

Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo

Growth analysis of maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.) in a warm humid climate

Jesús Miguel Calzada-Marín^a, Javier Francisco Enríquez-Quiroz^b, Alfonso Hernández-Garay^a, Eusebio Ortega-Jiménez^c, Sergio I. Mendoza-Pedroza^d

RESUMEN

El objetivo de este experimento fue realizar un análisis de crecimiento del pasto "Maralfalfa" (*Pennisetum* sp.) desde la siembra hasta determinar el momento óptimo de cosecha. La morfología de la planta (MP), tasa de crecimiento (TC), altura, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea, se evaluaron a intervalos de 15 días, en un periodo de 180 días, a excepción de los dos primeros muestreos que fueron mensuales. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones. La MP varió de manera significativa ($P < 0.01$) a través de los diferentes estados fisiológicos. La máxima producción de biomasa aérea y TC se alcanzó a los 151 días después de la siembra con 37,297 kg MS ha⁻¹ y 247 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente. También se registró el mayor porcentaje de RI (97.4 %), con una altura de 2.3 m aproximadamente. La producción de biomasa de tallos y la producción de material muerto del pasto maralfalfa, están correlacionadas de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento, coincide con la máxima producción de hojas y de tallos, y con la mayor producción de biomasa total.

PALABRAS CLAVE: *Pennisetum* sp, Crecimiento, Hoja, Tallo, Radiación interceptada, Altura.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to conduct growth analysis on "Maralfalfa" grass (*Pennisetum* sp.) from planting to determine the optimal time to harvest. The plant morphology (MP), growth rate (TC), height, radiation interception (RI), leaf / stem ratio (H:T), leaf/no leaf (H: NH) and the biomass accumulation, were evaluated at intervals of 15 d during a 180 d period, except for the first two samples that were sampled monthly. Data were analyzed using the GLM procedure of SAS, under an experimental design of randomized blocks, with repeated measures over time, with three replicates. The MP varied significantly ($P < 0.01$) across different physiological states. The maximum biomass production and CT was reached at 151 d after planting with 37,297 kg DM ha⁻¹ and 247 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, respectively. It also, recorded the highest percentage of RI (97.4), with a height of 2.3 m, approximately. Biomass production of stems and dead material production Maralfalfa grass are correlated positively with the increasing age of the plant. The maximum growth rate coincides with the maximum production of leaves and stems and increased production of total biomass.

KEY WORDS: *Pennisetum* sp, Growth, Leaf, Stem, Intercepted radiation, Height.

En México, la región tropical comprende aproximadamente 56 millones de hectáreas (28 %

In Mexico, the tropical region comprises approximately 56 million hectares (28 % of the

Recibido el 17 de abril de 2012. Aceptado el 15 de enero de 2013.

^a Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5, Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. 56230. México.

^b Campo Experimental, La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Paso del toro, Veracruz, México. quiroz_jf@yahoo.com.mx. Correspondencia al segundo autor.

^c Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. México.

^d Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. México.

del territorio nacional)^(1,2); el 75 % de dicha superficie se dedica a la ganadería, constituida en un 50 % de agostaderos y praderas nativas, 25 % de praderas inducidas y el resto son praderas introducidas; sin embargo, el índice de productividad de carne y leche del país es bajo, con valores de 35 y 16 % respectivamente⁽¹⁾. Esta baja productividad, aunada a la competitiva producción que actualmente existe en el sector agropecuario, obliga a los productores a realizar un uso eficiente de los recursos naturales que poseen⁽³⁾.

Lo anterior implica incrementar la producción y rentabilidad de dichos sistemas por unidad de área, por medio del aumento de la productividad, acción conocida como intensificación del proceso productivo^(3,4). En este aspecto, Da Silva y Nascimento Jr⁽⁴⁾ señalan no tomar erróneamente intensificación como sinónimo de altas inversiones en recursos, técnicas y equipo de última generación, fertilizantes e irrigación; ya que dichas acciones no aseguran por sí solas una mayor producción.

Para tal efecto, resulta factible el uso de especies forrajeras de corte como gramíneas de la especie *Pennisetum purpureum* (Schum), que tienen como característica ser los de mayor potencial de crecimiento y producción de biomasa por unidad de superficie⁽⁵⁾, con variedades conocidas como los pastos: Taiwán, gigante o elefante, king grass, merkerón y napier, y los cultivares de reciente introducción al país como son el OM-22, el CT-115 y Maralfalfa⁽⁶⁾, de los cuales varias fuentes, en su mayoría no oficiales, reportan rendimientos de forraje por hectárea, así como su calidad nutricional superiores a los encontrados en los cultivares de *P. purpureum* ya conocidos, lo que sugiere la necesidad de generar información científica que avale y de las bases necesarias para su adecuado manejo y utilización.

Los cultivares de la especie *P. purpureum* son de uso generalizado en el trópico, pero no existe una caracterización productiva que defina la

country)^(1,2); 75 % of this area is devoted to livestock, consisting of 50 % rangelands and native grasslands, 25 % induced swards and the rest are areas where grasslands are introduced. However, the rate of productivity of meat and milk products in the country is low, with values of 35 and 16 %, respectively⁽¹⁾. This low productivity, coupled with competitive production that currently exists in the agricultural sector, requires producers to make efficient use of the natural resources available⁽³⁾.

