

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y DINÁMICA DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE TRES GRAMÍNEAS EN EL SUR DE COAHUILA, MÉXICO

Francisco Javier Medina Jonapá ¹

Héctor Manuel Garza Cantú ²

Heriberto Diaz Solis ²

Juan Ricardo Reynaga Valdés ²

Humberto C. González Morales ²

Félix de Jesús Sánchez Pérez ³

¹ Alumno de la Maestría en Manejo de Pastizales

² Profesores investigadores del Depto. de Recursos Naturales

³ Profesor investigador del Depto. de Estadística y Cálculo

RESUMEN

Se evaluaron las especies: zacate amor (*Eragrostis intermedia* Hitchc.), festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) y zacate ovillo (*Dactylis glomerata* L.) con el propósito de determinar la dinámica de crecimiento vegetativo y generar un modelo de estimación de la materia seca a partir de la elongación de las láminas de las hojas, del número de vástagos por planta y unidades calor acumuladas, y otro de predicción de la elongación de las láminas de hojas a partir de las unidades calor acumuladas. Los modelos para estimar la producción de materia seca de *E. intermedia* y *F. arundinacea* se generaron considerando la elongación de láminas como variable independiente ($Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$), mientras que para estimar las de *D. glomerata* se incluyó la variable número de vástagos por planta ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$). Para estimar la materia seca a partir de las unidades calor acumuladas se generó el modelo $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$. En cuanto a la estimación de la elongación de láminas a partir de las unidades calor, se utilizó el modelo $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$. El ciclo de crecimiento de verano presentó diferencias en la dinámica de crecimiento foliar entre especies. La tasa de aparición de hojas fue mejor en verano. En la proporción de pesos de lámina: vaina + tallo en verano, el zacate ovillo fue ligeramente superior a las gramíneas festuca y zacate amor mientras que, en invierno, la producción de materia seca cosechada resultó de las láminas de las hojas.

Palabras clave: dinámica del crecimiento vegetativo, modelo de predicción, materia seca, elongación de láminas, *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*.

ABSTRACT

The species love grass (*Eragrostis intermedia* Hitchc.), tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) were evaluated in order to assay the dynamic of vegetative growth and to generate a model to estimate dry matter starting from leaf lamina elongation, number of shoots per plant, and heat units accumulated and a model to predict leaf lamina elongation starting from the heat units accumulated. The models for estimating the dry matter production in love grass and tall fescue were generated considering elongation values of leaves as an independent variable ($Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$), while in *D. glomerata* the inclusion of the variable number of shoots per plant was included ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$). To estimate dry matter starting from accumulated heat units, the simple lineal model $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ was generated. For estimating lamina elongation starting from heat units, significant determining coefficients from 0.42 to 0.57 were found through the model $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$. The summer growth values shows differences in dynamic leaf growth among species. The appearing rate of leaves was better in summer. In weight proportion lamina: sheath + stem during the summer, orchard grass was slightly superior to tall fescue and love grass; meanwhile in winter the dry matter yield resulted from the leaf laminae.

Key words: vegetative growth dynamics, prediction model, dry matter, leaf elongation, *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* and *Dactylis glomerata*.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento vegetativo reviste gran importancia en el proceso de producción, debido a que en esta fase la planta genera la mayor parte del forraje que produce durante el ciclo biológico completo. La dinámica del crecimiento vegetativo de las plantas se puede abordar desde dos perspectivas diferentes: uno, a partir del aumento de tamaño de los componentes de la planta; otro, considerando la producción de materia seca. El crecimiento vegetativo como aumento en tamaño de los componentes pudiera evaluarse a través de un atributo que la planta presenta, como es la elongación de las láminas de hojas. La producción de materia seca por unidad de superficie está ampliamente relacionada con la producción de las láminas (Grant *et al.*, 1983), por lo que, con este trabajo, se pretende generar una técnica no destructiva para estimar la producción total de la planta a través de la elongación de las láminas. No obstante, al crecimiento de la planta la afecta ampliamente la temperatura (Menzi *et al.*, 1991 y Ball *et al.*, 1991), por lo cual la elongación de las láminas y la producción de materia seca pudieran ser estimadas a través de las unidades calor acumuladas.

El objetivo general del presente trabajo es estimar la producción de materia seca y determinar la dinámica del crecimiento vegetativo en las gramíneas festuca (*Festuca arundinacea*), ovillo (*Dactylis glomerata*) y amor (*Eragrostis intermedia*).

