajes de tallos y material muerto disminuyeron conforme aumentó el crecimiento de las hojas; su mayor contribución inició una vez que la biomasa de hojas alcanzó un máximo y tendió a descender. Los porcentajes más altos de tallos y material muerto se presentaron en las últimas dos semanas de rebrote, al acelerarse la tasa de senescencia o de diferenciación de tallos reproductivos según explican Chapman y Lemaire (1993) y Brougham (1957). En praderas mixtas de ballico perenne y trébol blanco, Hernández-Garay *et al.* (1997) observaron que la proporción de ballico y trébol varió con la estación del año.

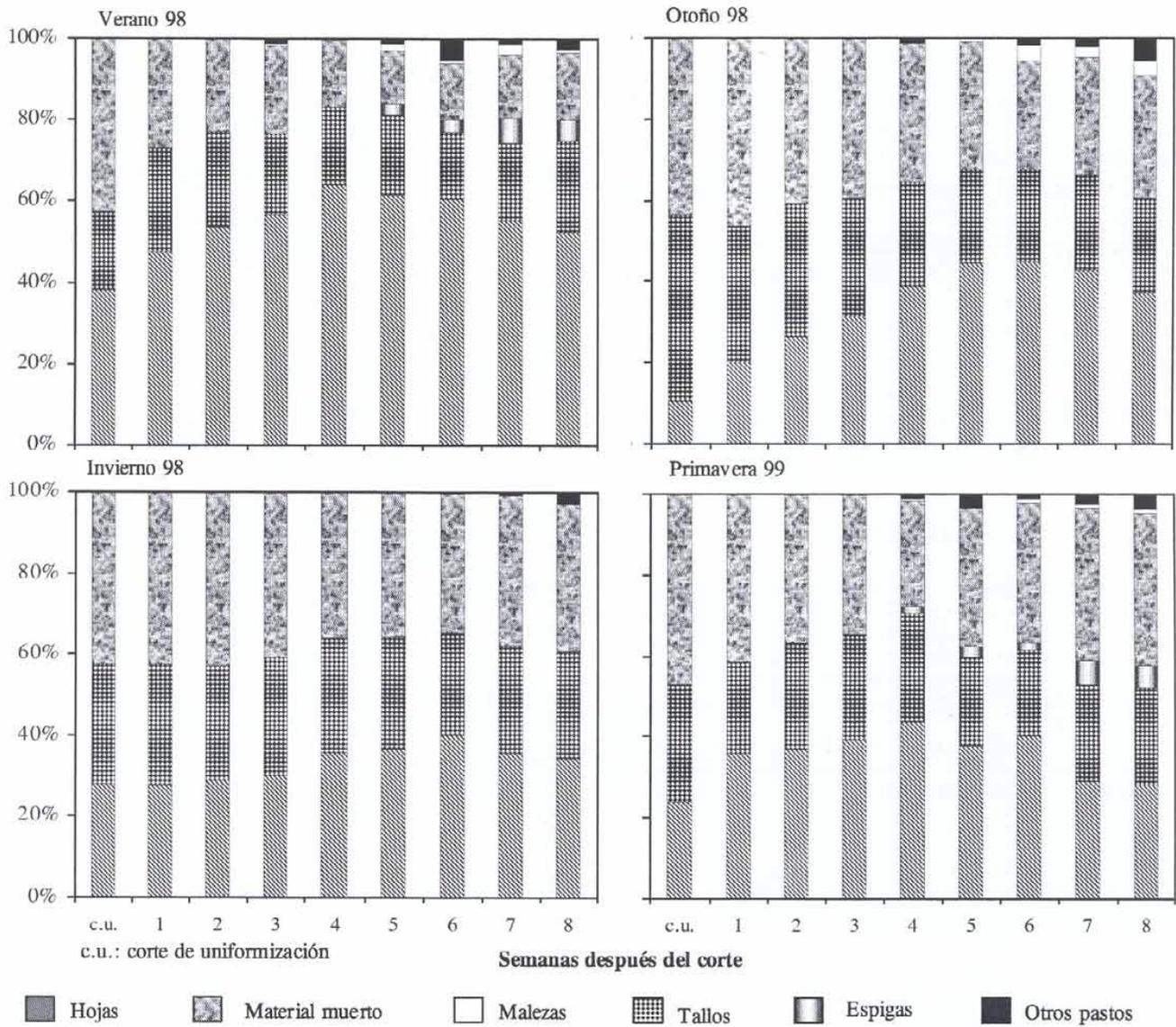


Figura 6. Cambios estacionales en la composición botánica del pasto ballico perenne, durante un ciclo de rebrote de ocho semanas.