This implies increasing production and lowering costs of such systems per unit area, by increasing productivity, an action known as intensification of the production process^(3,4). In this regard, Da Silva and Nascimento Jr⁽⁴⁾ have indicated that intensification should not be mistaken to be synonymous with high levels of investments in resources, techniques and state of the art equipment, fertilizers and irrigation, since these actions alone do not ensure increased production.

To this end, it is feasible to use as cut forage grasses species such as *Pennisetum purpureum* (Schum), which have the unique characteristic of having the highest potential for growth and biomass production per unit area⁽⁵⁾. Pasture varieties such as: Taiwan, giant or elephant, king grass, merkerón and napier, and the newly introduced cultivars to the country such as the OM-22, CT-115 and Maralfalfa⁽⁶⁾, of which several sources, mostly unofficially, have reported better herbage yields per hectare and nutritional quality than those found in known cultivars of *P. purpureum*, suggesting the need to generate scientific information to endorse and provide the foundation necessary for its proper management and utilization.

Cultivars of *P. purpureum* are widely used in the tropics, but there is no productivity characterization that defines the average production of specific cultivars⁽³⁾, for which it is necessary for evaluating agronomically. However, according to Enriquez and Romero⁽⁷⁾ agronomic evaluation of forage species should

producción promedio de los cultivares específicos⁽³⁾, para lo cual es necesario desarrollar una evaluación agronómica; sin embargo, de acuerdo con Enríquez y Romero⁽⁷⁾ la evaluación agronómica de especies forrajeras no se debe basar únicamente en la cosecha final del producto, ya que esto no permite conocer el efecto particular de los factores ambientales sobre la capacidad productiva de las plantas a lo largo de su ciclo biológico. Por eso es de gran importancia describir su comportamiento fisiológico, la producción y la composición nutricional⁽³⁾. Por tal motivo, el análisis de crecimiento vegetal, constituye una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa, determinada por los factores internos de la planta y por el ambiente en que se desarrolla⁽⁸⁾.

El crecimiento de los pastos involucra cuatro procesos primarios: la aparición de hojas, la aparición de tallos, la formación de tallos verdaderos y la aparición de raíces⁽⁹⁾. El ambiente caracterizado por el suelo y el clima, tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto en su rendimiento; sin embargo, la disponibilidad de los recursos ambientales está supeditada a factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico⁽¹⁰⁾. La luz solar y la temperatura afectan la tasa de crecimiento de las especies forrajeras así como la tasa y tiempo de desarrollo de los estados fenológicos⁽¹¹⁾.

Por otra parte, la adquisición de recursos ambientales (luz, CO₂, temperatura, precipitación), depende de la proporción de hoja, tallos y raíces de las plantas, que mediante los procesos fisiológicos de fotosíntesis, absorción de agua y nutrimentos, crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de los pastos y cultivos⁽¹⁰⁾. Por ello, en el estudio de los patrones de crecimiento de los pastos, la composición morfológica, es decir, la proporción relativa de: hojas, tallos, material muerto y espigas presentes en el forraje que acumulan en el tiempo es de gran significado, no sólo en cuanto a la calidad del forraje cosechado, sino

not be based solely on the final harvest of the product, as this does not reveal the particular effect of environmental factors on the production capacity of the plants throughout their life cycle. Therefore, it is of great importance to describe their physiological behavior, production and nutrient composition⁽³⁾. Therefore, the analysis of plant growth, is a valuable tool to learn about the formation and accumulation of biomass, determined by the internal factors of the plant and the environment in which it develops⁽⁸⁾.

The growth of grasses involves four primary processes: the appearance of leaves, tillering, true stems formation and the appearance of roots⁽⁹⁾. The environment characterized by soil and climate, have great influence on the growth and development of plants and thus their performance; however, the availability of environmental resources is subject to factors such as soil type, altitude, winds and agronomic management decisions⁽¹⁰⁾. Sunlight and temperature affect the growth rate of forage species and the rate and timing of phenological development⁽¹¹⁾.

Moreover, the amount of environmental resources (light, CO₂, temperature, precipitation) needed depends on the proportions of leaf, stems and roots of the plants, which by physiological processes of photosynthesis, water and nutrient uptake, growth and development determine the productivity of pastures and crops⁽¹⁰⁾. Thus, the study of patterns of plant growth, morphological composition, *i.e.* the relative proportion of leaves, stems, dead material and spikes present in the sward that accumulate over time is of great significance, not only in terms of the quality of the fodder, but has implications in terms of the acquisition of aforementioned resources and consequent management of them⁽¹²⁾.

Hernández- Garay and Martínez⁽¹³⁾ argue that total and seasonal herbage yield depends on the species and their interactions with climatic factors such as precipitation, evaporation rate,

por las implicaciones en la adquisición de dichos recursos y de manejo que de ella puede derivarse⁽¹²⁾.