Objetivos e hipótesis específicos

Generar un modelo para estimar la producción de materia seca de *F. arundinacea*, *D. glomerata* y *E. intermedia* a partir de la longitud acumulada de las láminas de los vástagos,

del número de hojas por vástago, del número de vástagos por planta y por unidades calor acumuladas.

Ha: Es posible encontrar un modelo para predecir la producción de materia seca considerando como variables independientes la longitud acumulada de láminas, el número de hojas por vástago, el número de vástagos por planta y las unidades calor acumuladas.

Generar un modelo para predecir la elongación de las láminas de *F. arundinacea*, *D. glomerata* y *E. intermedia*, considerando como variable independiente las unidades calor acumuladas.

Ha: Es posible generar un modelo para predecir la elongación de láminas tomando como variable independiente las unidades calor acumuladas.

Encontrar la dinámica de crecimiento en términos del incremento en la elongación de láminas por vástagos con relación al tiempo.

Ha: Los incrementos de elongación de láminas por vástagos presentan diferencias con relación al tiempo.

Encontrar la tasa de aparición de hojas en *F. arundinacea*, *D. glomerata* y *E. intermedia*.

Ha: La tasa de aparición de hojas difiere entre especies y entre estaciones en cada especie.

Obtener la proporcionalidad entre los componentes lámina de la hoja: vaina + tallo en *F. arundinacea*, *D. glomerata* y *E. intermedia*.

Ha: La proporción lámina de la hoja vaina + tallo difieren entre ciclos y especies. Encontrar diferencias en la tasa de ahijamiento entre ciclos de crecimiento.

Ha: La tasa de ahijamiento es mayor en el ciclo de crecimiento de verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coah., que se localiza entre los 100° 57' de longitud Oeste y 25° 28' latitud Norte, a una altitud de 1743 m. La precipitación media anual es de 298.5 mm y la temperatura media anual. de 19.8°C. Es una zona semicálida extremosa [BW.hw (x') (e)] (Mendoza, 1983).

Según los datos obtenidos del observatorio meteorológico (estación Saltillo) de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), durante el ciclo de verano la temperatura máxima promedio fue de 26. 95°C, mientras que la mínima promedio de 15. 5° C; durante el ciclo de invierno la temperatura máxima promedio fue de 21.04°C, y la mínima promedio de 6.64°C.

Diseño experimental

Se trabajó con un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x3X10 con nueve repeticiones. El factor A, corresponde a los ciclos de verano e invierno, el factor B incluye a la especie C₄: zacate amor (*Eragrostis intermedia*) y especies C₃: ovillo (*Dactylis glomerata*) y festuca (*Festuca arundinacea*). En el caso del factor C, se realizaron muestreos cada tercer día.

Cálculo de unidades calor

Para calcular las unidades calor diario se empleó el procedimiento residual citado por Romo y Arteaga (1989), que considera al punto crítico como C5 para el caso de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* y C6 para *Eragrostis intermedia*. En cuanto al foto periodo, se trabajó con los valores 1.12 para el crecimiento de verano y 0.91 para el crecimiento de invierno (Romo y Arteaga , 1989) . La fórmula empleada para el cálculo de las unidades calor fue: $UC = \sum_{i=1}^n (\bar{T} - CV)F$; bajo el supuesto que las plantas crecen en función de la temperatura media diaria acumulada arriba del punto crítica de cada especie y varía de acuerdo al fotoperíodo, donde: UC = Unidades calor, T = Temperatura media, F = Factor de foto periodo y CV = Cero vital o punto crítico.

Manejo del material vegetativo

Las plantas se extrajeron del área de pastizal tratando de no dañar las raíces. Posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron a invernadero donde permanecieron por un periodo de 60 días para su recuperación y restablecimiento, al final del cual se realizó una defoliación con el fin de homogeneizar el nuevo rebrote e iniciar la fase de evaluación, para lo cual se llevaron las plantas nuevamente al ambiente natural.

Modelo para estimar la materia seca acumulada

Se generaron los modelos para estimar la materia seca en función de las variables independientes: longitud de láminas de las hojas (LN), número de hojas por vástago (NHV), número de vástagos por planta (NV) o unidades calor (UC). Los criterios de decisión que se emplearon para el modelo fueron betas con significancia, mejor ajuste en el coeficiente de determinación (r^2), mínimo cuadrado medio del error (CME), sin autocorrelación y sin multicolinealidad. En los modelos en el que el coeficiente del intercepto (β_0) no fue significativo ($p \leq 0.05$), el modelo se ajustó bajo el supuesto de que β_0 es igual a cero, lo cual se constató por los resultados previos del análisis de regresión.