Estos resultados cuantifican la aportación de la biomasa de hojas al rendimiento y la conveniencia de cosechar la pradera cada 5, 6, 6 y 4 semanas, durante el verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. De igual manera, los porcentajes de tallos y material muerto ayudan a explicar los más bajos valores en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja que se presentaron durante la primavera.

La contribución de otros pastos al rendimiento fue baja (1 a 7 %) y se detectaron diferencias entre semanas ($P \leq 0.05$), desde la 3ª semana en verano, 4ª semana en otoño y primavera y 6ª semana en invierno. Los porcentajes de malezas variaron de 1 a 5.6 % y también se presentaron diferencias entre semanas ($P \leq 0.01$), a partir de la 3ª y 4ª semana en verano y primavera y a la 5ª y 6ª semana en otoño e invierno.

CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento muestran que el manejo de la defoliación para aumentar la producción y utilización de gramíneas, debe variar de acuerdo con la estación del año. El momento óptimo de defoliación del ballico perenne, para obtener la máxima producción de forraje debe ser de 5, 6, 6 y 4 semanas para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente, una vez que la biomasa de hojas verdes ha alcanzado su más alto nivel y antes de que se acelere la tasa de pérdida por senescencia y descomposición.

El IAF óptimo varía con la estación del año, en una estrecha relación con el incremento en la materia seca de hojas verdes.

BIBLIOGRAFÍA

- Bircham J D, J G Hodgson (1983)** The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass For. Sci.* 38: 323-331.
- Black J N (1963)** The inter-relationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards under continuous stocking management. *Austral. J. Agric. Res.* (14):20-38.
- Bolaños A E D, V A González-Hernández, J Pérez P (1995)** Intensidad de pastoreo, rendimiento y tasa de crecimiento de ballico perenne. *Rev. Fitotec. Mex.* 18:35-42.
- Brougham R W (1955)** A study in rate of pasture growth. *Austral. J. Agric. Res.* 6(6):804-812.
- _____. (1957) Pasture growth rate studies in relation to grazing management. *Proc. New Zeal. Soc. Animal Prod.* pp: 46-55.
- Cayley J W D, M C Hannah, G A Kearney, S G Clark (1998)** Effects of phosphorus fertiliser and rate of stocking on the seasonal pasture production of perennial ryegrass-subterranean clover pasture. *Austral. J. Agric. Res.* 49: (2) 233-248.
- Chapman D F, G Lemaire (1993)** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proc. XVII Int. Grassland Congr. Palmerston North, N.Z.* pp: 95-104.
- Cooper J P, N M Tainton (1968)** Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstract* 38:167-176.
- García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hernández-Garay A, J G Hodgson, C Matthew (1997)** Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zeal. J. Agric. Res.* 40:25-35.
- _____, C Matthew, J G Hodgson (1999) Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass For. Sci.* 54: 347-356.
- Hodgson J (1990)** *Grazing management: Science into practice.* Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hodgson J, S Bircham, S A Grant, J King (1981)** The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: Wright, C E (Ed) *Plant Physiology and Herbage Production.* The British Grassland Society Occasional Symposium No.13. Hurlay: British Grassland Society. pp:51-62.
- Hunt R (1990)** *Basic Growth Analysis.* Plant Growth Analysis for Beginners. Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London, England. 111 p.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R J Lucas (1999)** Environmental effects on plant growth and development. In: White J, J Hodgson (eds) *New Zeal. Pasture Crop Sci.* Auckland, N.Z. Oxford University Press. pp: 29-44.
- Ortíz S C (1997)** Colección de Monolitos. Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco, Edo. de México. México.
- Poisson C, G Genier, A Canal, P Guy, A Porcheron (1993)** Seasonal growth rhythms in lucerne. *Proc. XVII Int. Grassland Congr. Palmerston North, N.Z.* I:164-165.
- SAS Institute (1990)** *SAS/STAT. Guide for Personal Computers.* Version 6. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 890 p.
- Sheath G W, J S Bircham (1983)** Grazing management in hill country: pasture production. *Proceedings of the Ruakura Farmer's Conf.* 35:41-45.
- Winer B J (1971)** *Statistical Principles in Experimental Design.* Second Edition. McGraw-Hill Book Co. pp: 261-305.