

ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y DINAMICA DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE TRES GRAMINEAS EN EL SUR DE COAHUILA

FRANCISCO JAVIER MEDINA JONA



T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE PASTIZALES



Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

MARZO DEL 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

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

TESIS

POR

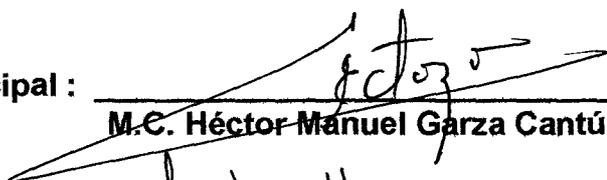
FRANCISCO JAVIER MEDINA JONAPÁ

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES

COMITÉ PARTICULAR

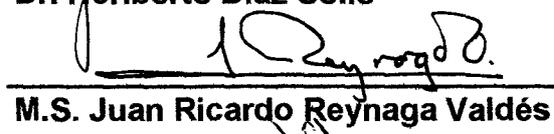
Asesor principal :


M.C. Héctor Manuel Garza Cantú

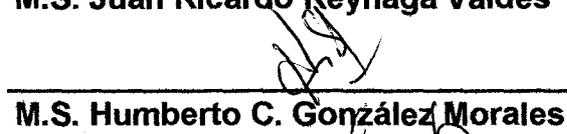
Asesor :


Dr. Heriberto Díaz Solís

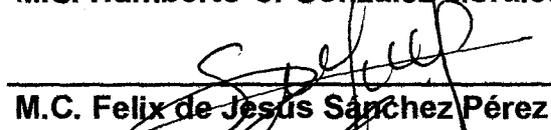
Asesor :

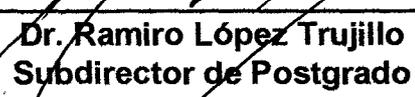

M.S. Juan Ricardo Reynaga Valdés

Asesor :


M.S. Humberto C. González Morales

Asesor :


M.C. Felix de Jesús Sánchez Pérez


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Marzo del 2000.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Héctor Garza Cantú, por su asesoría y apoyo para realización del presente trabajo.

Al Dr. Heriberto Díaz Solís por sus valiosas sugerencias y participación en el presente trabajo.

Al M.S. Juan Ricardo Reynaga Valdés, por sus enseñanzas que ayudaron a mi formación y su participación en la presente investigación.

Al M.S. Humberto C. Gonzales Morales por su participación y valiosas sugerencias.

Al M.C. Felix de Jesús Sánchez Pérez por su participación y valiosa asesoría en el aspecto estadístico.

A la Sra. Juanita por su gran amistad, hospitalidad y apoyo brindado.

A los Ing. Roberto R. Coutiño R. y Rodrigo del C. Hernández Gutierrez por sus compañerismo y apoyo.

DEDICATORIA

A quien por su Amor y bondad nos da la facultad de aprender grandes cosas
Dios.

A mi esposa Sonia Guadalupe Náfate Pérez por su Amor, comprensión y gran apoyo en la realización de mis estudios de Postgrado.

A mis padres Ruben Medina Símuta y Selerina Jonapá de Medina por sus enseñanzas, ejemplos y apoyo incondicional.

A mi hermano Marcelo Medina Jonapá por su apoyo incondicional durante mis estudios.

A mis suegros Faustino Nafate N. y Sonia Pérez de N. por sus apoyo y cariño

A mis hermanos: Olga, Evitalia, Ma. Elena, Ma. Isabel, Cornelio, Julia y Arnulfo por sus apoyo moral.

A mis cuñados, Cuñadas y Sobrinos.

A la memoria de mis Abuelitos y de mis hermanos Graciela, Magnolia, Porfirio y Laura Medina Jonapá.

A mis más grandes amigos: N. de A., N. S. y S. P.

A los Grandes Hombres que nacen y se hacen del Campo.

COMPENDIO

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

POR

FRANCISCO JAVIER MEDINA JONAPÁ

MAESTRIA

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARZO DEL 2000.

M. C. Héctor Manuel Garza Cantú - Asesor -

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

Se evaluó el crecimiento vegetativo de las gramíneas zacate amarrado (*Eragrostis intermedia*), festuca (*Festuca arundinacea*) y ovillo (*Dactylis glomerata*)

dentro del campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de determinar la dinámica de crecimiento vegetativo y generar modelo de estimación de la materia seca a partir de la elongación de las láminas, número de vástagos por planta y/o unidades calor acumuladas y modelo de predicción de la elongación de las láminas de hojas a partir de las unidades calor acumuladas.

Los resultados muestran que los modelos para estimar la producción de materia seca en *E. intermedia* y *F. arundinacea* se generan considerando a la elongación de láminas como variable independiente ($Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$), con coeficientes de determinación significativos de 0.9 y 0.84 respectivamente, mientras que en *D. glomerata* se aceptó la inclusión de la variable número de vástagos por planta ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$), con coeficiente de determinación de 0.96. En cuanto a la estimación de la materia seca a partir de las unidades calor acumuladas se generó el modelo lineal simple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ con altos coeficientes de determinación (en el rango de 0.95 a 0.99), con valores de betas altamente significativos, lo cual explica que puede ser aplicada con alta probabilidad. En cuanto a la estimación de la elongación de láminas a partir de las unidades calor, se encontró el modelo lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ con coeficientes de determinación significativos en rango de 0.42 a 0.57 para *E. intermedia*, de 0.66 para *F. arundinacea* y en rango de 0.53 y 0.72 para *D. glomerata*.

El ciclo de crecimiento de verano presentó diferencias en la dinámica de crecimiento foliar entre las especies, aunque el incremento total del ciclo son similares entre éstas. La tasa de aparición de hojas en todas las especies estudiadas es mejor en el ciclo de crecimiento de verano. La proporción de los pesos de lámina : vaina + tallo que se dan en verano, *D. glomerata* es ligeramente superior a *F. arundinacea* y *E. intermedia*; en tanto que en invierno no se registran incrementos de vaina y tallo en la porción de forraje cosechada por lo cual la producción de materia seca dependió en su totalidad de la láminas de las hojas en las tres especies, existiendo superioridad estadística significativa en *F. arundinacea*. En la dinámica de vástagos se muestra que la tasa de ahijamiento en *E. intermedia* es mayor en el ciclo de crecimiento de verano al de invierno; en tanto que *F. arundinacea* y *D. glomerata* aunque hay evidencias para rechazar la hipótesis alterna, se observa una superioridad numérica a los incrementos obtenidos en invierno.

ABSTRACT

DRY MATTER YIELD ESTIMATION AND GROWTH VEGETATIVE DYNAMIC
OF THREE GRASSES IN COAHUILA SOUTHERN

BY

FRANCISCO JAVIER MEDINA JONAPÁ

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARCH 2000.

M.Sc. Héctor Manuel Garza Cantú - Advisor -

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

The vegetative growth of love grass(*Eragrostis intermedia*), tall fescue(*Festuca arundinacea*) and orchard grass(*Dactylis glomerata*) grasses were evaluated within the campus of the Agrarian University Antonio Narro with the

objective to determine the dynamic of vegetative growth and to generate model to estimate dry matter starting from lamina elongation, number of shoot per plant and/or heat units accumulated and model to predict leaves lamina elongation starting from the heat units accumulated.

The results show that models for estimating the dry matter production in love grass and tall fescue were generate whereas how independent variable to elongation values of leaves ($Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$) with significant determination coefficients of 0.9 and 0.87 respectively, while in *D. glomerata* the inclusion of the variable number of shoots per plant was accepted ($Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$) with significant determination coefficient of 0.96. As for dry matter estimation starting from heat units accumulated, the simple lineal model $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ with high determination coefficients (from 0.95 to 0.99) was generate with beta values highly significant, which means it may be applied with high probability. As to estimating lamina elongation starting from heats units, the simple lineal model $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ with significant determining coefficients from 0.42 to 0.57 were found for love grass, de 0.66 for tall fescue and 0.53 and 0.72 for orchard grass.

The summer growth values shows differences in dynamic leaves growth among the species, although the total cycle increase are similar between them In winter cycle. The appearance rate of leaves in all the studied species is

better in the summer growing cycle. The weight proportion lamina : sheath stem during the summer, orchard grass is slightly superior to tall fescue and love grass; meanwhile in winter no pod and stem increases are registered in the harvested forage portion, for such reason the dry matter production fully depended of the leaf laminae in three species, existing superiority significant statistic in tall fescue. It is shown in the shoots dynamic that the rate of tillering in love grass is greater during the summer growth cycle, while tall fescue and orchard grass although to exist evidence at hypothesis alternate to accept, numerical superiority is observed to the increases obtained during winter.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCION	1
Objetivos e hipótesis específicas.....	2
REVISION DE LITERATURA	5
Descripción morfológica en etapa vegetativa.....	5
Zacate amor (<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.).....	5
Festuca (<i>Festuca arundinacea</i> Scherb.)	6
Ovillo (<i>Dactylis glomerata</i> L.).....	6
Dinámica del crecimiento de la hierba.....	7
Producción estacional de forraje.....	11
Dinámica de hojas	13
Dinámica de vástagos.....	15
La temperatura en el crecimiento y producción de forraje de las gramíneas.....	18
Unidades calor.....	21
Especies C3 y C4	23
Modelos para calcular la producción de forraje.....	23
MATERIALES Y METODOS	26
Localización del área de estudio.....	26
Características del clima.....	26
Análisis fisico-químico del suelo.....	27
Diseño experimental.....	28
Tratamientos.....	29
Cálculo de unidades calor a partir de las temperaturas.....	30
Manejo del material vegetativo.....	31
Modelo para estimar la materia seca acumulada	32
Modelos para estimar la elongación de láminas de las hojas.....	33
Variables evaluadas del crecimiento vegetativo	33
Dinámica de la elongación de láminas	33
Tasa de aparición de hojas(TAH)	34
Proporción del peso de Lámina : Vaina + Tallo	35
Tasa ahijamiento	36
RESULTADOS	38
Atributos fisico-químicos del suelo.....	38
Modelo para estimar la materia seca acumulada	39
Modelo para estimar la elongación de láminas de las hojas	42
Dinámica del crecimiento vegetativo	43

Elongación de la lámina de la hoja durante el ciclo de verano	43
Elongación de la lámina de la hoja durante el ciclo de invierno ...	46
Tasa de aparición de hojas(TAH)	48
Proporción del peso de Lámina : Vaina + Tallo (L : V+T)	49
Tasa de ahijamiento	49
DISCUSIONES	51
Estimación de la materia seca acumulada	51
Estimación de la elongación de las láminas de las hojas	54
Dinámica del crecimiento vegetativo	55
Elongación de la lámina de la hoja durante el ciclo de verano ...	55
Elongación de la lámina de la hoja durante el ciclo de invierno ..	56
Tasa de aparición de hojas	58
Proporción de lámina: vaina + tallo	59
Tasa de ahijamiento	59
CONCLUSIONES	60
RESUMEN	62
LITERATURA CITADA	65
APÉNDICE	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Página
4. 1. Análisis físico-químico del suelo	38
4. 2. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en <i>Eragrostis intermedia</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Dactylis glomerata</i> a partir de la longitud de las láminas y número de vástagos por planta	40
4. 3. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en <i>Eragrostis intermedia</i> , <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Dactylis glomerata</i> a partir de unidades calor acumuladas	41
4. 4. Modelo para estimar la elongación de láminas en vástagos individuales en <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i> a partir de las unidades calor acumuladas	43
4. 5. Dinámica de la elongación de las láminas en el crecimiento vegetativo de <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i> durante el ciclo de verano	45
4. 6. Dinámica de la elongación de las láminas en el crecimiento vegetativo de <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i> durante el ciclo de invierno	47
4. 7. Tasa de aparición de hojas en <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i>	49
4. 8. Proporción del peso de lámina : vaina + tallo en el ciclo de verano y peso de lámina en el ciclo de invierno en <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i>	50
4. 9. Tasa de ahijamiento en <i>E. intermedia</i> , <i>F. arundinacea</i> y <i>D. glomerata</i> en verano e invierno	50

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página
2. 1. Crecimiento y producción total de la hierba por hectárea en dos estaciones diferentes	12
3. 1. Planta recién cosechada al inicio del crecimiento (a) y planta cosechada al final del ciclo de crecimiento vegetativo (b)	36
4. 1. Dinámica de la elongación acumulativa de las láminas en <i>E. intermedia</i> (sp1), <i>F. arundinacea</i> (sp2) y <i>D. glomerata</i> (sp3) en el ciclo de verano	45
4. 2. Dinámica de la elongación acumulativa de las láminas en <i>E. intermedia</i> (sp1), <i>F. arundinacea</i> (sp2) y <i>D. glomerata</i> (sp3) en el ciclo de invierno	47

INTRODUCCION

La dinámica del crecimiento vegetativo reviste gran importancia en el proceso de producción, debido a que la planta como generadora de forraje crece de manera dinámica. En la fase vegetativa del crecimiento, la planta genera la mayor parte del forraje producido durante el ciclo biológico completo.