Modelos para estimar la elongación de láminas de las hojas

Se generaron los modelos para estimar la elongación de la lámina de la hoja considerando a las unidades calor como la variable independiente. Para los modelos aceptados se emplearon los mismos criterios de decisión aplicados en los modelos para estimar la materia seca.

Variables evaluadas de la dinámica del crecimiento vegetativo

1. Elongación de láminas de las hojas. Se consideró como punto de partida a las estructuras que quedaron después del corte al inicio de la evaluación. La medición fue tomada del extremo cortado de la lámina a la parte donde se localiza la lígula. En el caso de láminas jóvenes, la medición se realizó del extremo a la parte donde se encontraba incrustada a la hoja previa, y a esta altura se le marcó con tinta indeleble para tomarla como referencia de los incrementos posteriores. Debido a que los datos de la variable elongación de láminas (LH) por fechas mostraron normalidad, se realizó la comparación de medias con Tukey.

2. Tasa de aparición de hojas (TAH). Para esta variable se consideró el número total de hojas aparecidas durante el ciclo de crecimiento vegetativo entre el número de días transcurridos.

3. Proporción del peso de lámina de la hoja: vaina + tallo. Se separaron las partes correspondientes a lámina, vaina y tallo; posteriormente, en base seca se pesaron para obtener las proporciones de lámina: vaina + tallo.

4. Dinámica de vástagos. Para obtener la tasa de ahijamiento, se dividió el incremento de nuevos vástagos entre el periodo de tiempo en días del ciclo de crecimiento respectivo, expresado en vástagos día⁻¹ planta⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo para estimar la materia seca acumulada

Al estimar la materia seca considerando a la elongación de láminas acumuladas como variable independiente resultó el modelo lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ para *Eragrostis intermedia* y *Festuca arundinacea* (Cuadro 1), sustentando que ε_i presenta una distribución normal y $i = 1, 2, \dots, n$. Para *Dactylis glomerata*, las variables que presentaron significancia fueron NV y LH, resultando el modelo $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$ (Cuadro 1), que sustenta que ε_i presenta una distribución normal e $i = 1, 2, \dots, n$, donde:

Y_i = Materia seca de la i-ésima planta.

X_{1i} = Longitud de láminas acumulada del total de hojas del vástago en la i-ésima planta.

X_{2i} = Número vástago en la i-ésima planta.

β_0 = Origen de la pendiente.

β_1 = Pendiente de la ecuación a causa de la variable X_1 .

β_2 = Pendiente de la ecuación a causa de la variable X_2 .

ε_i = Error en la i-ésima muestra.

$n = 18$.

En particular, el crecimiento del ciclo de invierno, en el cual la producción de materia seca de las plantas se basa en la producción de las láminas, los modelos lineal simple y lineal múltiple obtenidos difieren en la respuesta de la variable independiente del modelo

exponencial $Y_i = 2.7182^{0.026(x)}$ obtenido por González y Reynaga (1995) en cuanto a la tendencia de la curva, al relacionar la longitud foliar (X_i) y el peso foliar (Y_i). Esta diferencia en resultados es posible que se deba a que, en este trabajo, se relacionaron los incrementos en longitudes acumulativas de las láminas al peso de materia seca por planta, mientras que, en el caso comparativo, solamente se relacionó al peso de la parte foliar.

Cuadro 1. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* a partir del número de vástagos por planta y longitud de las láminas.

Ciclo C.V.	Modelo	r^2 Ajustado	Durbin Watson
<i>Eragrostis intermedia</i>			
Verano e invierno 0.42	$Y_i = 0.142094 X_i$	0.90	2.38
<i>Festuca arundinacea</i>			
Verano e invierno 0.43	$Y_i = 0.076254 X_i$	0.87	1.37
<i>Dactylis glomerata</i>			
Verano e invierno 0.17	$Y_i = -1.84 + 0.03967X_{1i} + 0.0372X_{2i}$	0.96	1.29

En estos modelos, al considerarse para estimar la producción de materia seca de las unidades extensas, puede usarse el criterio de Grant *et al.* (1983) quienes para estimar el rendimiento de materia seca por unidad de área, multiplicaron la producción por vástago, por el número total de vástagos vivos por unidad de área.