Hernández-Garay y Martínez⁽¹³⁾ argumentan que la producción total y estacional de forraje depende de la especie y sus interacciones con factores climatológicos, tales como precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad de la luz, entre otros. Siendo precisamente la temperatura y la humedad los dos factores que más determinan la producción a través del año^(14,15). La presente investigación se planteó con el objetivo de realizar un análisis de crecimiento del pasto "Maralfalfa" (*Pennisetum* sp.) desde la siembra hasta determinar el momento fisiológico óptimo de cosecha.

El experimento se efectuó en el Sitio Experimental "Papaloapan" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Isla, Veracruz, a 18° 06' N y 95° 31' O y altitud de 65 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García⁽¹⁶⁾, es Aw₀, el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y precipitación promedio de 1,000 mm, de la cual el 85 % ocurre de junio a noviembre, la temperatura media anual es de 25.7 °C. El suelo es acrisol órtico, con textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio, y contenidos medios a altos de fósforo y magnesio⁽⁷⁾.

El experimento se sembró el 22 de julio del 2011 y las evaluaciones se hicieron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero del 2012. Se estableció en parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo (tallos), el cual se sembró en líneas a cordón corrido con 4.33 puntos de germinación (plantas) por metro lineal con separación entre surcos de 0.50 m; lo que dio una densidad de 87,033 plantas por hectárea. Se aplicó una dosis de fertilizante de 120-80-00 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente;

temperature, wind, hours and intensity of light, among others. Where temperature and humidity being precisely the two factors that most determine the production throughout the year^(14,15). The present investigation was designed with the goal of analyzing grass growth of "Maralfalfa" (*Pennisetum* sp.) from planting until determining the optimal physiological moment for harvesting.

The experiment was conducted at the Experimental Site "Papaloapan" of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), in the municipality of Isla, Veracruz, at 18° 06' N and 95° 31' W and at 65 m asl. The climate, according to Köppen, modified by García⁽¹⁶⁾, is Aw₀, the driest of the warm subhumid climates with summer rains and an average rainfall of 1,000 mm, of which 85 % occurs from June to November, the average annual temperature is 25.7 °C. The soil is orthic acrisol with sandy loam, with a pH of 4 to 4.7, low in organic matter, nitrogen, calcium, potassium, and medium to high content of phosphorus and magnesium⁽⁷⁾.

The experiment was planted on July 22, 2011 and assessments were carried out from August 24 of that year to January 23, 2012. Plots were established that were 5 m wide by 16 m long, with three repetitions. Sowing was done with vegetative material (stems), which was planted in with run lines that had 4.33 germination (plants) points per meter with separation among rows of 0.50 m, which gave a density of 87,033 plants per hectare. The dose of fertilizer applied was 120-80-00 kg ha⁻¹ of N and P₂O₅, respectively; which was divided into two applications (at 43 and 112 d after sowing).

There were evaluated different stages of growth (30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 and 180 d after sowing [DAS]), by destructive sampling, these were harvested randomly to ground level along two transects of 1 m each, per plot and each stage of growth. The harvested material was weighed to obtain the

la cual se dividió en dos aplicaciones (a los 43 y 112 días después de la siembra).

Se evaluaron diferentes estadios de crecimiento (30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días, después de la siembra [dds]), mediante muestreos destructivos; se cosecharon, a ras de suelo y al azar, dos transectos de 1 m lineal cada uno, por parcela y estadio de crecimiento. El material cosechado se pesó para obtener el peso fresco total del transecto y se tomó una submuestra del material cosechado, se pesó nuevamente en fresco, y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para obtener la materia seca producida.

Del material cosechado se tomó otra submuestra de dos plantas (tallos completos), las cuales se separaron en sus componentes hojas, tallos, inflorescencias y material muerto, se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y pesaron, para así obtener la proporción de cada componente. La relación hoja/tallo y hoja/no hoja, se estimó para cada edad de crecimiento, al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la materia seca total de hojas, se dividió entre la sumatoria de la materia seca total de tallos, inflorescencias y material muerto.

El número de plantas y el número de tallos presentes por planta, se registró en cada fecha de muestreo en transectos fijos de 1 m lineal por cada parcela, seleccionados al inicio del experimento, a los cuales, se les mantuvo intactos durante los 180 días de evaluación con la finalidad de ir cuantificando el aumento en tallos y plantas para cada unidad de muestreo; dichos datos se extrapolaron a una unidad de superficie determinada (ha), en función del metro lineal y la distancia entre surcos.

Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

fresh weight of the transect and a subsample was taken of the harvested material weighed fresh again, and dried in a forced air oven at 55 °C to a constant weight to obtain dry matter produced.

From the harvested material another subsample of two plants (complete tillers) was taken, which were separated into their component leaves, stems, inflorescences and dead material, dried in a forced air oven at 55 °C to a constant weight in order to obtain the ratio of each component. The leaf/stem (L:S) ratio and leaf/no leaf (L:NL) ratio was estimated for each stage of growth by dividing the total leaf biomass by the total biomass of stems per plant. For the case of the leaf/no leaf ratio, the total dry biomass of leaves was divided by the sum of dry stems, inflorescences and dead material.