La dinámica del crecimiento vegetativo de las plantas se puede abordar desde dos perspectivas, una es a partir del aumento en tamaño de los componentes de la planta o bien considerando la producción de materia seca. El crecimiento vegetativo como aumento en tamaño de los componentes pudiera ser evaluada simplemente a través de un atributo que la planta presenta, como es la elongación de las láminas de hojas, mediante el cual podamos obtener respuestas a las interrogantes que regularmente surgen como, si está o no la planta en condiciones de ser defoliada.

La dinámica de crecimiento vegetativo tiene como proceso subyacente a la producción de materia seca, que al traducirse en un elemento de uso es necesario conocer en qué cantidad se está generando, para lo cual se emplean técnicas destructivas de determinación, indiferentemente del fin que se persiga. Cabe señalar que la producción de materia seca por unidad de

superficie es ampliamente relacionada con la producción de las láminas (Grant *et al.* 1983), lo que hace suponer que pueda estimarse la producción total de la planta a través de la elongación de las láminas, tomando en consideración al número de hojas por vástagos, número de vástagos por planta (o unidad de superficie) y/o unidades calor acumuladas como variables independientes que ayuden a una mejor aproximación del fenómeno.

El crecimiento de la planta es ampliamente afectada por la temperatura (Menzi *et al.* 1991 y Ball *et al.* 1991), debido a tal relación es posible que la elongación de las láminas y la producción de materia seca pudieran ser estimadas a través de las unidades calor acumuladas, facilitando la predicción del crecimiento vegetativo.

El objetivo general del presente trabajo fue determinar la dinámica del crecimiento vegetativo y estimar la producción de materia seca en Festuca (*Festuca arundinacea*), Ovillo (*Dactylis glomerata*) y Zacate amor (*Eragrostis intermedia*).

Objetivos e hipótesis específicos

- Objetivo: Generar un modelo para estimar la producción de materia seca de *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia* a partir de la

longitud acumulada de las láminas de los vástagos, número de hojas por vástago, número de vástagos por planta y/o unidades calor acumuladas.

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

- Objetivo: Generar un modelo para predecir la elongación de las láminas en vástagos de *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia* considerando como variable independiente a 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 de *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia* con relación al tiempo.

Ha : La dinámica de crecimiento en términos del incremento de elongación de láminas por vástagos en *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia* presenta diferencias en los incrementos con relación al tiempo.

- Encontrar la tasa de aparición de hojas en *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia*.

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

- Obtener la proporcionalidad entre de los componentes lámina de la hoja : vaina + tallo en *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia*.

Ha : La proporción lámina de la hoja : vaina + tallo difieren entre ciclos y especies.

- Encontrar las diferencias en la tasa de ahijamiento entre ciclos de crecimiento en *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Eragrostis intermedia*.

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

REVISION DE LITERATURA

Descripción morfológica en etapa vegetativa

Zacate amor (*Eragrostis intermedia* Hitchc.)

COTECOCA (1991) reporta características morfológicas de *E. intermedia* Hitchc. como culmos amacollados, erectos o ascendentes, de 55 a 90 cm de alto; vaina con el dorso redondeado y aquilladas hacia la parte superior, las inferiores a veces comprimidas, glabras; lígula con una hilera densa de pelos blancos de aproximadamente 0.4 mm de largo, hoja con lámina de dos a tres milímetros de ancho, casi siempre involutas, a veces planas. Habita en lugares escarpados arenosos y rocosos, orillas de arroyos, orillas de cultivos, claros de bosques de pino-encino o encino y pastizales; entre los 1,150 a los 2,300 msnm. Es una planta de buen valor forrajero, se apacenta en épocas de lluvias cuando rebrota; se le conoce como amor de planicies, llanero o volador (Sonora), zacate pradera (Chihuahua) y zacate amor (Coahuila).

Festuca (*Festuca arundinacea* Scherb.)

COTECOCA (1991) reporta a *Festuca arundinacea* con culmos de hasta 150 cm de alto y un grosor de cinco mm, amacollados, glabros y no ramificado; nudos oscuros, glabros y contraídos; vainas alargadas, estriadas, lisas o escabrosas; lígula membranosa hasta de dos mm de largo; hojas con lámina de 10 a 60 cm de largo por tres a 12 mm de ancho, glabras, ásperas, planas, la superficie superior y los márgenes escabrosos, con aurículas. Habita entre los 1800 y 2800 msnm, en praderas cultivadas; de excelente valor forrajero; soporta el pisoteo, su utilización principal es durante el invierno. Se utiliza como conservador de suelos dado su sistema radical extenso y penetrante. Se conoce como Alta Festuca (Sonora) y Festuca (Jalisco).

Ovillo (*Dactylis glomerata* L.)

Esta especie presenta culmos erectos, densamente aglomerados, glabros, delgados, de 50 a 100 cm de alto; vainas glabras o casi glabras y lateralmente comprimidas; lígula membranosa de dos a cinco milímetros de largo; hojas con láminas alargadas, planas o involutas de dos a ocho milímetros de ancho. Es una especie de excelente valor forrajero (COTECOCA, 1987).

Dinámica del crecimiento de la hierba

Charles *et al.* (1986) mencionan que el crecimiento de la planta se puede dividir en dos fases: la primera, de la emergencia de la plántula a la antesis considerado como crecimiento vegetativo, durante el cual toda la materia seca es particionada a hojas, tallo y raíces. La fase del crecimiento reproductivo comprende de la antesis a la madurez y la materia seca es distribuida a sus partes reproductivas. Bajo el supuesto de que la producción de biomasa se distribuye entre los componentes de la planta, durante la fase vegetativa se puede describir los incrementos diarios en peso seco en hojas, tallos y raíces mediante los siguientes modelos:

$$\Delta W_L = n_L \in QS - \tau (W_L - W_s)$$

$$\Delta W_s = n_s \in QS$$

$$\Delta W_R = n_R \in QS$$

Donde: \in es la eficiencia con la cual es interceptada la energía luminosa usada en la producción de la materia seca de las nuevas plantas. S es la integral de luz diaria. Q es la producción de energía luminosa incidente durante el día que es interceptado por la planta, y n_L , n_s y n_R denotan la nueva producción de materia seca particionada a la hoja, tallo y raíz respectivamente, τ es el parámetro de abscisión foliar y W_L , W_s y W_R son los pesos secos de la hoja, tallo y raíz de la planta en pie respectivamente.

El crecimiento describe cambios irreversibles con relación al tiempo los cuales son principalmente en tamaño, a menudo en forma y ocasionalmente en número. El crecimiento puede ser considerado como el incremento en peso fresco o la acumulación de peso seco. En muchos caso es asociado a un incremento en la complejidad de los individuos, poblaciones o comunidades (Charles *et al.*, 1986; Hunt, 1990 y Leopold y Kriedemann, 1975).

Grant *et al.* (1983) reportan que la producción neta de las láminas por hectárea es similar al crecimiento del cultivo en pie en la producción de materia seca por hectárea y es la materia seca la que depende ampliamente de la producción de las láminas.

Hyder (1972) menciona que el estado de crecimiento de la planta es una función de la cantidad de tejido foliar expuesta al sol. El meristemo apical es la fuente de nuevas hojas y es elevado por la elongación del tallo. La remoción o daño al meristemo apical detiene la elongación del tallo y la expansión foliar de ese eje. La adaptación de las cotiledoneas provee buena protección por los meristemos intercalares como por los nuevos primordios foliares. En este caso el meristemo intercalario permanece en una posición basal así que la parte de la lámina foliar puede ser removida sin detenerse el crecimiento. Todas las gramíneas tienen meristemos intercalares en la base de la lámina, éstas presentan vástagos vegetativos con o sin caña. La posición

basal del meristemo apical y el primordio foliar protege la futura fuente de expansión foliar y del reemplazamiento de hojas después de la defoliación. El crecimiento se detiene en periodos críticos, pero la división y expansión celular reanuda en los meristemas apical e intercalario cuando las condiciones de crecimiento empiezan a ser favorables. Consecuentemente la muerte del extremo de las hojas son común en el crecimiento primaveral. El meristemo intercalar de la lamina de las gramíneas aparentemente cesa su actividad en el tiempo de la exserción de la lígula.

El crecimiento de la hierba ha sido definido como el incremento en tamaño y pesos de nuevas hojas y tejidos del vástago (Hodgson, 1979). El crecimiento de la hierba es medido por el incremento de forraje en peso seco por unidad de área a cierta tasa de crecimiento expresado en $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. El crecimiento puede ser diferenciado con respecto al tiempo, por una tasa de cambio en el incremento. La integración del crecimiento de la planta forrajera sobre el tiempo da como resultado la suma total del crecimiento de forraje acumulado en kg ha^{-1} . Debido a esta integración existe un periodo de tiempo (t_1-t_0) implícito en el cálculo, donde t_1 y t_0 son los tiempos determinantes. Así, la tasa de crecimiento, el crecimiento acumulativo del forraje, y la tasa de cambio en el crecimiento describen la dinámica de la hierba en el tiempo (Scarnecchia y Kothmann, 1986).

Voisin (1994) señala que en el ritmo alternado de agotamiento y de acumulación de nutrientes, parte de los productos resultantes de la fotosíntesis es inmediatamente utilizada para formar las células de los órganos de la planta situados por encima o debajo del suelo; mientras otra parte sirve para satisfacer las necesidades fisiológicas de respiración y metabolismo. La parte restante se mantiene en reserva para las épocas en las cuales no se realiza síntesis o en la que son utilizadas para satisfacer las necesidades fisiológicas de la planta ayudándole a vencer los periodos críticos como la estación invernal o periodos de elevadas temperaturas (arriba de 30 a 35 °C), así como periodos de rápido crecimiento de la planta. La producción de masa verde de las plantas forrajeras no se realiza de manera continua durante el periodo vegetativo, sino de manera alterna por acumulación y dispendios de sustancias de reservas resultante de la fotosíntesis.

Voisin (1994) reporta que en la cinética del crecimiento total de las plantas se distinguen tres estadios, un primer periodo de crecimiento lento, un intermedio de crecimiento muy rápido y finalmente un tercer periodo de crecimiento escaso. Esto se traduce en que al principio la hierba sólo dispone de sus propias reservas y de un número muy escaso de dispositivos clorofílicos, el crecimiento es lento, posteriormente al crear las suficientes células verdes, cuya fotosíntesis producida permite la rápida producción de otras células, es decir una importante masa de hierba por unidad de tiempo denominada "llamarada de crecimiento" al final del crecimiento rápido, la hierba

renueva sus reservas y luego amortigua sus síntesis de células verdes para disponer sus esfuerzos a la formación de las flores y de los granos (Figura 2.1).

Producción estacional de forraje

Anslow y Green (1967) observaron en la producción estacional de forraje en *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne* un incremento en primavera, pero en verano fue variable dependiendo del año, especie o variedad; en tanto que en otoño e invierno la producción declinó.

Gutiérrez (1991) señala que en las gramíneas la producción es notoriamente estacional, presentando la máxima producción en primavera, empieza a bajar en verano y, en otoño se presenta la mínima producción, llegando incluso a cero. A mediados del invierno empieza a rebrotar de nuevo, incrementando a medida que se aproxima a la estación de primavera.

La máxima producción estacional en materia seca de *D. glomerata*, y *F. arundinacea* se presenta en la primavera con 2271.3 y 2871.6 kg materia seca $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ respectivamente, ya que tiende a disminuir en verano (1512 y 1622 kg materia seca $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$), otoño (1072.6 y 1356.6 kg materia seca $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$), e invierno (1918 y 2101 kg materia seca $\text{ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ respectivamente); sin embargo, en el caso de *F. arundinacea* la producción de materia seca por corte incrementa en invierno (Sosa, 1993).