Para estimar la producción de la materia seca considerando a las unidades calor como variable independiente, se generó como especie el modelo lineal simple $Y_i = \beta_0 + \beta_1$

$X_i + \varepsilon_i$ (Cuadro 2), sustentando que ε_i presenta una distribución normal e $i=1,2, \dots, n$, donde:

Y_i = Materia seca de la i-ésima planta

X_i = Unidades calor acumuladas en el período del i-ésimo muestreo.

$n = 18$

De los modelos encontrados para estimar la materia seca, es mejor emplear aquéllos que se generaron a partir de la variable unidades calor, ya que se emplea una sola variable independiente y los coeficientes de determinación (r^2) son más altos. Sin embargo, los modelos generados al emplear las variables independientes: número de vástagos por planta y longitud de las láminas, son útiles en tanto que no se cuente con fuentes de suministro de información.

Cuadro 2. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* a partir del número de unidades calor acumuladas.

Ciclo	Modelo	r^2 ajustado	Durbin Watson	C.V
<i>Eragrostis intermedia</i>				
Verano e invierno	$\hat{y}_i = -6615 + 0.03624X_i$	0.99	1.95	0.47
<i>Festuca arundinacea</i>				
Verano e invierno	$\hat{y}_i = -29 + 0.017631X_i$	0.95	1.76	0.35
<i>Dactylis glomerata</i>				
Verano e invierno	$\hat{y}_i = -3.042 + 0.015427X_i$	0.96	1.87	0.48

Modelo para estimar la elongación de láminas de las hojas

Al estimar la elongación de las láminas como atributo de referencia de la dinámica de crecimiento, los análisis arrojaron para todas las especies el modelo lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ (Cuadro 3), sustentando que ε_i presenta una distribución normal y $i=1, 2, \dots, n$, donde:

Y_i = Longitud acumulada del total de láminas del i-ésimo vástago.

X_i = Unidades calor acumulada en el periodo del i-ésimo muestreo.

$n = 180$

Debido a que la hoja es el componente de la planta que tiene mayor participación en la producción de fotosintatos, así como la alta relación con la producción de forraje por unidad de superficie (Gran *et al.*, 1983), se tomó la longitud de la lámina como la que pudiera dar respuesta de la velocidad de producción de forraje.

En el análisis para la estimación de la elongación de las láminas tomando como independiente a unidades calor, se consideró a Hodges (1991), quien señala que la expansión foliar es dependiente de la temperatura en muchas especies. Navarro (1995) indica que el crecimiento de las hojas se incrementa cuando las temperaturas del día y la noche son elevadas, lo que concuerda con los resultados del presente estudio, al obtener mayores incrementos en la longitud de las láminas durante el ciclo de verano, en el cual las temperaturas fueron más altas (día y noche) que en el ciclo de invierno.

Cuadro 3. Modelo para estimar la elongación de láminas en vástagos individuales en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* a partir de las unidades calor acumuladas.

Ciclo	Modelo	r ² ajustado	Durbin Watson	C.V
<i>Eragrostis intermedia</i>				
Verano	$Y_i = 0.173698X_i$	0.57	2.17	0.75
Invierno	$Y_i = 0.045763X_i$	0.42	1.98	0.90
<i>Festuca arundinacea</i>				
Verano e invierno	$Y_i = 0.088983X_i$	0.66	1.73	0.62
<i>Dactylis glomerata</i>				
Verano	$Y_i = 0.063339X_i$	0.72	1.514	0.39
Invierno	$Y_i = 0.098122X_i$	0.53	2.006	0.64

Dinámica del crecimiento vegetativo

Elongación de la lámina de la hoja en el ciclo de verano

Durante la estación de verano, la elongación de la lámina de *E. intermedia* presentó tendencia similar a la forma sigmoideal encontrado por Voisin (1994) en sus investigaciones sobre la producción de materia seca a través del tiempo; sin embargo, en este caso sólo se considera el atributo elongación de las láminas de manera acumulada, dado que el incremento de la materia seca del cultivo en pie se presenta como dependiendo significativamente de la producción neta de las láminas por hectárea (Grant *et al.*, 1983). En este ciclo se registra un incremento total superior en *D. glomerata* al final del ciclo (85 a 65 cm) (Cuadro 4), debido a que presenta una mayor tasa de aparición de hojas y mayor número de nuevas hojas por vástago (Cuadro A1) que en las demás especies, según lo definido como

crecimiento por Hodgson (1979).