The number of plants and number of stems per plant was recorded at each sampling date fixed transects of 1 m for each plot, selected at the beginning of the experiment., They were kept intact during the 180 d assessment in order to go quantifying the increase in stems and plants for each sampling unit, the data were extrapolated to a given unit area (ha), depending on the meter and the distance between rows.

With herbage yield data per cutting, the growth rate (GR) was calculated by using the following formula:

$$GR = HH/t$$

Where: HH= herbage harvested (kg DM ha⁻¹) and t= days between a cutting and the next.

Five readings were taken at random from the intercepted radiation for each developmental age in each plot with a 1 m ruler with 1 cm accuracy by placing it at ground level and perpendicular to the furrows. Readings were taken at approximately 1200 h (in order to estimate or capture energy from sunlight perpendicular to the crop). This assumes that the light incident on the ruler escapes from

Donde: FC= Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y t= días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Se tomaron cinco lecturas al azar de la radiación interceptada para cada edad de desarrollo en cada parcela con una regla graduada de 1 m y 1 cm de precisión, colocándola a nivel de suelo y en posición perpendicular a los surcos. Las lecturas se realizaron aproximadamente a las 1200 h (con la finalidad de estimar o captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo). Para ello se asume que la luz incidente sobre la regla es la que escapa a la intercepción por el cultivo, y la sombra proyectada sobre la regla corresponde a la radiación interceptada por el dosel vegetal.

Para estimar cobertura se utilizó un cuadro de 1 m², el cual representa el 100 % de la superficie, y el porcentaje de forraje contenido en él, se expresa como la proporción que cubra de dicho cuadro. Se realizaron cinco mediciones por parcela en cada etapa de crecimiento. Al igual para medir la altura de la pradera, se efectuaron cinco mediciones aleatorias en cada unidad experimental colocando la regla en el suelo y se registró la altura cuando se tuvo el punto de contacto con la hoja bandera.

Los datos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS⁽¹⁷⁾, para un diseño experimental de bloques al azar con medidas repetidas, con 10 tratamientos (correspondientes a igual número de estadios de crecimiento) con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable, con el objetivo de describir la tendencia, a partir de seleccionar el mejor modelo, de acuerdo con el coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

La precipitación anual registrada para el 2011 fue de 1,602 mm y para el periodo de evaluación (julio-enero) se tuvo el 89 % (1,434 mm; Figura 1); ambas superiores al promedio de la localidad reportado por García⁽¹⁶⁾; y de acuerdo con Paretas⁽¹⁸⁾, por encima de lo requerido por la

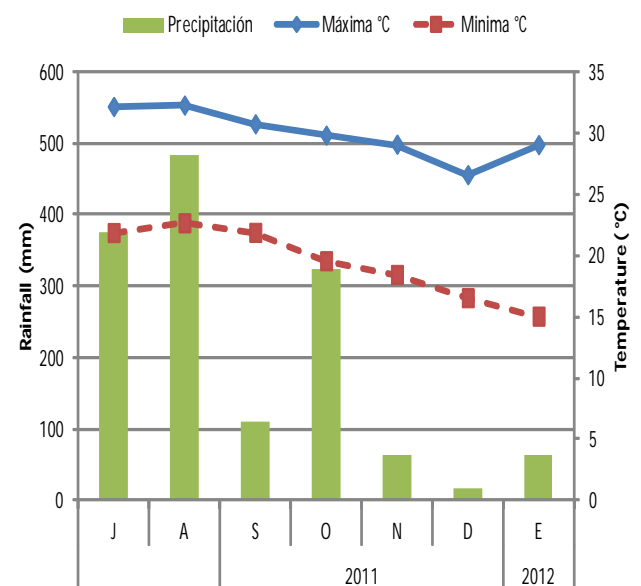
being intercepted by the crop, and the shadow cast on the ruler corresponds to the radiation intercepted by the canopy.

To estimate sward coverage, one square meter frame was used, which represents 100 % of the surface, and the percentage of forage grass contained therein was expressed as a proportion of what the box covers. Five measurements were made per plot at each stage of grass growth. To measure sward height, five measurements were carried out in each experimental unit at random with a rule placing on the floor and the height was recorded when it was at the point of contact with the average leaf height.

Data were analyzed by GLM procedures of SAS⁽¹⁷⁾ for a block design with random repeated measures, with 10 treatments (corresponding to the same number of stages of grass growth)

Figura 1. Comportamiento de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima durante la fase de muestreo en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz

Figure1. Seasonal distribution of rainfall, maximum, and minimum temperature during the experimental period, in the Papaloapan experimental site, Isla, Veracruz



especie, ya que plantea que *P. purpureum* requiere altas temperaturas y precipitaciones anuales no menores de 1,000 mm. También hubo un ligero incremento en la temperatura media anual (de 25.7 a 26.0 °C); no así para el periodo de muestreo, cuyo promedio fue de 25.0 °C, ligeramente por debajo de la media anual reportada; incluso insuficiente (al menos para los meses de diciembre y enero) para que la especie manifieste su mejor crecimiento, ya que Ferraris⁽¹⁹⁾ argumenta que su desarrollo óptimo ocurre a temperaturas de 30 a 35 °C.