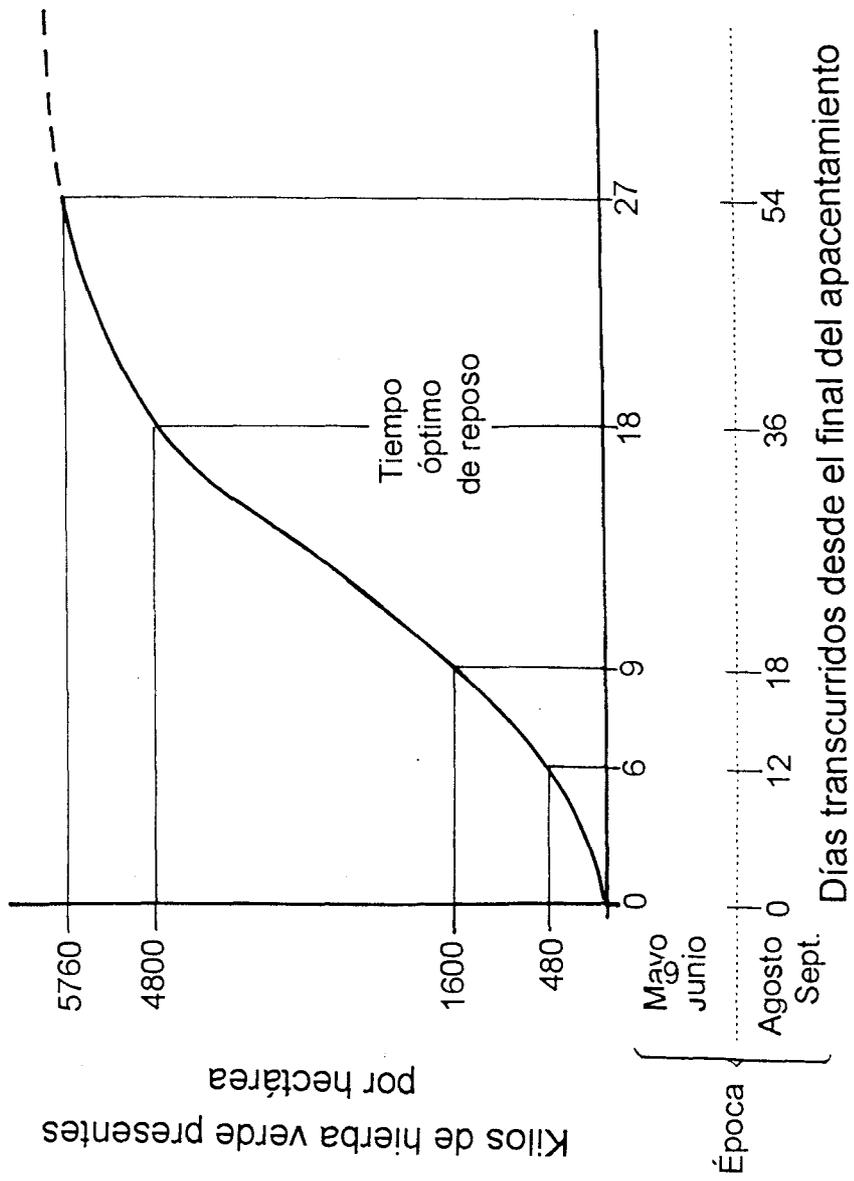


Figura 2.1. Crecimiento y producción total de la hierba por hectárea, en dos estaciones diferentes (Voisin, 1954).

Voisin (1994) señala que la recuperación de la hierba varía según la región y las condiciones climáticas anuales. En Europa, aproximadamente de la media de las regiones, la hierba crece en mayo al doble de la velocidad del registrado en agosto, siendo los tiempos óptimos de crecimiento de 18 días en mayo y de 36 días en agosto. Los 18 días correspondientes a la máxima productividad de mayo, es tan solo una escasa producción en agosto, por lo cual es preciso duplicar el tiempo de recuperación de la hierba para obtener la máxima productividad (Figura 2.1).

Dinámica de hojas

La reposición foliar es más favorable en vástagos vegetativos sin caña, seguido de vástagos vegetativos con caña cortados arriba del meristemo apical y menos favorable en vástagos reproductivos cortados arriba o terminado la inflorescencia rudimentaria (Hyder, 1972).

Grant *et al.* (1983) mencionan que la tasa de aparición de láminas por vástagos se incrementa linealmente, sin embargo es neutralizada parcialmente por el incremento lineal de la tasa de senescencia. El análisis estadísticos mostró que los efectos del tratamiento en el crecimiento, senescencia y producción neta se pueden explicar adecuadamente por la regresión lineal, ya sea en la altura de la pradera o en la masa de forraje. Los interceptos de la

línea de regresión difirieron por semana reflejando las limitaciones climáticas para el crecimiento.

Hodges (1991) señala que la duración de la expansión foliar es estrechamente relacionado al número de hojas en los casos del maíz y sorgo. La tasa de aparición de las hojas y duración de la expansión foliar también muestran ser dependiente de la temperatura en muchas especies.

Woledge *et al.* (1990) observaron que *Lolium perenne* al crecer en mezcla con *Trifolium repens*, la producción de hojas fue más lenta en invierno que en verano y resultaron tasas de 0.16 a 0.24 hojas vástago⁻¹ semana⁻¹.

Los primordios de hojas son totalmente meristemáticos, rápidamente la actividad celular se confina a un meristemo intercalar localizado en la base de la hoja. El meristemo se encuentra dividido en dos, la parte superior es responsable del crecimiento de la lámina, en tanto que la parte inferior es responsable del crecimiento de la vaina de la hoja. Una vez que la lígula está expuesta, no existe crecimiento posterior de la lámina. El crecimiento de las hojas se puede medir de dos maneras: 1) determinando la tasa de aparición de hojas una vez que ésta es visible y 2) midiendo el tamaño de las hojas y más precisamente el área foliar. La tasa de aparición de hojas en pastos varía grandemente con el ambiente. El desarrollo de las hojas se encuentran

limitadas a temperaturas constantes de 10 y 20°C, pero se incrementa cuando las temperaturas tanto de día y de noche fueron más altas (Navarro, 1995).

Dinámica de vástagos

La temperatura causa una reacción sobre el número de vástagos, presentando diferencia en relación a la especie. En *Lolium perenne* a altas temperaturas el máximo número de vástagos(16 vástagos por planta) fue alcanzado a las ocho semanas, y a bajas temperaturas se logró a las 16 semanas(53 vástagos por planta). En el caso de *Paspalum dilatatum* a bajas temperatura presentó un hábito postrado, con una baja proporción de vástagos. En consecuencia el mayor número de tallos que contribuyó a la producción fue a altas temperaturas y fue a las 4 semanas, ya que después de ésta el efecto de la temperatura en el número de vástagos no fue significativo. A altas temperaturas *L. perenne* y *P. dilatatum* fueron similares en el número de vástagos, sin embargo a temperaturas bajas *L. perenne* fue 5 veces mayor que *P. dilatatum* (Harris *et al.*, 1981). Las altas temperaturas acelera la producción de vástagos, principalmente a través de un incremento en la tasa de producción de hojas y por lo tanto de sitios axilares (Holmes, 1989).

Hyder (1972) señala que la dinámica de vástagos es explicado por el porcentaje de cada tipo, edad y por los cambios estacionales en número por unidad de área. Específicamente una yema axilar inicia a crecer después de

terminar la actividad meristemática en la lámina y vaina de un fitómero, pero puede incrementar o reducir por la defoliación. La defoliación en la primera etapa de crecimiento puede reducir el ahijamiento. En etapas avanzadas de crecimiento la defoliación o aún el despunte generalmente incrementan el ahijamiento. La elongación del tallo en especies de vástagos vegetativos sin caña proceden solamente después de la inducción floral. Cuando la inducción floral no es prerequisite de la elongación del entrenudo el crecimiento del culmo puede ser enzimáticamente eslabonado en días largos. Los vástagos vegetativos sin caña puede crecer continuamente por dos a más años, mientras los vástagos vegetativos con caña tienen un ciclo anual de vástagos excepto en ambientes subtropical. Antes de iniciar la elongación de entrenudos, las hojas presentes pueden ser removidas sin detener la expansión foliar o la diferenciación de nuevos primordios foliar.

Jameson y Huss (1959) afirman que la tasa de rebrote depende del número de ápices activos en el remanente después del corte. Si el ápice activo del vástago es removido al momento de la defoliación, el desarrollo de nuevas hojas puede detener el desarrollo de nuevos ápices de la yemas del vástagos decapitado. Aunque el ahijamiento es estimulado por la remoción del ápice, el efecto principal puede ser la reducción de la producción de materia seca.

Jewiss (1972) señala que los vástagos tienen dos funciones importantes en la vida de la planta: primero, el ahijamiento de plántulas lleva al

establecimiento; segundo, el ahijamiento es esencial para la regeneración después de la remoción del meristemo terminal por corte o apacentamiento durante el desarrollo de la inflorescencia. Una parcela de baja densidad no tiene la producción de una de alta densidad hasta no alcanzar un ahijamiento suficiente. El ahijamiento tiene la contribución potencial más grande en producción de biomasa de una gramínea, pero el crecimiento es lento comparado a otros orígenes tales como de los meristemos intercalares.

La tasa de ahijamiento tiende a ser exponencial, siempre y cuando la planta permanezca en estado vegetativo y que el ambiente sea favorable. El ahijamiento se reduce significativamente durante los estados de elongación rápida de los tallos una vez que la inflorescencia ha emergido (Navarro, 1995).

Orr *et al.* (1988) mencionan que la densidad de vástagos en *Lolium perenne* disminuye con la altura de apacentamiento de la pradera (30, 50 y 70mm) teniendo 34.8, 26.4 y 23.3×10^3 vástagos m^{-2} respectivamente. Por otra parte Grant *et al.* (1983) señalan que esta misma especie presentó el máximo número de vástagos cuando la pradera se mantuvo con apacentamientos a una altura de 2 a 3 cm de la superficie del suelo y declinó cuando la misma se mantuvo por arriba o por debajo de esta altura.

Los nuevos vástagos generalmente no aparecen hasta que más de dos hojas han aparecido sobre los nudos del vástago original. El ahijamiento incrementa con el aumento en la temperatura (Ryle, 1964).

La temperatura en el crecimiento y producción de forraje de las gramíneas

Armstrong y Castle (1992) mencionan que la producción de los pastos se puede predecir usando un modelo simple el cual incluya variables meteorológicas diarias. El alto incremento de los pastos en la primavera puede deberse al incremento en temperatura, así mismo también por el drenaje del suelo. La disminución del crecimiento de los pastos puede ser ocasionado por falta de humedad en el suelo durante la estación.

Bade *et al.* (1985) reportan que la producción de materia seca en *Cynodon dactylon* (L.) Pers. y *Panicum coloratum* L. fueron afectados significativamente ($p \leq 0.05$) por el aumento de temperatura, por el régimen de agua y por la frecuencia de cosecha. En general, a excepción de la producción en la etapa de quinta hoja, la materia seca fue significativamente mayor con temperaturas a 40 °C día y 30°C noche que con regímenes de temperaturas más bajas. Así mismo el aumento de la temperatura incrementa la producción total, peso vástago⁻¹, área foliar por unidad de área y altura de la planta.

Para un cultivo o variedad en particular existe una temperatura baja letal, un rango óptimo y una temperatura alta letal. La respuesta de los cultivos a la temperatura depende de la temperatura foliar, la cual puede ser más alta o baja que la temperatura del aire, dependiendo del potencial del suelo o la disponibilidad de humedad al cultivo. La selección de un cultivo para un tipo de clima puede ser considerado principalmente la temperatura y también el rango entre las máximas y mínimas. La fotosíntesis neta depende de la radiación solar y la temperatura, así como también de otros factores como la fertilidad del suelo, disponibilidad de agua y espaciamiento entre plantas (Hargreave, 1984).

Hargreave (1984) menciona que la producción de un cultivo depende de factores como la temperatura, evapotranspiración potencial, agua disponible, fertilidad del suelo disponible a la planta, etc. Para un cultivo y variedad en particular existe un rango de temperatura para satisfacer el crecimiento y un estrecho rango de temperaturas óptimas. Las diferencias entre temperatura máxima y mínimas es también de importancia y pueden ser reportados y usado en los modelos agroclimáticos. A esto se debe las diferencias en la tolerancia de las plantas y la producción de un cultivo.

Harris *et al.* (1981) mencionan que la producción de forraje está relacionada a las temperatura. A temperaturas altas (24°C día y 18°C noche) el cultivo de *Paspalum dilatatum* tuvo mayores producciones que el *Lolium perenne* y

a bajas temperaturas (14 °C día y ocho °C noche) *Lolium perenne* resultó ser superior.

Las plantas presentan un incremento lineal en la tasa de crecimiento arriba de una temperatura base hasta alcanzar una temperatura óptima y de ahí en adelante decrece linealmente hasta una temperatura máxima a una tasa de crecimiento cero (Hodges, 1991).