Cuadro 4. Dinámica de la elongación de las láminas en el crecimiento vegetativo de *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* durante el ciclo de verano.

Fecha	<i>E. intermedia</i> Incrementos(cm)		<i>F. arundinacea</i> Incrementos(cm)		<i>D. glomerata</i> Incrementos(cm)	
(Agosto)	Parciales	Acum. ¹	Parciales	Acum. ¹	Parciales	Acum. ¹
3	11.53 ab	11.53	7.91 ab	7.91	13.36 ab	13.36
6	8.79 b	20.32	9.02 a	16.93	14.47 a	27.83
9	14.70 a	35.02	4.80 bc	21.73	9.23 bc	37.06
12	11.44 ab	46.46	7.66 ab	29.39	9.50 abc	46.56
15	8.20 bc	54.66	6.99 ab	36.38	9.35 bc	55.91
18	4.95 bcd	59.61	6.31 ab	42.69	9.74 abc	65.65
21	3.72 cd	63.33	4.45 bc	47.14	7.84 c	73.49
24	1.35 de	64.68	2.12 c	49.26	4.84 c	78.33
27	1.18 de	65.86	5.53 abc	54.79	7.32 c	85.65
total	65.86		54.79		85.65	

1=Incrementos acumulativos

* Letras diferentes significan diferencia estadística entre fechas ($p < 0.01$) según Tukey.

Elongación de la lámina de la hoja en el ciclo de invierno

Los incrementos de las especies C_3 (*F. arundinacea* y *D. glómerata*) fueron numéricamente mayores que la especie C_4 (*E. intermedia*) (Cuadro 5), resultados que concuerda con lo reportado por Harris *et al.* (1981) en la superioridad en producción de forraje que la especie C_3 presentó en el ciclo de invierno al compararla con la especie C_4 . Así también, concuerda con 1a. producción estacional reportado por Anslow y Green

(1967) en cuanto a la respuesta del crecimiento a las condiciones estacionales, encontrando que las producciones declinaron en otoño e invierno.

Cuadro 5. Dinámica de la elongación de las láminas en el crecimiento vegetativo de *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* durante el ciclo de invierno.

FECHA (Noviembre- diciembre)	<i>E. intermedia</i> Incrementos (cm)		<i>F. arundinacea</i> incrementos (cm)		<i>D. glomerata</i> Incrementos (cm)	
	Parciales	Acum. ¹	Parciales	Acum. ¹	Parciales	Acum. ¹
3	2.12 a	2.12	4.16 a	4.16	5.37 a	5.37
6	1.84 ab	3.96	3.83 a	7.98	3.48 ab	8.85
9	1.88 ab	5.84	3.82 a	11.80	4.71 a	13.56
12	1.18 abc	7.02	3.73 a	15.53	2.73 ab	16.29
15	1.26 abc	8.28	3.16 ab	18.69	3.02 ab	19.31
18	0.42 bc	8.7	2.7 ab	21.39	1.74 b	21.05
21	0.35 bc	9.05	0.81 b	22.2	1.14 b	22.20
24	0.15 c	9.2	1.1 b	23.3	0.86 b	23.05
27	0.22 c	9.42	1.17 b	24.47	1.08 b	24.14
30	0.45 bc	9.87	0.9 b	25.37	1.08 b	25.22
total	9.87	25.37	25.22			

¹ = incrementos acumulativos

* Letras diferentes significan diferencia estadística entre fechas ($p < 0.01$) según Tukey.

En el ciclo invernal, los resultados acumulativos muestran la tendencia de la curva de crecimiento generada por Voisin (1994) principalmente en las especies C_3 . Observando los resultados es importante considerar que los incrementos están influenciados por las condiciones de temperaturas, también se puede señalar que aunque no son los máximos incrementos que las plantas pueden alcanzar en condiciones de invierno, las plantas reducen la velocidad del crecimiento a medida que avanza la fase vegetativa.