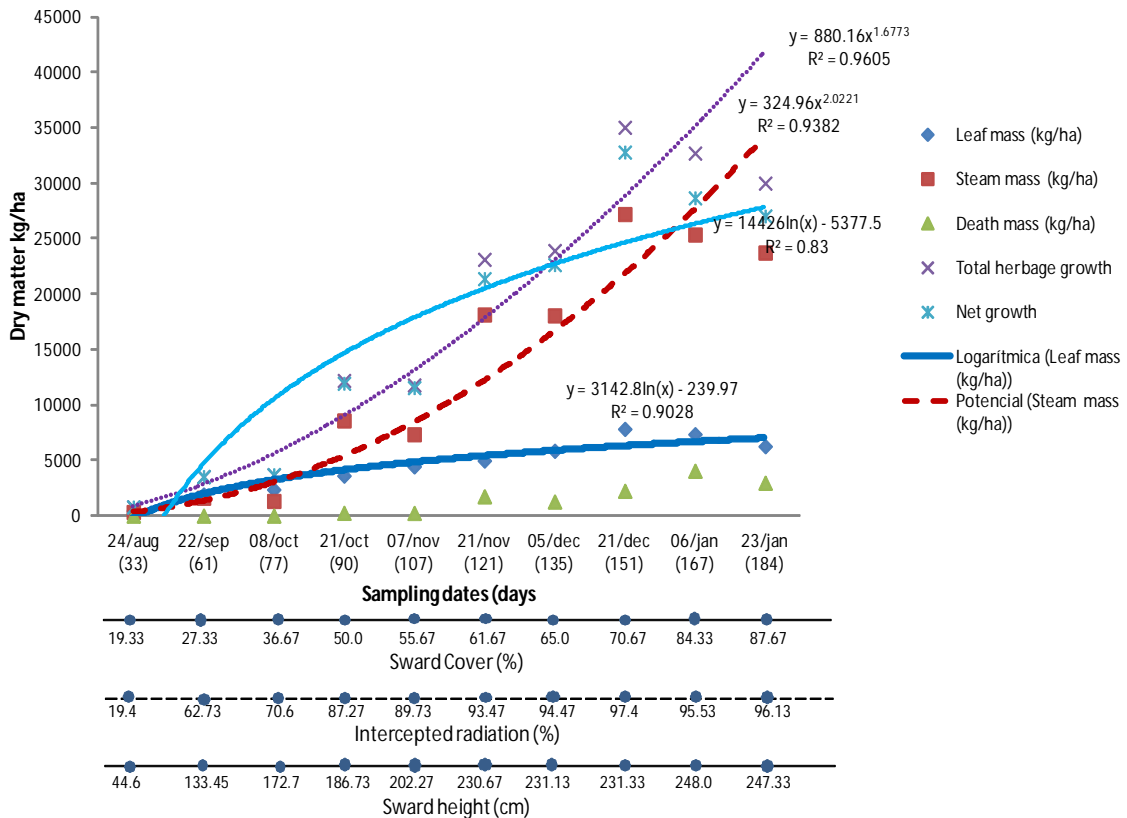
La morfología de la planta varió de manera significativa ($P < 0.01$) en los diferentes estadios fenológicos (Figura 2). Los modelos de regresión y los coeficientes de determinación fueron, en

with three replications and a regression analysis for each variable, in order to describe the tendency, after selecting the best model, according to the coefficient of determination and the degree of significance of the model.

Annual rainfall recorded for 2011 was 1.602 mm and for the evaluation period (July to January) it reached 89 % of this value (1.434 mm, Figure 1), both higher than the average for the locality reported by Garcia⁽¹⁶⁾ and according to Paretas⁽¹⁸⁾ above that required by the species, where he suggests that *P. purpureum* requires high temperatures and annual rainfall of not less than 1.000 mm. There was also a slight increase in mean annual temperature (25.7 to 26.0 °C), but not for the

Figura 2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y porcentaje de cobertura del pasto maralfalfa, al primer aprovechamiento

Figure 2. Cumulative herbage mass, by morphological component, sward height, intercepted radiation, and plant cover percentage of Maralfalfa grass, at the first harvest



general, altos con valores de $R^2 > 0.85$, para cada una de las variables estudiadas.

La biomasa de tallos y la biomasa de material muerto, están correlacionados de manera positiva ($P < 0.01$), con el incremento en la edad de la planta (Figura 2). Las pérdidas de biomasa total por senescencia y descomposición aumentaron conforme se incrementó la madurez de la planta, aunque no de manera significativa ($P > 0.01$), lo que propicia que el modelo que mejor se ajusta para dichas variables (biomasa total, hoja y tallo) sea un modelo potencial; sin embargo, dicha producción de biomasa aérea comienza a declinar a los 167 días después de la siembra (semana 24), algunos investigadores^(20,21,22), sugieren que este fenómeno inicia, cuando la tasa de senescencia y descomposición superan a la tasa de producción de hojas.