Kendall *et al.* (1994) señala que el crecimiento de las plantas forrajeras perennes es limitado por las temperaturas y/o las condiciones de humedad. Al trabajar con *Medicago sativa* L. y *Trifolium pratense* L., la temperatura y el agua presentaron un efecto significativo sobre el incremento de peso del tallo y la raíz. La temperatura óptima para el peso del tallo, fue de 27°C, observándose que tanto las bajas como las altas temperaturas tienen un efecto negativo. Para el peso de la raíz se encontró un efecto lineal y cuadrática para ambas, con el óptimo de 25°C.

Menzi *et al.* (1991) indican que el crecimiento de las plantas fue afectada significativamente por las temperaturas (arriba de 5°C). Más del 90 por ciento de la variación en la producción puede ser explicada por la temperatura y la radiación. Durante el crecimiento reproductivo de primavera la producción de materia seca por incremento de temperatura fue de dos a tres veces mayor que durante el crecimiento vegetativo de verano. El crecimiento

de primavera fue más afectado por la temperatura que por la radiación. La producción por cada grado de incremento de temperatura mostró valores y patrones estacionales similares para tres años.

Sosa (1993) reporta que las temperaturas representadas en unidades calor acumulado presenta una relación no significativa con la producción de materia seca en *D. glomerata* (-0.23), *F. arundinacea* (-0.19) y *L. perenne* (0.03), sin embargo *Chloris gayana* (C_4) presentó una relación significativa (0.86).

Según Wilson (1984) la temperatura óptima para la producción de materia seca en pastos templados se encuentra en el rango de 20 a 25°C y en ocasiones es posible el crecimiento abajo de los 5°C y cesa a temperaturas extremas de 30 a 35°C. Mientras tanto para las especies tropicales y subtropicales los rangos de temperaturas es de 10 a 45°C. Las altas temperaturas son favorables para el rebrote en estas últimas especies, incrementando en el rango de 15 a 30°C, con un óptimo de los 25 a 30°C.

Unidades calor

Romo y Arteaga (1989) señalan que las plantas deben de acumular determinada cantidad de calor, medido en unidades calor, desde la germinación hasta la madurez. Dicha cantidad es aproximadamente constante de acuerdo a la especie considerada y se le denomina constante térmica. La

constante térmica es la cantidad de temperatura acumulada que necesita una especie vegetal para completar su ciclo vegetativo. Es recomendable calcular la constante térmica por especie y variedad, sub-periodos o en etapas fenológicas. La constante térmica puede ser modificada por ciertos factores ambientales, los más importantes son el contenido de humedad del suelo, su nivel de fertilidad, su temperatura y el tipo de suelo, además de la densidad de población.

El método residual (Romo y Arteaga, 1989) o crecimiento grados-días (Torres, 1983) se basa en que todas las plantas comienzan a crecer por arriba de una temperatura mínima llamado cero vital (C.V.) o punto crítico (P.C.), por lo tanto, no computa las temperaturas inferiores a seis °C, pero además las temperaturas mayores al punto crítico les resta seis °C y mediante la suma de los residuos se obtiene la constante térmica. Como el fotoperiodo (día astronómico) hace variar a la constante térmica, se puede introducir un factor de fotoperiodo que varía de acuerdo a la latitud y época del año. El modelo se desarrolló bajo el supuesto que el crecimiento de las plantas es función de la acumulación de calor y del fotoperiodo. El modelo generado es $UC = \sum_{i=1}^n (\bar{T} - CV)F$; donde: UC = Unidades calor, \bar{T} = Temperatura media, F = Factor de fotoperiodo y CV = cero vital o punto crítico (seis °C).

Torres (1983) señala que en general, la vida activa de las plantas superiores se encuentran entre cero y 50°C, aún cuando estos límites varían

mucho de una especie a otra. Todas las plantas para completar su ciclo vegetativo, deben de acumular cierto número de grados de temperatura.

Gutiérrez (1991) señala que la relación de la producción de materia seca con las unidades calor es significativo en *F. arundinacea* ($r^2=0.27$), por lo cual sugiere que la materia seca sea estimada tomando en cuenta la temperatura acumulada mediante la ecuación $\hat{Y} = -810.073 + 5.181(x)$; donde: x = temperatura acumulada en °C.

Especies C3 y C4

Ludlow (1978) menciona, las plantas forrajeras por sus características fotosintéticas se clasifican en especies C₃ y especies C₄. Dentro de las especies C₃ incluyen las gramíneas y leguminosas de clima templado, teniendo una respuesta a la luz y una eficiencia fotoquímica menor que las especies C₄. En el grupo de especies C₄, incluye a las gramíneas tropicales, así como plantas de crecimiento de primavera-verano en climas extremos y la mayoría de plantas de hojas anchas, teniendo la característica de ser fijadoras de CO₂.

Modelos para calcular la producción de forraje

Grant *et al.* (1983) afirman que con el fin de obtener un índice del patrón de respuestas en rendimiento de materia seca por unidad de área en

ballico anual (*Lolium multiflorum*), la producción de hojas por vástago se multiplicó por el número total de vástago vivos.

Fulkerson y Slack (1994) citan que para determinar el tiempo de defoliación en *Lolium perenne* realizaron investigaciones en invernadero con temperaturas de 13°C durante la noche y 23°C en el día, tomaron en cuenta el número de hojas, con el supuesto que la producción no es constante y la edad fisiológica de la planta repercute en la producción, encontrando que la acumulación de materia seca contra número de hojas y días presentó una curva exponencial a las cuatro hojas del ciclo de crecimiento representada por la siguiente ecuación: $MS=0.0239+0.04e^{\text{número de hojas}} + 0.11489d$ ($r^2 =0.99$; $P<0.01$), donde MS = gramos de materia seca por planta arriba de los cinco centímetros de altura del remanente, d = número de días. Esto describe una fase de crecimiento relativamente lento, hasta la expansión de la primera hoja, seguida por un crecimiento más acelerado que continuó hasta las cuatro hojas totalmente expandidas.

González y Reynaga (1995) reportan que la relación de las variables peso seco foliar(Y_i) y longitud foliar(X_i) se ajustaron al modelo exponencial $\hat{Y}_i=2.2721 \times 2.7182^{0.026(x)}$ con un coeficiente de determinación de 0.9 y un cuadrado medio del error de 0.18 a una probabilidad de ≤ 0.05 .

El crecimiento en las plantas es potencialmente ilimitado, presentando un patrón exponencial en la fase inicial, sin embargo a causa de limitaciones de densidad de individuos presenta una ligera disminución en la curva de crecimiento quedando de manera sigmoideal, con el supuesto que el crecimiento varía en relación al tiempo transcurrido. Este fenómeno se puede describir mediante la ecuación: $r = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$, donde r es la tasa de crecimiento relativo, \ln es el logaritmo natural, W_1 y W_2 se refieren al peso seco de la planta en dos tiempos sucesivos y $t_1 - t_2$ es el tiempo transcurrido del periodo de crecimiento de la planta (Hunt, 1990; Loepold y Kriedemann, 1975 y Charles *et al.*, 1986).

Tallowin *et al.* (1989) al buscar encontrar el peso de la lámina, reportan que esquemáticamente los modelos representan la distribución del peso a lo largo de la lámina de las especies *Lolium perenne*, *Agrotis stolonifera*, *Holcus lanatus* y *Poa trivialis*. La lámina se segmentó en cuartos según la forma de ésta en cada especie, considerando a Q1 como al extremo y a Q4 la base en cada lámina. Mediante este criterio se crearon los modelos para estimar el peso de la lámina. Para calcular el peso de la lámina removido por el apacentamiento, la longitud que ha sido removido es multiplicado por el peso específico de la lámina promedio, sin embargo para cada forma de hoja existe un modelo para calcular el peso de la proporción removida.

MATERIALES Y METODOS

Localización del área de estudio

La presente investigación se realizó dentro del campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, que a su vez se localiza entre los 100° 57' de longitud Oeste y 25° 28' latitud Norte y a una altitud de 1743 msnm (CETENAL, 1977a y CETENAL, 1977b). Las plantas permanecieron en condiciones de ambiente natural, a un costado de los invernadero.

Características del clima

La precipitación media anual es de 298.5 mm y temperatura media anual de 19.8°C. Es una zona semi-árida con clima semi-cálido extremo [BW.hw(x')(e)] (Mendoza, 1983).

Según los datos obtenidos del observatorio (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 y la

mínima promedio de 15.5°C; mientras que durante el ciclo de invierno la temperatura máxima promedio fue de 21.04°C y la mínima promedio de 6.64°C.

Análisis físico-químico del suelo

Los análisis del suelo se realizaron en los laboratorios del departamento de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para dichos análisis, se tomó una muestra compuesta de los substratos donde las plantas de cada especie crecieron, lo cual se realizó al final del ciclo de crecimiento, por lo cual se supone que el contenido de los nutrientes fueron ligeramente superior al inició, sin embargo para no ocasionar disturbios en las raíces se evitó muestrear antes de cada ciclo de crecimiento.

Las técnicas empleadas para la determinación físico-químico del suelo se enlistan a continuación:

Determinación	Técnica
Materia orgánica (M.O.).....	Walkly Black
Carbono orgánico (C).....	Walkly Black
Nitrógeno (N).....	Kjeldahl
Fósforo(P)	Olsen
Potasio (K).....	Extracción con nitrato de sodio
Potencial hidrógeno(pH)	Agua-suelo 1:2
Densidad aparente (Da)	De la probeta
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos

Diseño experimental

Se trabajó con el diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x3X10 en la cual se tuvieron dos ciclos de crecimiento(Factor A), tres especies de gramíneas forrajeras(Factor B), 10 fechas(Factor C) y nueve repeticiones.

Modelo: $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$

$i=1,2,\dots,a$ nivel del factor A

$j=1,2,\dots,b$ nivel del factor B

$k=1,2,\dots,c$ nivel del factor C

$l=1,2,\dots,r$ repeticiones

$\varepsilon_{ijkl} \approx \text{Normal}(0, \sigma^2)$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta del i -ésimo ciclo de crecimiento, j -ésima especie de gramínea y k -ésima fecha de muestreo.

μ = Media general

τ_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A

α_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B

β_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor C

$(\tau\alpha)_{ij}$ = Interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B.

$(\tau\beta)_{ik}$ = Interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k -ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Interacción del j -ésimo nivel del factor B con el k -ésimo nivel del factor C.

$(\tau \alpha \beta)_{ijk}$ = Interacción del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, k-ésimo nivel del factor C.

ε_{ijkl} = Error experimental del i-ésimo ciclo de crecimiento, j-ésima especie de gramínea, k-ésima fecha de muestreo, con el supuesto que la distribución es normal.

Tratamientos

El factor A, corresponde a los ciclos de crecimientos mismos que comprenden dos ciclos y se consideran como ciclo uno o de verano al crecimiento vegetativo evaluado del cuatro al 30 de agosto de 1998, en el cual prevaleció altas temperaturas (temperatura media máxima de 26.95°C y media mínima de 15.5°C), mientras que el ciclo dos comprendió el crecimiento vegetativo registrado del 22 de noviembre al 20 de diciembre del mismo año, en condiciones de bajas temperaturas, por lo cual para propósitos del presente trabajo a este periodo se consideró como crecimiento de invierno (con temperaturas media máxima de 21.04°C y media mínima de 6.64°C), (Cuadro A.8). El Factor B incluye al material vegetativo, que corresponde a las siguientes gramíneas:

Especie C₃: Ovillo (*Dactylis glomerata* L.)

Festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Especie C₄: Zacate Amor (*Eragrostis intermedia* Hitchc.)

En el caso de las fechas de muestreos (Factor C) se realizaron cada tercer día, durante 27 días en el ciclo uno y 30 días en el ciclo dos. Las mediciones se realizaron por las mañanas, a partir de las 6:00 h, siguiendo siempre la misma secuencia en todos los muestreos.

Cálculo de unidades calor a partir de las temperaturas

Los datos de temperaturas obtenidas de la SEMARNAP, se procesaron para calcular las unidades calor diarias según el procedimiento residual citado por Romo y Arteaga (1989), considerando al punto crítico o cero vital como cinco °C para el caso de las especies *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* (Especies C₃) y seis °C para *Eragrostis intermedia* (Especie C₄). En cuanto al fotoperiodo, se trabajó con los valores 1.12 para el crecimiento de verano y 0.91 para el crecimiento de invierno (Romo y Arteaga, 1989). Debido a que las mediciones se realizaron cada tercer día, las unidades calor se agruparon de la misma manera para relacionarlas con las variables y generar los modelos. La fórmula empleada para el cálculo de las unidades calor fue: U.C. = $\sum_{i=1}^n (\bar{T} - CV)F$; bajo el supuesto que las plantas crecen en función de la temperatura media diaria acumulada arriba del punto crítico de cada especie y varía de acuerdo al fotoperiodo, donde: U.C. = Unidades calor, \bar{T}

=Temperatura media, F = Factor de fotoperiodo y CV = Cero vital o punto crítico.