Tasa de aparición de hojas (TAH)

La tasa de aparición de hojas presenta diferencias estadísticas entre especies en cada estación, no siendo así entre estaciones en la misma especie a excepción de *D. glomerata* que presenta una superioridad en verano ($0.1687 \text{ hojas d}^{-1} \text{ vástago}^{-1}$) a la tasa presentada en invierno ($0.0667 \text{ hojas d}^{-1} \text{ vástago}^{-1}$) y es ésta la que en verano supera a *F. arundinacea* y *E. intermedia* (0.0782 y $0.1687 \text{ hojas d}^{-1} \text{ vástago}^{-1}$) y en el ciclo de invierno supera a *E. intermedia* ($0.0185 \text{ hojas d}^{-1} \text{ vástago}^{-1}$) e iguala a *F. arundinacea* ($0.0704 \text{ hojas d}^{-1} \text{ vástago}^{-1}$) (Cuadro A.1.).

La tasa de aparición de hojas nos da respuesta clara de la diferencia en elongación acumulada de láminas de las hojas, ya que influye directamente en el crecimiento de la planta, principalmente en verano, cuando la elongación de las láminas es mayor que en el ciclo de invierno. La superioridad de los resultados del ciclo de verano con respecto al de invierno son similares a la superioridad de producción de hojas por vástagos en verano a la de invierno en la especie *C₃* (*Lolium perenne*) reportados por Woledge *et al.* (1990).

Proporción del peso de lámina: Vaina + Tallo (L: V+T)

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa una mejor proporción de lámina que vaina + tallo en *D. glomerata* (5.961:1) que *F. arundinacea* (3.244:1) y *E. intermedia* (1.527:1) durante el ciclo de verano. En el ciclo de invierno la producción dependió totalmente de estructuras de láminas, ya que en la porción cosechada sólo se encontró estructura laminar, ciclo en el cual *F. arundinacea* mostró superioridad a las demás en la

producción de láminas. Se puede observar que la producción de materia seca en el componente lámina de la hoja es mayor en verano que en invierno en todas las especies (Cuadro A2).

Tasa de ahijamiento

Los resultados presentan diferencias de incrementos entre especies, siendo superior *E. intermedia* (3.18 vástago $\text{d}^{-1} \text{planta}^{-1}$) a *F. arundinacea* y *D. glomerata* (0.48 y 1.44 vástagos $\text{d}^{-1} \text{planta}^{-1}$ respectivamente) en la tasa de ahijamiento en el ciclo de verano, mientras que en el ciclo de invierno presentaron igualdad estadística (0.67, 0.31 y 0.45 vástagos $\text{d}^{-1} \text{planta}^{-1}$ respecto a las especies antes mencionadas) Sin embargo, proporcionalmente fueron superiores en el ciclo de crecimiento de verano al ahijamiento presentado en ciclo de invierno, en cada especie (Cuadro A3). Los resultados del presente estudio se relaciona con lo mencionado por Harris *et al.*, (1981) en cuanto a la estacionalidad del ahijamiento al reportar que las altas temperatura causan un incremento en la velocidad de ahijamiento.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye que:

- La materia seca puede estimarse a través de mediciones no destructivas como la longitud de las láminas de las hojas en las gramíneas *E. intermedia* y *F. arundinacea*, mediante

el modelo $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$, mientras que en *D. glomerata* se generó el modelo lineal múltiple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$ mediante las variables número de vástagos por plantas y longitud de las láminas de las hojas. Sin embargo, la materia seca puede ser mejor estimada a través del modelo $Y_i = b_0 + b_1 X_i + \varepsilon_i$, considerando como variable independiente unidades calor acumuladas.

- La longitud de la lámina puede estimarse mediante el modelo $Y_i = b_1 X_i + e_i$, considerando a las unidades calor acumuladas como variable independiente, la cual se estima con mayor confiabilidad en el ciclo de verano.

- El crecimiento vegetativo presentó un descenso progresivos en los incrementos de la elongación de las láminas de las hojas a través del tiempo y a medida que la madurez del vástago avanza, siendo aceptada la hipótesis planteada.

- En el ciclo de verano *D. glomerata* supera a las demás especies en la tasa de aparición de hojas, en invierno supera a *E. intermedia* e iguala a *F. arundinacea*, y entre estaciones únicamente *D. glomerata* es superior en verano.

- La proporción de lámina : vaina + tallo es significativo en verano, no así en el ciclo de invierno, en el cual únicamente se encontró estructuras de láminas en la porción cosechada.

- El ahijamiento en el crecimiento vegetativo se aceptó el supuesto planteado, ya que en el ciclo de verano existe un mayor ahijamiento.