La dinámica de crecimiento de componentes morfológicos (hoja, tallo y material muerto; Figura 2) del pasto maralfalfa, mostró para hoja y tallo, un incremento constante hasta los 151 dds, lo cual coincide con el 97 % de intercepción luminosa y una cobertura de 70 %. Posterior a ello, la contribución de hoja y tallo al rendimiento tiende a disminuir y el porcentaje de material muerto a incrementarse considerablemente. Esta tendencia con sus variantes, pero inevitables estados fenológicos, coincide con lo indicado por otros^(23,24), quienes al estudiar la dinámica de crecimiento en pastos de clima templado, observaron que la acumulación neta de forraje se reduce, una vez que la planta alcanza el índice de área foliar óptimo, momento a partir del cual, el sombreado en las capas inferiores del dosel se incrementa, y en consecuencia, la senescencia es mayor que el crecimiento.

La máxima producción de hojas se alcanzó a los 151 dds (21.5 semanas); a partir de este momento la proporción de hojas disminuyó (Figura 2), conforme las hojas de estratos inferiores senescen, debido a que se encuentran por debajo del punto de compensación de luz⁽²⁴⁾. Al respecto, Azumí y Watanabe⁽²⁵⁾,

sampling period, which averaged 25.0 °C, slightly below the annual average reported, which is enough (at least for December and January) for the species to manifest its best growth. Ferraris⁽¹⁹⁾ argued that optimal development occurs at temperatures of 30 to 35 °C.

The morphology of the plant varied significantly ($P < 0.01$) at different phenological stages (Figure 2). Regression models and coefficients of determination were generally high, with values of $R^2 > 0.85$ for each of the variables studied.

Stem biomass and dead biomass material were positively correlated ($P < 0.01$) with increasing age of the plant (Figure 2). The total biomass losses increased as senescence and decomposition increased upon maturity of the plant, but not significantly ($P > 0.01$), which favors the best-fitting model for these variables (total biomass, leaf and stem) is a potential model. However, that biomass production begins to decline at 167 d after sowing (wk 24), some researchers^(20,21,22) suggested that the onset of this phenomenon begins when the rate of senescence and decomposition exceeds the production rate of leaves.

The growth dynamics of morphological components (leaf, stem and dead material, Figure 2) of maralfalfa grass showed for leaf and stem a steady increase until 151 DAS, which coincides with the 97 % light interception and 70 % of grass coverage. After this, the leaf and stem contribution tends to decrease on the herbage yield and the percentage of dead material increases considerably. This trend with its variants, but inevitable growth stages coincides with that indicated by others^(23,24) where they studied the dynamics of growth in temperate grasses, and observed that the net accumulation rate of forage decreases once the plant reaches the optimal leaf area index, at which time, the shading in the lower canopy layers has increased, and consequently senescence is greater than growth.

The maximum leaf production was reached at 151 DAS (21.5 wk); from this point the leaf

indicaron que la senescencia en hojas, se presenta debido a una pérdida gradual en la actividad fotosintética, que conduce a una degeneración y muerte de tejido, no sólo por efecto de la edad, sino también por efecto de las condiciones ambientales y de manejo.

La tasa de crecimiento del pasto maralfalfa, se caracterizó por presentar un incremento constante, desde la germinación hasta obtener un máximo alrededor de los 151 días; decreciendo a partir de dicho momento. Beltrán *et al*(26), encontraron que la mayor tasa de crecimiento, está relacionada con la mayor cantidad de raíz, y que disminuye como resultado del incremento gradual en la tasa de senescencia y la reducción en la tasa de fotosíntesis neta por unidad de superficie.

La producción primaria de los pastos depende de la captación fotosintética de CO₂ y de la síntesis de fotoasimilados, para el crecimiento de las plantas. La distribución de los fotoasimilados no sólo determina la eficiencia de utilización de los mismos; sino también, la magnitud de la inversión en el proceso de crecimiento(27). La cantidad y calidad del forraje producido por los pastos están, en gran medida influenciadas por la morfología de la planta, y es por ello que el desarrollo morfológico de las plantas forrajeras perennes, constituye un factor a considerar en la adopción de prácticas adecuadas en el manejo del potrero(28).

La curva ajustada de la tasa de crecimiento, presenta un comportamiento de tipo potencial, nuevamente debido a la nula diferencia significativa entre el punto máximo de crecimiento y el inicio de la senescencia; sin embargo, el máximo valor de la tasa de crecimiento (247 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹; Figura 3) se obtiene alrededor de la semana 21.5, a partir de la cual comienza a descender, y este fenómeno coincide con la disminución en la cantidad de biomasa de hoja (Figura 2), por lo que sería recomendable, uniformizar la pradera en este punto.