Manejo del material vegetativo

Las plantas establecidas en el pastizal se seleccionaron las que presentaban macollos con diámetro aproximado de tres centímetros en la base, las cuales se extrajeron del suelo, para esto, se excavo con una barra de fierro al rededor del cepellón en un radio de aproximadamente 15 cm, dañando lo menos posible las raíces. Posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno de 37.5 cm de altura por 31.5 cm de ancho, con diámetro de aproximadamente de 20 cm, en seguida se llenaron con suelo del sitio adyacente de donde se extrajo el material vegetativo respectivo y se les agregó agua a capacidad de campo.

El material vegetativo se llevó a uno de los invernaderos del campo de la UAAAN para la etapa de establecimiento. Una vez en el invernadero se realizó la defoliación mecánica a las plantas, dejando un remanente de aproximado ocho cm de altura en promedio. A la planta defoliada se le suministró nuevamente agua a capacidad de campo para que ésta tuviera disponible la humedad necesaria para el rebrote. El material vegetativo permaneció por un periodo de 60 días en invernadero para su establecimiento, al final del cual se realizó una nueva defoliación con el fin de homogeneizar el

nuevo rebrote e iniciar la fase de medición. El material vegetativo establecido se llevó al ambiente natural a un costado de los invernaderos.

Modelo para estimar la materia seca acumulada

Para la creación del modelo que permita estimar la materia seca en función de las variables independientes longitud de las láminas de las hojas (LH), número de hojas por vástago (NHV), número de vástagos por planta (NV) y/o unidades calor (UC), se apoyó en el paquete computacional NCSS 6.08, conjuntamente con el Statgraphics cinco, en los cuales se propone regresiones múltiples con las diferentes posibles combinaciones de las variables mencionadas.

Se aceptó aquel modelo que obtuvo mejor ajuste en el coeficiente de determinación (r^2), mínimo cuadrado medio del error (CME), sin autocorrelación y multicolinealidad y coeficientes con niveles significativos, no obstante, la autocorrelación en los casos donde existió se corrigió tomando en cuenta el coeficiente de los residuos. En los modelos en el que el coeficiente del intercepto (β_0) fue no significativo ($p \leq 0.05$), el modelo se ajustó bajo el supuesto de $\beta_0=0$, constatado por los resultados previos del análisis de regresión.

Modelos para estimar la elongación de láminas de las hojas

Para la creación de los modelos para estimar la elongación de la lámina de las hojas tomando a las unidades calor como la variable independiente, se apoyo en los mismos paquetes computacional utilizados en los análisis de los modelos para estimar la materia seca. Se propuso la regresión múltiple con variables indicadoras para averiguar si era posible crear un modelo para las tres especies en cada periodo o ambos periodos de cada especie. Para los modelos aceptados se empleó los mismos criterios de decisión aplicados en los modelos para estimar la materia seca.

Variables evaluadas del crecimiento vegetativo

Dinámica de la elongación de láminas

Al inicio de la etapa de observación y medición, se realizó el corte a la planta a una altura de 5.5 cm en el ciclo de verano y a 5.7 cm en el ciclo de invierno. Para evaluar la dinámica de la elongación de láminas de las hojas se tomó como punto de partida a las estructuras que quedaron después del corte, es decir, inmediatamente después de la defoliación se midió la longitud del remanente de todas las láminas. 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 ésta última se marcó con tinta indeleble para tomarlo como referencia de los incrementos posteriores en la longitud de la lámina correspondiente. Los registros se tomaron cada tercer día. Se estructuró una base de datos donde se trabajaron los valores obtenidos, extrayéndose de éstos únicamente los incrementos y el valor acumulado del incremento del total de láminas por vástagos, mientras que el número de hojas por vástagos se consideró como covariable para los análisis. Para establecer los valores que nos permiten observar el comportamiento de la dinámica del crecimiento de las plantas, se usó Omnibus K para ver la distribución normal de las variables. Debido a que los datos de la variable elongación de láminas (LH) por fechas mostraron normalidad en las tres especies en estudio, se realizó la comparación de medias con Tukey para encontrar igualdades y diferencias en los incrementos durante el ciclo de crecimiento.

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. Las tasas se calcularon para cada ciclo y para cada especie en estudio. En el caso de los requerimientos unidades calor para el crecimiento por hoja, se consideró el número de unidades calor acumuladas durante el

ciclo de crecimiento entre el número de hojas aparecidas, dando como resultado UC hoja⁻¹ producida.

Proporción del peso de lámina de la hoja : vaina + tallo

Inmediatamente después de realizarse la última medición del crecimiento, se procedió a cortar la planta, se colocaron en una prensa botánica para eliminar la humedad, se separaron las partes correspondientes a lámina, vaina y tallo; posteriormente se llevaron a la estufa a 65°C durante 24 hr para lograr un peso constante en el material.

Para esta evaluación, las partes de cada componente que se computaron fueron aquellas encontradas arriba de la altura de corte de cosecha. Se consideró como lámina a partir de la lígula al extremo de la hoja cosechada y en aquellas en las que la defoliación dividió a la lámina arriba de la lígula, solo se consideró la parte cosechada sin la parte remanente. La vaina consistió de la parte iniciada en la conexión con el nudo del tallo hasta la altura de la lígula y en aquellas que fueron fraccionadas por el corte de cosecha, consistió a partir de la altura de corte hasta la lígula (Figura 3.1). Mientras que el tallo considera a la estructura de nudos y entrenudos sin considerar a la espiga en caso de existir.

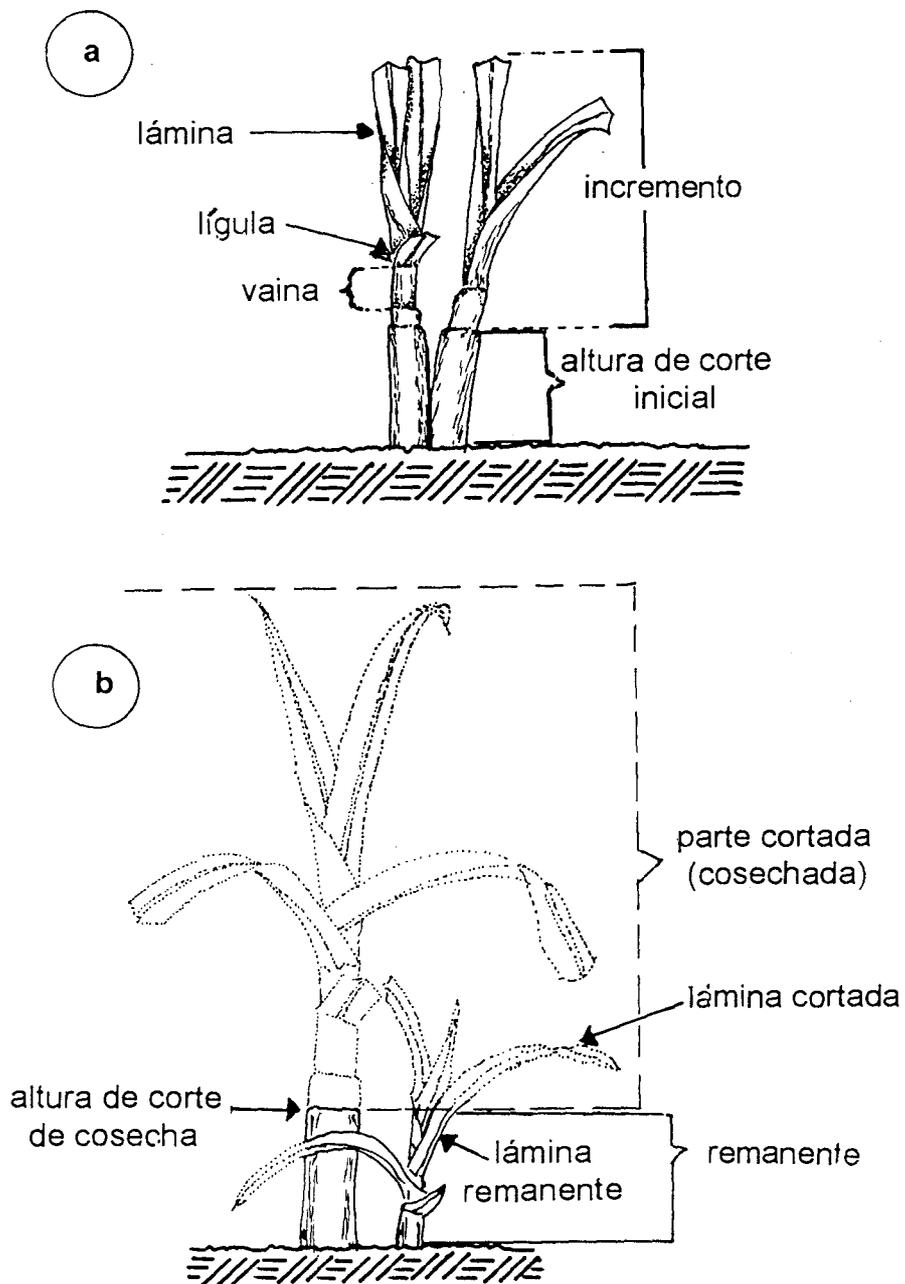


Figura 3.1. Planta recién cosechada al inicio del crecimiento (a), y planta cosechada al final del ciclo de crecimiento vegetativo (b).

Tasa de ahijamiento

Al inicio y final de cada ciclo de crecimiento vegetativo se contabilizaron los vástagos presentes, resultando por diferencias el incremento de vástagos. En este caso se tuvo el cuidado de observar a los vástagos que senescieron con la defoliación de inicio, eliminándose del primer conteo para no alterar la proporción de nuevos vástagos. Para obtener la tasa de ahijamiento, se dividió el incremento de nuevos vástagos entre el tiempo transcurrido en días en el ciclo de crecimiento respectivo, dando como resultado el número de vástagos por día y planta.

RESULTADOS

Atributos fisico-químicos del suelo

El análisis físico del suelo nos indica que el substrato en el cual se desarrolló *E. intermedia* en ambos ciclos presentó una densidad aparente de un g cm^{-3} , con textura migajón arcilloso y en el suelo donde desarrolló *F. arundinacea* y *D. glomerata* fue de 1.3 g cm^{-3} y textura migajón limoso, sin embargo esta diferencia no afectó significativamente a la producción de materia seca y elongación de las láminas ($p \leq 0.05$). El análisis químico del suelo se muestra en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Análisis fisico-químico del suelo.

Ciclo	Especie	M.O (%)	C (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	Da
Verano	<i>E. intermedia</i>	4.21	2.45	0.21	23.8	180.8	7.6	1.0
	<i>F. arundinacea</i>	5.05	2.94	0.25	65.2	718.4	7.6	1.3
	<i>D. glomerata</i>	5.05	2.94	0.25	65.2	718.4	7.6	1.3
Invierno	<i>E. intermedia</i>	3.70	2.15	0.18	35.6	96.4	7.6	1.0
	<i>F. arundinacea</i>	5.25	3.05	0.26	30.5	546.0	7.6	1.3
	<i>D. glomerata</i>	5.12	2.97	0.25	29.2	451.0	7.6	1.3

Modelo para estimar la materia seca acumulada

El análisis de regresión múltiple para estimar la materia seca por planta muestra que las variables independientes: elongación de láminas (LH), número de hojas por vástago (NHV), número de vástagos por planta (NV) y unidades calor acumuladas (UC) no pueden integrarse a un modelo múltiple para tal propósito, ya que los coeficientes estimados de NHV, NV y UC no presentan significancia, a excepción de *Dactylis glomerata* donde el modelo tomó en cuenta a dos variables. Mientras tanto, la variable UC puede manejarse de manera independiente para el cálculo de la materia seca con coeficientes de determinación significativos.

Al realizar los análisis de regresión considerando a la elongación de láminas acumuladas como variable independiente para estimar la materia seca para los casos de *Eragrostis intermedia* y *Festuca arundinacea*, resultó el modelo lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$, 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 = Longitud de láminas acumulada del total de hojas del vástago en la i -ésima planta.