LITERATURA CITADA

- Anslow, R. C. and J. O. Green. 1967 The seasonal of pasture grasses. J. Agric. Sci. Camb. 68: 109- 122. U.K.
- Ba1l, D. M. ; C. S. Hoveland and G. D. Lacefield 1991. Southern forages Published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and Foundation. for Agronomic Research (FAR). Estados Unidos de América. 256 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977 a. Saltillo. Carta geográfica. G-1473. Escala 1:50,000. Color: varios. México. 1 h.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977b. Saltillo. Carta topográfica. G-1473. Escala 1:50,000. Color: varios. México. 1 h.
- González 5., E. yJ. R. Reynaga V. 1995. Caracterización morfológica del zacate punta blanca (*Digitaria californica*) Benth. Chase. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 107 p.
- Grant, S. A.; G. T. Barthram; L. Torvell; J. King and H. K. Smith. 1983. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continously stocked *Lolium perenne* -domipated swards. Grass and Forage Sci. 38:33-344. Gran Bretaña.
- Harris, W.; B. J. Forde and A. K. Hardacre. 1981. Temperature and cutting effects on the growth and competitive interaction of ryegrass and paspalum: 1. Dry matter production, tiller numbers, and light interception. N. Z. Journal of Agricultural Research. 24:299-307. New Zealand.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definition in grazing studies. Grass and Forage Sci.

34:11-18. Gran Bretaña.

Hodges, T. 1991. Predicting Crop Phenology. CRC press. Estados Unidos de América. 233 p.

Mendoza, H., J. M. 1983 Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Agroclimatología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P 1- 7.

Menzi H.; Blum, H. and N. Nosberger. 1991 Relationship between climatic factors and the dry matter production of sward of different composition at two altitudes. Grass and Forage Sci. 46: 223-230. Gran Bretaña.

Navarro C., G. 1998. Ecofisiología aplicada al manejo de pastizales. En: Medina T., J. G.; M. J. Ayala O.; L. Pérez R. y J. Gutiérrez C. Rehabilitación de ecosistemas de pastizales. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P 29-50.

Romo G., J. R, y Arteaga R., R. 1989. Meteorología agrícola. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Voisin, A. 1994. Productividad de la hierba. 2^a. ed. Edit. hemisferio sur. Argentina. 515 p.

Wolledge, J. ; V. Tewson and I. A. Davidson. 1990 growth of grass/ clover mixtures during winter. Grass and Forage Sci. 45: 191-202. Gran Bretaña.

APÉNDICE

Cuadro A1. Tasa de aparición de hojas en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

Ciclo	Especie	TAH (hojas d ¹ vástago ¹)
Verano	<i>E. intermedia</i>	0.0535 bc
	<i>F. arundinacea</i>	0.0782 b
	<i>D. glomerata</i>	0.1687 a
Invierno	<i>E. intermedia</i>	0.01 85 c
	<i>E. intermedia</i>	0.0185 c
	<i>F. arundinacea</i>	0.0704 b
	<i>D. glomerata</i>	0.0667 b

* Letras diferentes significan diferencia estadística ($p < 0.01$) según Tukey.

Cuadro A. 2. Proporción del peso de lámina: vaina + tallo en el ciclo de verano y peso de lámina en el ciclo de invierno en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

Ciclo	Especie	L:V+T(g M.S.)	Peso de láminas
Verano	<i>E. intermedia</i>	1.527: 1 b	
	<i>F. arundinacea</i>	3.244: 1 b	
	<i>D. glomerata</i>	5.961: 1a	
Invierno	<i>E. intermedia</i>		0.012 b
	<i>F. arundinacea</i>		0.073 a
	<i>D. glomerata</i>		0.032 b

*Letras diferentes significan diferencia estadística ($p < 0.01$) según Tukey

Cuadro A. 3. Tasa de ahijamiento en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* . en verano e invierno.

Ciclo	Especie	Tasa de ahijamiento (vástagos d ⁻¹ planta ⁻¹)
Verano	<i>E. intermedia</i>	3.18 a
	<i>F. arundinacea</i>	0.48 b
	<i>D. glomerata</i>	1.44 b
Invierno	<i>E. intermedia</i>	0.67 b
	<i>F. arundinacea</i>	0.31 b
	<i>D. glomerata</i>	0.45 b

*Letras diferentes significan diferencia estadística ($p < 0.01$) según Tukey