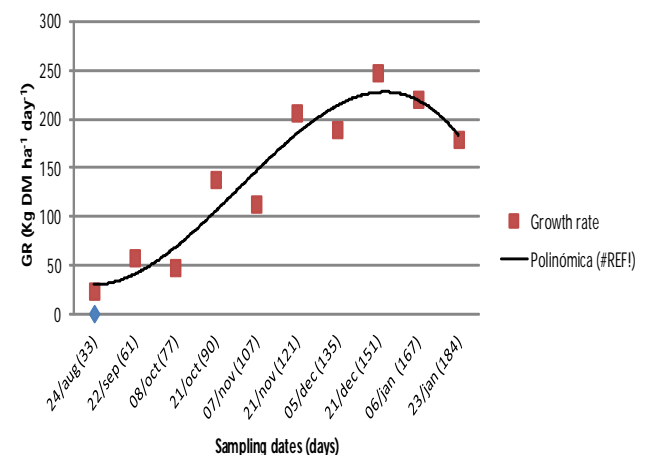
ratio decreased (Figure 2), as the lower leaves layers became senescent, because they were below the light compensation point(24). Regarding this, Azumi and Watanabe(25), indicated that senescence in leaves, occurs due to a gradual loss in photosynthetic activity, which leads to tissue degeneration and death, not only due to the effects of age, but also because of environmental conditions and handling.

The growth rate of the maralfalfa grass was characterized by steady increases, from germination to obtain a maximum at around 151 d, decreasing from that time on. Beltran *et al*(26) found that the highest growth rate is related to the formation of a greater number of roots, and it decreases as a result of the gradual increase in the rate of senescence and reduction in net photosynthetic rate per unit area.

Primary production of grasses depends on photosynthetic CO₂ uptake and synthesis of photoassimilates for plant growth. The distribution of photoassimilates not only determines its utilization efficiency, but the magnitude of

Figura 3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto maralfalfa, al primer aprovechamiento

Figure 3. Growth rate changes, throughout the time, of Maralfalfa grass, at the first harvest



La recomendación anterior puede verse reforzada con las aseveraciones siguientes; debido a que la etapa morfológica y fisiológica, en la que se encuentra la planta forrajera al momento de la primera cosecha, es de suma importancia, debido a que de esto dependerá la persistencia y el vigor de rebrotes ulteriores⁽²⁷⁾; ya que la remoción del meristemo apical favorecerá la disminución de carbohidratos no estructurales, considerados como la fuente primaria de reserva energética para el rebrote^(29,30).

En las etapas tempranas (75 dds) la hoja contribuyó con más de 50 % al rendimiento total (Figura 4). Posteriormente, se incrementó el porcentaje de tallo y material muerto y disminuyó la aportación de hoja al rendimiento total. Lo anterior difiere de otros pastos tropicales, principalmente aquéllos de hábito de crecimiento rastrero o semi-erecto, de acuerdo a lo reportado por Pérez *et al*⁽²⁷⁾; quienes en un análisis de crecimiento de *Brachiaria* híbrido cv Mulato, encontraron una rápida acumulación de material muerto a partir de la cuarta semana de crecimiento. En este sentido, se ha señalado⁽³¹⁾, que el tamaño relativo de los diferentes órganos, para la asimilación de recursos y almacenamiento de reservas (hoja,

investment in the grass growth process⁽²⁷⁾. The amount and quality of forage produced for grazing are largely influenced by the morphology of the plant, and that is why the morphological development of perennial forage plants is a factor to consider in the adoption of best practices at pasture management⁽²⁸⁾.

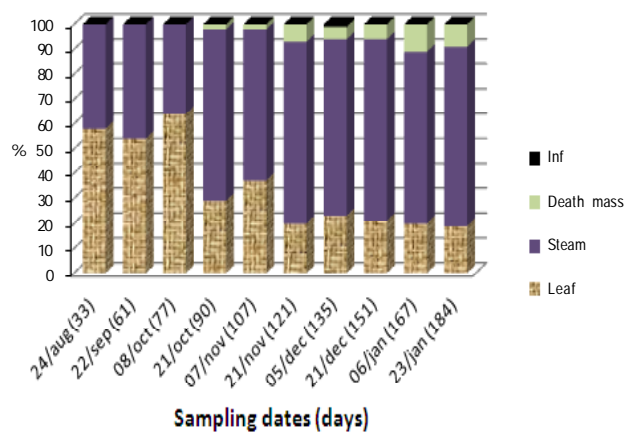
The fitted curve of the growth rate, has a power law behavior, again due to the significant difference between the zero point of maximum growth and the onset of senescence, but the maximum value of the growth rate (247 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, Figure 3) is achieved at about 21.5 wk, then it begins to decrease. This phenomenon is consistent with the decrease in the amount of leaf biomass (Figure 2), so it would be advisable to standardize production parameters of the sward at this point.

The above recommendation can be enhanced with the following statements; morphological and physiological stages of fodder-producing plants at first harvest is extremely important since this will affect persistence and the vigor of future regrowth⁽²⁷⁾, this is because the removal of apical meristem promotes decreased nonstructural carbohydrates which is considered to be the primary source of energy reserves for the regrowth^(29,30).