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

ε_i = Error en la i -ésima muestra.

$n = 18$

En cuanto a la especie *Dactylis glomerata*, las variables que presentaron significancia fueron LH y NV, siendo aceptado el modelo lineal múltiple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$, (Cuadro 4.2), 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_{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.

$n = 18$

Cuadro 4.2. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* a partir de la longitud de las láminas y número de vástagos por planta.

Ciclo	Modelo	r^2 ajustado	Durbin Watson	C.V
<i>Eragrostis intermedia</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = 0.142094X_i$	0.90	2.38	0.42
<i>Festuca arundinacea</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = 0.076254X_i$	0.87	1.37	0.43
<i>Dactylis glomerata</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = -1.84 + 0.03967X_{1i} + 0.0372X_{2i}$	0.96	1.29	0.17

Los valores estimados para cada especie y ambos ciclos, muestran una alta probabilidad de la estimación de la materia seca a través de la variable elongación de las láminas en todas las especies y más la variable número de vástagos por planta en *D. glomerata*. En *E. intermedia* se observa una más estrecha relación de la materia seca con la elongación de las láminas, es

decir, que por cada cm de aumento en la longitud de la lámina, aumenta 0.142094 g de materia seca ($r^2=0.9$), mientras que *F. arundinacea* sólo aumenta 0.076254 g de materia seca ($r^2=0.87$) (Cuadro 4.2).

Al realizar los análisis de regresión considerando a las unidades calor como variable independiente para estimar la producción de la materia seca, se generó por especie el modelo lineal simple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ (Cuadro 4.3) 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 acumulada en el periodo del i -ésimo muestreo

β_0 = Origen de la pendiente

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

ε_i = Error en la i -ésima muestra.

$n = 18$

Cuadro 4.3. Modelos estimados para predecir la producción de materia seca en *Eragrostis intermedia*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* a partir de unidades calor acumuladas.

Ciclo	Modelo	r^2 ajustado	Durbin Watson	C.V
<i>Eragrostis intermedia</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = -6.615 + 0.03624X_i$	0.99	1.95	0.47
<i>Festuca arundinacea</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = -2.9 + 0.017631X_i$	0.95	1.76	0.35
<i>Dactylis glomerata</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = -3.042 + 0.015427X_i$	0.96	1.87	0.48

Los valores estimados para β_0 y β_1 se muestran en el Cuadro 4.3, donde se observa valores altos de los coeficientes de determinación (0.95 a

0.99). Sin embargo, cada especie presenta pendientes diferentes a causa de la variable independiente.

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 4.4) sustentando que ε_i presenta una distribución normal e $i=1,2,\dots,n$, 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

β_1 = Pendiente de ecuación a causa de la variable X_i

ε_i = Error en la i -ésima muestra

$n = 180$

En *E. intermedia* y *D. glomerata* los análisis muestran pendientes diferentes para cada ciclo de crecimiento (uno y dos) resultando un modelo estimado para cada ciclo de crecimiento (Cuadro 4.4). En el caso de *Festuca arundinacea*, el análisis ajustó los datos a un modelo lineal simple incluyendo ambos ciclos de crecimiento (uno y dos) (Cuadro 4.4), debido a que es una especie que presenta buena elongación en verano como en invierno.

Cuadro 4.4. 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>E. intermedia</i>				
1	$\hat{Y}_i = 0.173698X_i$	0.57	2.17	0.75
2	$\hat{Y}_i = 0.045763X_i$	0.42	1.98	0.90
<i>F. arundinacea</i>				
1 y 2	$\hat{Y}_i = 0.088983X_i$	0.66	1.73	0.62
<i>D. glomerata</i>				
1	$\hat{Y}_i = 0.063339X_i$	0.72	1.514	0.39
2	$\hat{Y}_i = 0.098122 X_i$	0.53	2.006	0.64

Dinámica del crecimiento vegetativo

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

En este ciclo, la dinámica de elongación de las láminas fue afectada significativamente por la covariable número de hojas por vástagos.

En *Eragrostis intermedia* se tienen incrementos de la elongación de las láminas ligeramente superiores en los primeros muestreos (hasta los 18 días después de la defoliación) que en los últimos, resultando una ligera reducción estadística en los incrementos registrados después de los 18 días a partir de la defoliación (3.72, 1.35 y 1.18 cm correspondientes a los muestreos de las fechas 21, 24 y 27) (Cuadro 4.5).

En el caso de *Festuca arundinacea* presenta un crecimiento similar a *E. intermedia*, sin embargo en esta especie se presenta una reducción después de los 21 días registrándose 2.12 cm en la fecha 24. Mientras tanto en *Dactylis glomerata* la dinámica es muy parecida a los dos primeros y los valores estadísticos son ligeramente menores a partir del muestreo de fecha 21, teniendo incrementos de 7.84, 4.84 y 7.32 cm correspondientes a las fechas 21, 24 y 27 respectivamente. Sin embargo en las especies *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* tienden a incrementarse en el último muestreo (Cuadro 4.5).

Los valores acumulativos de la elongación de las láminas (Cuadro 4.5 y Figura 4.1), se observa que presentan cierta similitud en las tendencias de las curvas entre las especies C₃ (*F. arundinacea* y *D. glomerata*) y la especie C₄ (*Eragrostis intermedia*).

En cuanto a la relación que existe entre las variables LH y UC, *Eragrostis intermedia* (Especie C₄) presenta un valor de 0.51 de correlación, mientras que *F. arundinacea* y *D. glomerata* (Especies C₃) presentan valores de 0.9 y 0.81 respectivamente, lo cual indica que presentan una importante relación en la dinámica de crecimiento de las plantas, principalmente en las especies C₃.

Cuadro 4.5. 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)	
	Parciales	Acum.	Parciales	Acum.	Parciales	Acum.
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	

Acum. =Incrementos acumulativos

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

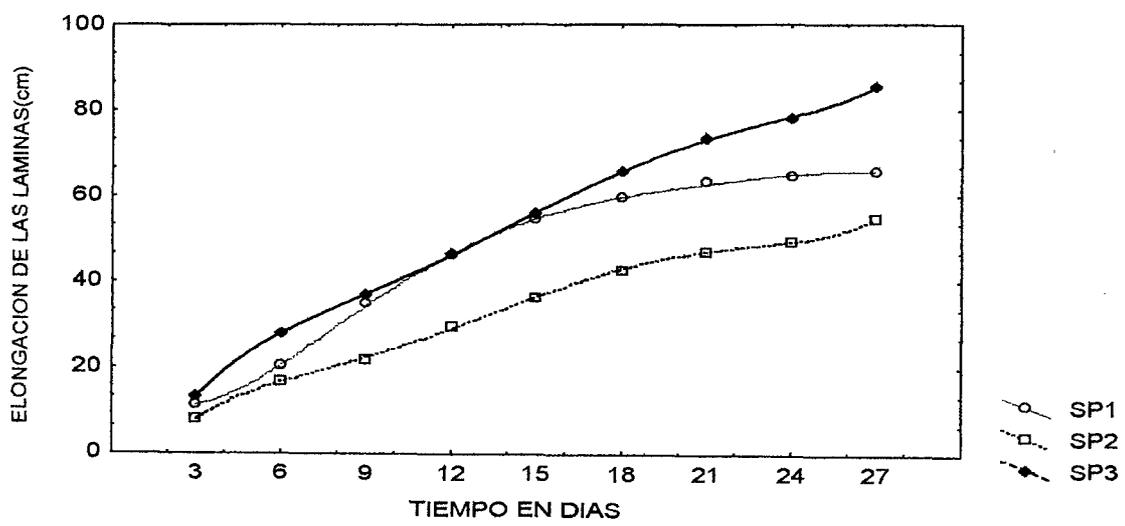


Figura 4.1. Dinámica de la elongación acumulativa de las láminas en *E. intermedia* (sp1), *F. arundinacea*(sp2) y *D. glomerata*(sp3) en el ciclo de verano.

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

En la dinámica de elongación de las láminas de las hojas del ciclo de invierno, la covariable número de hojas por vástago (NHV) únicamente fue significativo en la especie *E. intermedia*.

Durante el ciclo de invierno *E. intermedia* presentó incrementos menores proporcionalmente que en verano, en los primeros días la velocidad de crecimiento fue ligeramente más acelerado que al final, teniendo una disminución del incremento a los 24 días después de la defoliación, sin embargo en el último muestreo los incrementos volvieron aumentar (Cuadro 4.6).

En las especies C_3 (*F. arundinacea* y *D. glomerata*) los incrementos fueron numéricamente mayores que la especie C_4 (*E. intermedia*), sin embargo la dinámica se presentó de manera similar, disminuyendo estadísticamente en el caso de *F. arundinacea* a partir del muestreo realizado a los 21 días después del corte (Cuadro 4.6), mientras tanto *D. glomerata* presentó su mayor disminución en los incrementos a partir del muestreo de fecha 18. El incremento total del crecimiento durante este ciclo fue similar en *F. arundinacea*, y *D. glomerata*, las cuales presentaron mayores incrementos que *E. intermedia* (Cuadro 4.6 y Figura 4.2).

Cuadro 4.6. 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	<i>E. intermedia</i> Incrementos (cm)		<i>F. arundinacea</i> Incrementos (cm)		<i>D. glomerata</i> Incrementos (cm)	
	Parciales	Acum.	Parciales	Acum.	Parciales	Acum.
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	

Acum. =Incrementos acumulativos

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

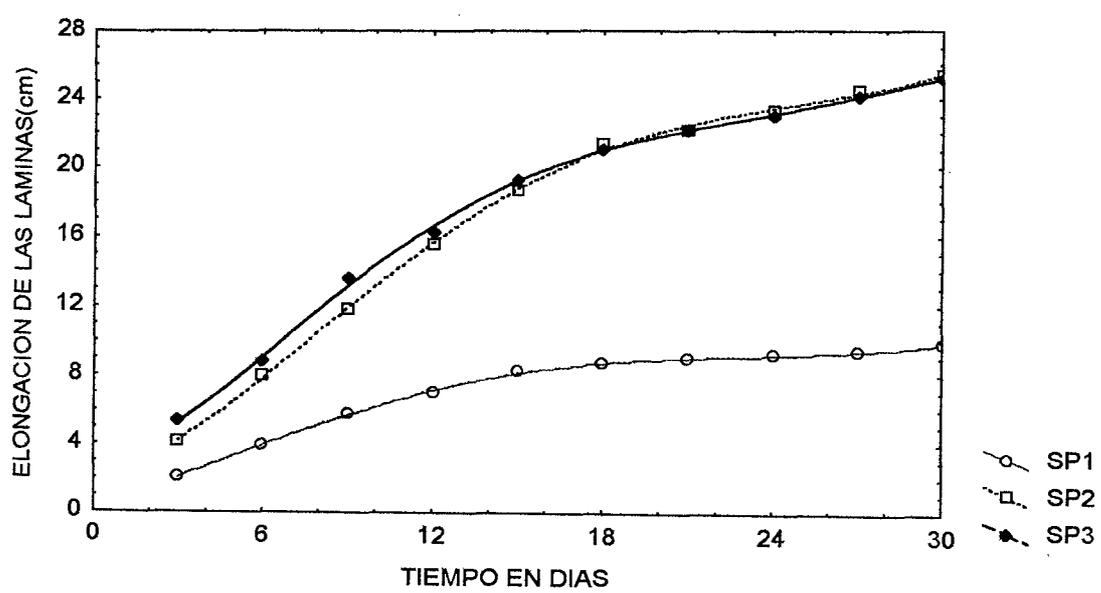


Figura 4.2. Dinámica de la elongación acumulativa de las láminas en *E. intermedia* (sp1), *F. arundinacea* (sp2) y *D. glomerata* (sp3) en el ciclo de invierno.

En los incrementos acumulativos se observa que en *E. intermedia* existe una menor acumulación que *F. arundinacea* y *D. glomerata* y al final del ciclo resultan curvas diferentes, sin embargo estas dos últimas especies presentan incrementos similares en la elongación de las láminas en el ciclo de crecimiento (Cuadro 4.6 y Figura 4.2).

Tasa de aparición de hojas(TAH)

La tasa de aparición de hojas presentan 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 hojas d⁻¹ vástago⁻¹) a la tasa presentada en invierno (0.0667 hojas d⁻¹ vástago⁻¹) y es esta la que supera a las demás especies en verano, y en invierno supera a *E. intermedia* e iguala a *F. arundinacea* (Cuadro 4.7).

Al relacionar la producción de hojas con las unidades calor los resultados muestran que en el ciclo de verano para producir una hoja se requiere de 194.36 U.C. en *F. arundinacea*, 97.7 U.C. en *D. glomerata* y 131.12 U.C. en *E. intermedia*. No obstante, en el ciclo de invierno, *F. arundinacea* requiere menor unidades calor (106.87 U.C.) que en verano, *D. glomerata* incrementa ligeramente el valor presentado en verano, alcanzando un valor de 126.88 U.C., mientras que en *E. intermedia* no se llegaron a determinar los valores debido a que la aparición de hojas no fue significativo.

Cuadro 4.7. Tasa de aparición de hojas en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

Ciclo	Especie	TAH (hojas d ⁻¹ vastago ⁻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>	0.0185 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.

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 las demás especies durante el ciclo de verano. En el ciclo de invierno la producción dependió totalmente de estructuras de láminas, ya que en la porción cosechada solo se encontró estructura laminar, ciclo en el cual *F. arundinacea* mostró superioridad a las demás. 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 4.8).

Tasa de ahijamiento

Los datos obtenidos muestran normalidad y el análisis de varianza presenta diferencia de incrementos entre especies, siendo superior *E.*

intermedia (3.18 vástagos d⁻¹ planta⁻¹) a *F. arundinacea* y *D. glomerata* en la tasa de ahijamiento en el ciclo de verano, mientras que en el ciclo de invierno presentaron igualdad estadística. Sin embargo, proporcionalmente fueron superior en el ciclo de crecimiento de verano al ahijamiento presentado en ciclo de invierno en cada especie (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.8. 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	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 : 1 a	
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 4.9. 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.

DISCUSIONES

Estimación de la materia seca acumulada

Al considerar a la elongación de las láminas de las hojas como el atributo de la planta que pueda darnos respuesta a la producción de materia seca, se propone una alternativa diferente a lo que tradicionalmente se realiza con los muestreos destructivos.

En los resultados se observa que en *E. intermedia* y *F. arundinacea* existe una alta determinación de la materia seca por la variable elongación de las láminas, según valores de los coeficientes de determinación (0.9 y 0.87 respectivamente). En el modelo estimado para *E. intermedia* explica que por cada cm de elongación acumulado en las láminas (LH) existe un incremento de 0.142094 g de materia seca por planta. De manera similar en *F. arundinacea* por cada cm de incremento en LH, existe 0.076254 g de incremento en la materia seca.

Estos modelos en particular, al considerarse para estimar la producción de materia seca en áreas extensas, puede usarse el criterio de Grant *et al.*

(1983) quienes para estimar el rendimiento de materia seca por unidad de área, la producción por vástago se multiplicó por el número total de vástagos vivos por unidad de área.

En el caso de *D. glomerata*, la participación de la variable número vástago por planta (NV) en el modelo, significa que existe dependencia de la producción de materia seca con esta variable y según los valores estimados, explican que manteniendo constante la variable LH, la materia seca incrementa 0.0372 g por cada vástago que aumenta. Por otro lado, si se considera a la variable NV constante y tomamos en cuenta a la variable LH, la materia seca se incrementa 0.39675 g por cada centímetro de incremento en la elongación de las láminas por vástago.

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 al modelo exponencial $\hat{Y}_i = 2.2721 \times 2.7182^{0.026(x)}$ 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 el presente trabajo se relacionó los incrementos en longitudes acumulativos 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.

Cabe señalar que para la construcción de los modelos en el presente trabajo no se tomó en cuenta como variable independiente a la presión de competencia que de manera natural se tiene en un pastizal, por lo que es importante que en trabajos posteriores se realice directamente en campo para considerarse como una variable más que pueda explicar el crecimiento de las plantas.

Por otra parte, al estimar la materia seca a partir de las unidades calor acumuladas, los coeficientes de determinación de 0.95 a 0.99, explica que se puede calcular con alta probabilidad la producción del forraje por planta, recomendando que sean revalidados los modelos directamente en campo para el caso de aplicarse a pastizales.

De los modelos encontrados para estimar la materia seca, es mejor emplear aquellos generados 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 empleando las variables independientes número de vástagos por planta y longitud de las láminas, son útiles en los casos en los cuales no se cuenta con fuentes de suministro de información o falta de herramientas apropiadas para obtener la información meteorológica requerida.

Estimación de la elongación de láminas de las hojas

La estimación de la elongación de las láminas en este trabajo se realizó con el propósito de facilitar la estimación de la producción de la materia seca y de las curvas del crecimiento vegetativo. En los resultados de *F. arundinacea* se observa que la dinámica de crecimiento es más constante, ya que los valores se ajustan a un sólo modelo para los ciclos considerados en el estudio. Los valores de β_1 de las especies *F. arundinacea* y *D. glomerata* (C₃) presentan cierta similitud, no así con *E. intermedia* (C₄), lo que explica las diferencias fisiológicas de cada grupo de especies.

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 (Grant *et al.* 1983), se tomó la longitud de la lámina como el atributo que pudiese darnos respuesta de la velocidad de producción de forraje de las especies antes mencionadas en relación a las unidades calor acumulada durante el día en las plantas.

En los análisis para la estimación de la elongación de las láminas tomando como variable independiente a unidades calor, se consideró a Hodges (1991) al señalar que la expansión foliar muestra ser dependiente de la temperatura en muchas especies. Lo señalado por Navarro (1995) al referirse a

que el crecimiento de las hojas se incrementa cuando las temperaturas del día y la noche son elevadas, concuerda con los resultados del presente estudio al obtener mayores incrementos en la longitud de las láminas durante el ciclo de crecimiento de verano, en el cual las temperaturas fueron más altas (día y noche) que en el ciclo de invierno.

Dinámica del crecimiento vegetativo

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

Durante la estación de verano, la curva de 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 a que el incremento de la materia seca del cultivo en pie se presenta dependiendo significativamente de la producción neta de las láminas por hectárea (Grant *et al.*, 1983). En las especies *F. arundinacea* y *D. glomerata* se observa ligera diferencia al patrón de incrementos que presenta *E. intermedia*. En este ciclo se registra un incremento total superior en *D. glomerata* al final del ciclo (85.65 cm) (Cuadro 4.5), debido a que presenta una mayor tasa de aparición de hojas y mayor número de nuevas hojas por vástago que en las demás especies, considerando lo definido como crecimiento por Hodgson (1979). Esta característica es importante buscar en

las plantas como manejador de pastizales, ya que proporcionan mayor producción de forraje, mayor cobertura al suelo, entre otros atributos.

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

Comparativamente al ciclo de verano, en el ciclo invernal los incrementos totales fueron 6.67, 2.16 y 3.4 veces menor en las especies *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* respectivamente. La superioridad de las especies C_3 (*F. arundinacea* y *D. glomerata*) en comparación con la especie C_4 (*E. intermedia*) es muy notoria, 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 lo 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. Es importante señalar que en el presente trabajo las especies C_3 son variedades mejoradas, mientras que la especie C_4 es nativa.

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 en cada ciclo de crecimiento, 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.

En este ciclo, los incrementos registrados en las primeras fechas después de la defoliación alcanzan hasta más de cuatro veces los incrementos de las últimas fechas de muestreo, esto a causa en parte a la edad fisiológica de las plantas.

Por otro lado, las temperaturas base, óptima y máxima para el crecimiento reportado por Hodges (1991), al intentar estimarlas para las especies estudiadas en el presente trabajo, los datos obtenidos no permitieron estimarlas, ya que los muestreos se registraron cada tercer día, lo cual no permitió encontrar estos estándares, por lo que es recomendable para esto realizar monitoreos del crecimiento de las plantas durante el transcurso del día y durante el crecimiento vegetativo de las plantas o bien realizar estas evaluaciones en cámaras de crecimiento de ambiente controlado considerando como variables independientes a la temperatura y al fotoperiodo, resultados que son útiles para los cálculos de unidades calor.

Tasa de aparición de hojas

La tasa de aparición de hojas nos da respuesta clara de la diferencia en elongación acumulada de láminas de las hojas, ya que el número de hojas influye directamente en el crecimiento de la planta, principalmente en verano en el cual la elongación de las láminas es mayor que en el ciclo de invierno. La superioridad de los resultados del ciclo de verano al de invierno, son similares a los reportados por Woledge *et al.* (1990) en la superioridad de la producción de hojas por vástagos en verano a la de invierno en especie C_3 (*Lolium perenne*).

Los resultados en producción de hojas, muestra que en *D. glomerata* existe menor requerimiento de unidades calor por hoja producida (97.7U.C hoja⁻¹) que las demás especies en el ciclo de verano, mientras que *E. intermedia* es afectada por la estacionalidad, presentando de una mínima a reducida producción de hojas debido quizás al efecto negativo que causan las bajas temperaturas, no lográndose estimar las unidades calor requeridas por hoja producida. En cambio, *F. arundinacea* en invierno reduce el requerimiento de U.C. por hoja (106.87 U.C.) posiblemente a que las horas frío le ayuda en el crecimiento.

Proporción lámina : vaina + tallo

En la proporcionalidad de los componentes lámina : vaina + tallo se observa que la producción de láminas son las que predominan sobre la del resto de la planta y se observa más claramente en el ciclo de invierno en el cual la producción dependió totalmente de las láminas. La ventaja de ciertas especies en la producción de forraje se debe ampliamente a esta cualidad de la planta, aunado a otras como el crecimiento horizontal.

Tasa de ahijamiento

El ahijamiento determina al crecimiento horizontal, siendo en *E. intermedia* un atributo importante que muestra una alta estacionalidad, siendo más alta la velocidad de ahijamiento en verano en comparación con la de invierno. 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, reacción que a bajas temperaturas tiende a desaparecer ya que el máximo número de vástagos se alcanza a las 16 semanas en el caso de *Lolium perenne*, en contraste con las ocho semanas con altas temperaturas.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se concluye que:

- La materia seca puede ser estimada 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 lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ para la muestra considerada, mientras que en *D. glomerata* se generó el modelo lineal múltiple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \varepsilon_i$ 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 lineal simple $Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ considerando como variable independiente unidades calor acumuladas con coeficientes de determinación altamente confiables ($r^2 = 0.95$ a 0.99).
- La longitud de la lámina puede ser estimada mediante el modelo lineal simple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$, considerando a las unidades calor acumuladas como variable independiente siendo determinadas con mayor confiabilidad en el ciclo de verano ($r^2 = 0.57$ a 0.72).

- El tercer supuesto propuesto se acepta, considerando que los incrementos no fueron constantes, encontrando en el crecimiento vegetativo 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.
- *D. glomerata* superó en el ciclo de verano en la tasa de aparición de hojas a las demás especies, en invierno supera a *E. intermedia* e iguala a *F. arundinacea*, mientras que entre estaciones no existe diferencias a excepción de *D. glomerata* que es mayor 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 es un atributo importante en el crecimiento vegetativo de las especies estudiadas, siendo aceptado el supuesto planteado, ya que ciertamente en el ciclo de verano existe un mayor ahijamiento.

RESUMEN

El trabajo se realizó en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, entre los 100° 57' longitud oeste y 25° 28' latitud norte, a una altitud de 1743 msnm. El objetivo de la investigación fue determinar la dinámica del crecimiento vegetativo en las gramíneas *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* en verano e invierno, considerando como variables independientes a los atributos: elongación de las láminas, número de vástagos por vástago, número de vástagos por planta y/o unidades calor. Se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x3x10, correspondiendo estos factores a ciclo de crecimiento, especies y tiempo respectivamente.

El sustrato en el cual se desarrolló *E. intermedia* presentó rango con contenido en materia orgánica de 3.7 a 4.21 por ciento, en carbono orgánico de 2.15 a 2.45 por ciento, en nitrógeno de 0.18 a 0.21 por ciento, fósforo de 23.8 a 35.6 ppm, potasio de 96.4 a 180.8 ppm, pH de 7.6 y textura migajón arcilloso. En el caso del suelo en el que *F. arundinacea* y *D. glomerata* se desarrollaron, el contenido que presentó fue del rango de 5.05 a 5.25 por ciento de materia orgánica, de 2.94 a 3.05 por ciento de carbono, de 0.25 a 0.26 por ciento de

nitrógeno, de 29.2 a 65.2 ppm de fósforo, de 451 a 718.4 ppm de potasio, pH de 7.6 y textura migajón limoso.

El material vegetativo permaneció durante 60 días en invernadero para la etapa de establecimiento, al final del cual se realizó un corte de homogenización del rebrote e iniciar la fase de medición. Se expusieron al ambiente natural para la etapa de investigación. Los datos se tomaron por la mañana, cada tercer día, para lo cual se eligieron tres vástagos en cada planta y tres plantas de cada especie. La elongación de las láminas se consideraron a partir del corte realizado al inicio de cada ciclo, tomando en cuenta únicamente los incrementos registrados.

Los resultados muestran que la construcción de modelos lineal simple para *E. intermedia* y *F. arundinacea*, y múltiple para *D. glomerata* para estimar la producción de materia seca a través de los valores de la elongación de las láminas son significativamente aceptables (r^2 de 0.87 a 0.96), ya que la producción de las láminas es la que proporcionalmente predomina en la producción de materia seca. Aunque no fue posible generar un modelo integral entre los componentes de la planta y las unidades calor acumuladas, sí se puede determinar significativamente ($r^2=0.95$ a 0.99) la materia seca tomando como variable independiente a las unidades calor acumuladas, generándose el modelo lineal simple $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ para las tres especies en estudio.

En relación al modelo para la estimación de la elongación de láminas ($Y_i = \beta_1 X_i + \varepsilon_i$), se encontró mejor determinación en el ciclo de crecimiento de verano en *E. intermedia* ($r^2 = 0.57$), *F. arundinacea* ($r^2 = 0.66$) y *D. glomerata* ($r^2 = 0.72$).

La dinámica de crecimiento durante el ciclo de verano presenta diferencia entre las especies, aunque el incremento total del ciclo son similares entre éstas. En el ciclo de invierno, *E. intermedia* muestra una disminución bastante considerable en la elongación de las láminas en relación a lo obtenido en verano, observándose que es superada por *F. arundinacea* y *D. glomerata*. La tasa de aparición de hojas en el ciclo de verano *D. glomerata* supera a las demás especies, mientras que en invierno presenta estadística a *F. arundinacea* y supera a *E. intermedia*. La proporción de los pesos de lámina : vaina + tallo que se dan en verano, *D. glomerata* es ligeramente mejor a *E. intermedia*, en tanto que en invierno no se registraron en la parte cosechada incrementos de la producción de vaina + tallo, por lo cual la producción de materia seca correspondió totalmente de las láminas en las tres especies. En la dinámica de vástagos se muestra que la tasa de ahijamiento es mayor en *E. intermedia* en el ciclo de crecimiento de verano y en todos los casos se observa un mayor ahijamiento numérico en verano.

LITERATURA CITADA

- Anslow, R. C. and J. O. Green. 1967. The seasonal of pasture grasses J. Agric. Sci. Camb. 68: 109- 122. U.K.
- Armstrong, A. C. and D. A. Castle A. 1992. Potential impacts of climate change on patterns of production and the role of drainage in grassland. Grass and Forage Science. 47: 50-61. Gran Bretaña.
- Bade, D. H. ; B. E. Conrad and E. C. Holt. 1985. Temperature and water stress effects on growth of tropical grasses. Journal of Range Manage. 38: 321-324. Estados Unidos de América.
- Ball, 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.
- Charles, E., D.A. , D. Doley and G. M. Rimmington. 1986. Modelling plant growth and development. Academic press. Australia. 235p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. 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.
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1987. Las gramíneas de México. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Tomo II. México. P. 274-276.
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1991. Las gramíneas de México. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Tomo III. México. P. 72-130.
- Fulkerson, W. J. and K. Slack. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1.effect of water - soluble carbohydrates and senescence. Grass and Forage Sci. 49:373-377. Gran Bretaña.

- Sonzález S., E. y J. R. Reynaga V. 1995. Caracterización morfológica del zacate punta blanca (*Digitaria californica*) Benth. Chase. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 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 continuously stocked *Lolium perenne* - dominated swards. Grass and Forage Sci. 38:33-344. Gran Bretaña.
- Jutiérrez N., M. 1991. Comportamiento productivo estacional de una mezcla de especies forrajeras irrigadas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 23-38.
- Jargreave, G. H. 1984. Developing practical agroclimatic models for sorghum and millet. Agrometeorology of sorghum and Millet: In the semi-arid Tropics. International crops research institute for the semi-arid tropic. E.U.A. p. 183-188.
- Jarris, 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.
- Jodgson, J. 1979. Nomenclature and definition in grazing studies. Grass and Forage Sci. 34:11-18. Gran Bretaña.
- Jolmes, W. 1989. Grass: Its production and utilization. Second ed. Ed. Osney mead, Oxford. Gran Bretaña. P. 7-86.
- Jodges, T. 1991. Predicting Crop Phenology. CRC press. Estados Unidos de América. 233 p.
- Junt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Academic division of unwin Hyman Ltd. Gran Bretaña , 112p.
- Jyder D. N. 1972. The Biology and utilization of grasses: Defoliation in relation to vegetative growth. Academic press. New York P. 304-315.
- Jameson, D. A. and D. L. Huss. 1959. The effect of clipping leaves and stems on number of tillers, herbage weights root weights and food reserves of little bluestem. J. Range Manage. 12: 122-126. Estados Unidos de América.

- Jewiss, O. R. 1972. Tillering in grasses: its significance and control. *J. Brit. Grassl. Soc.* 27: 65 - 82. Gran Bretaña.
- Kendall, W. A.; J. A. Shaffer and R. R. Hill Jr. 1994. Effect of temperature and water variables on the juvenile growth of lucerne and red clover. *Grass and Forage Sci.* 49: 264-269. Gran Bretaña.
- Ludlow, M. M. 1978. Light relations of pasture plants. En Wilson, J. R. (ed.) *Plant relations in pastures*. CSIRO. Australia. P. 35-40.
- Leopold, A. C. and P. E. Kriedemann. 1975. *Plant Growth and development* 2a. ed. McGraw Hill. Estados Unidos de América. P. 77-105.
- 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. Nösberger. 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. 1995. 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.
- Orr R. J.; A. J. Parsons, T.T. Treacher And P.D. Penning. 1988. Seasonal patterns of grass production under cutting or continuous stocking managements. *Grass and Forage Sci.* 43:199-207. Gran Bretaña.
- Romo G., J. R. y Arteaga R., R. 1989. *Meteorología agrícola*. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ryle G. J. A. 1964. A comparison of leaf and tiller growth in seven perennial grasses as influenced by nitrogen and temperature. *J. Brit. Grassland Soc.* 19: 281-290. Gran Bretaña.
- Scarnecchia, D. L. and M. M. Kothmann. 1986. Observations on herbage growth, disappearance, and accumulation under livestock grazing. *J. Range Manage.* 39 (1) :86-87. Estados Unidos de América.

- Sosa R., E. E. 1993. Determinación de la producción estacional de gramíneas y leguminosas en asociación. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila . 94 p.
- Tallowin, J. R. B.; F. Tcacenco; M. Patefield and S. K. E. Brookman. 1989. A correction for the influence of changes in lamina weight per unit length in grasses on measurements of the weight of lamina removed by grazing. *Grass and Forage Sci.* 44: 205-21. Gran Bretaña.
- Torres R., E. 1983. Agrometeorología. Edit. DIANA. México. P. 67-80.
- Voisin, A. 1994. Productividad de la hierba. 2ª. ed. Edit. Hemisferio sur. Argentina. 515 p.
- Wilson, J. R. 1984. Plant relations in pasture. Edit. CSIRO. Australia. 425 p.
- Woledge, 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 A.1 Valores del modelo lineal múltiple para estimar la materia seca c previo ajuste de autocorrelación considerando como variab independiente a la elongación de láminas(LH), número de ho por vástago(NHV) y número de vástagos por planta(NV).

Variable	Coficiente	Error estándar	TC	p<0.01
LH	0.68727	0.019173	3.5846	0.0033 **
NHV	-0.472247	0.28318	-1.6677	0.1193 NS
NV	0.016327	0.00727	2.2458	0.0427 *

r^2 ajustada= 0.5875 Durbin Watson= 1.599 CME = 1.73

Cuadro A.2 Valores del modelo lineal múltiple para estimar la materia seca c previo ajuste de autocorrelación considerando como variab independiente a la elongación de láminas(LH) y número vástagos por planta(NV).

Variable	Coficiente	Error estándar	TC	p<0.01
LH	0.063926	0.014487	4.4126	0.0004 *
NV	0.015502	0.0788	1.9673	0.0667 NS

r^2 ajustada= 0.777 Durbin Watson= 0.402 CME = 6.22

Cuadro A.3 Análisis de varianza para elongación de láminas en la dinámica crecimiento de *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* dural los ciclos de verano e invierno.

ESPECIE	FV	GL	SC	CM	FC	p>F
VERANO: <i>E. intermedia</i>	COV(NHV)	1	177.92	177.92	18.53	0.00005**
	Fecha	8	1019.96	127.49	13.28	0.00000**
	Error	71	681.53	9.60		
	Total	80	1737.42			
<i>F. arundinacea</i>	COV(NHV)	1	79.22	79.22	11.02	0.00142**
	Fecha	8	282.45	35.31	4.91	0.00007**
	Error	71	510.38	7.19		
	Total	80	819.83			
<i>D. glomerata</i>	COV(NHV)	1	83.25	83.25	7.47	0.00791**
	Fecha	8	355.31	44.41	3.99	0.00060**
	Error	71	791.25	11.14		
	Total	80	1152.11			

Cuadro A.3 Análisis de varianza para elongación de láminas en la dinámica de crecimiento de *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata* durante los ciclos de verano e invierno(Continuación)

ESPECIE	FV	GL	SC	CM	FC	p>F
INVIERNO: <i>E. intermedia</i>	COV(NHV)	1	5.32	5.32	5.15	0.02593*
	Fecha	9	46.40	5.15	4.99	0.00002**
	Error	79	81.56	1.03		
	Total	89	130.19			
<i>F. arundinacea</i>	Fecha	9	156.28	17.36	6.67	0.00000**
	Error	80	208.40	2.60		
	Total	89	364.68			
<i>D. glomerata</i>	Fecha	9	211.60	23.51	7.66	0.00000**
	Error	80	245.58	3.07		
	Total	89	457.18			

Cuadro A.4 Análisis de varianza para la tasa de aparición de hojas en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

FV	GL	SC	CM	FC	p>F
Especie	5	0.1127867	0.0225573	25.39	0.000000**
Error	48	0.042652	0.0008886		
Total	53	0.1554387			

Cuadro A.5 Análisis de varianza para la proporción Lámina : Vaina + Tallo en verano y peso de la lámina en invierno en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

CICLO	FV	GL	SC	CM	FC	p>F
VERANO	Especie	2	89.96233	44.98116	6.1054	0.00718**
	Error	24	176.81779	7.36407		
	Total	26	266.78012			
INVIERNO	Especie	2	0.0171309	0.008565	11.9017	0.00027*
	Error	24	0.0172725	0.000719		*
	Total	26	0.0344034			

Cuadro A.6 Análisis de varianza para la tasa de ahijamiento en *E. intermedia*, *F. arundinacea* y *D. glomerata*.

FV	GL	SC	CM	FC	p>F
Especie	5	18.12885	3.62577	11.28	0.000335**
Error	12	3.8582	0.321517		
Total	17	21.987			

Cuadro A.7 Datos de temperaturas máximas diarias (Tmx) y mínimas diarias (Tmn) de los ciclos de verano e invierno.

CICLO DE VERANO			CICLO DE INVIERNO		
Días/Agosto	T mx	T mn	Días/Nov.-Dic.	T mx	T mn
1	27,5	15	22	20,7	6,2
2	28,5	15	23	24,3	9,4
3	29,5	15,1	24	23	8
4	28,2	14,2	25	23,1	8
5	28	16	26	20,6	6
6	28,5	14,2	27	24,2	8,2
7	26,7	16,5	28	24,7	11,8
8	25	16	29	26,2	11,6
9	27,2	15,2	30	21,8	10
10	27,7	16	1	20,5	8
11	28,2	14,7	2	23,1	10
12	29	15,6	3	25	9,8
13	30,2	17	4	25,5	9,4
14	30	17,6	5	27,6	11
15	26,5	15,9	6	26	11,8
16	25	17	7	24,4	8,6
17	26,8	15,3	8	12,7	2,6
18	27,2	17	9	24,4	2,2
19	26,2	16,5	10	24	4
20	24,5	14,4	11	5,1	2
21	25	14,2	12	11	-0,1
22	25,2	15,6	13	14,6	-0,4
23	27,4	15	14	13,8	0,4
24	29	17,7	15	14,7	1,2
25	28,2	17,6	16	19,1	1
26	26	16,4	17	12,3	2,6
27	25	15,4	18	23,6	8
28	26,3	13,7	19	23,7	6
29	23,2	14,2	20	27	8,5
30	25	12,8	21	28,7	15
31	24,8	13,9	22	16,8	5