In the early stages (75 DAP) the leaves contributed over 50 % total herbage yield (Figure 4). Subsequently, the percentage of stem and dead material increased and leaf contribution decreased in terms of total herbage yield. This differs from other tropical grasses, mainly those with creeping growth habits or semi-erect, as reported by Perez *et al*⁽²⁷⁾, where they analyzed weekly plant growth of *Brachiaria* hybrid cv Mulato, and they found a rapid accumulation of dead material at the fourth week of growth. In this sense, Lemaire⁽³¹⁾ indicates that the relative size of different organs for the assimilation of storage resources and reserves (leaf, stem, pod and root) are the main components that determine the structural changes in the grasslands and

Figura 4. Cambios morfológicos a través del tiempo del pasto maralfalfa, al primer aprovechamiento

Figure 4. Morphological changes throughout the time of Maralfalfa grass, at the first harvest



tallo, vaina y raíz), son los principales componentes que determinan los cambios estructurales en la pradera y el momento fisiológico óptimo para el primer aprovechamiento.

La relación hoja/tallo y hoja/no hoja tienden a disminuir conforme se incrementa la madurez del pasto (Figura 5), tal como lo mencionan algunos investigadores^(12,23,32). Esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos y material muerto.

Cabe mencionar que la relación H:T disminuyó progresivamente conforme transcurrió la edad de crecimiento (de 2.13 a 0.26). Caso similar a la relación H:NH. El promedio de la relación H:T del periodo de evaluación fue de 0.73, superior a los *Pennisetum purpureum* evaluados por Araya y Boschini⁽³⁾, quienes en un experimento similar con evaluaciones cada 14 días en un periodo de 70 a 140 días de rebrote, obtuvieron para los pastos Taiwán, king grass, gigante y Camerún, una relación de 0.65, 0.62, 0.54 y 0.65, respectivamente. Por otra parte, mientras mayor es la altura de la planta, mayor es la proporción de hojas sombreadas. La altura de la planta, presenta una correlación negativa con la biomasa foliar al incrementarse la altura de la planta (Figura 2). La biomasa foliar disminuyó al incrementarse la altura de la planta. Resultados semejantes fueron publicados por Anten y Hirose⁽³³⁾, quienes encontraron una correlación negativa entre la altura del tallo y el área foliar específica por efecto de competencia por luz.

También se argumenta⁽³⁴⁾, que el punto óptimo para cosechar una gramínea tropical es cuando alcanza el 95 % de intercepción luminosa, ya que es cuando se obtiene la mayor aportación de hojas al rendimiento, y es por lo tanto, el punto óptimo de crecimiento donde se evita la acumulación de material muerto; sin embargo, esta premisa la han aplicado para praderas ya establecidas o sometidas a diferentes intervalos de cosecha; para el caso de este experimento, donde se evaluó el crecimiento desde la siembra, se encontró que la mayor biomasa acumulada total y la mayor tasa de crecimiento (Figuras

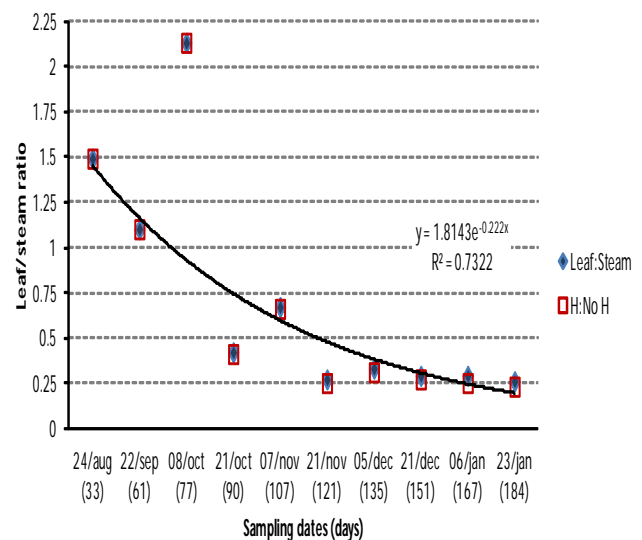
when the optimal physiological utilization occurs for first harvesting.

The relationships of leaf/stem and leaf/no leaf ratio tend to decrease with increasing maturity of the grass, as pointed out by some researchers^(12,23,32) (Figure 5). This happens as a result of an increase stem and dead material biomass.

It is noteworthy that the L:S ratio decreased progressively as age of plant growth proceeded (from 2.13 to 0.26). A case similar to the H:NL ratio. The average L:S ratio of the evaluation period was 0.73, higher than the *Pennisetum purpureum* evaluated by Araya and Boschini⁽³⁾, with in a similar experiment with assessments every 14 d over a period of 70-140 d regrowth, obtained for Taiwan swards, king grass, giant and Cameroon with a ratio of 0.65, 0.62, 0.54 and 0.65, respectively. Moreover, as the greater sward height, higher was the proportion of leaves shaded. The plant height was negatively correlated with leaf biomass as increasing plant height (Figure 2). The leaf biomass decreased

Figura 5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo y hoja/no hoja del pasto maralfalfa, al primer aprovechamiento

Figure 5. Leaf:stem ratio and leaf:non leaf ratio throughout the time of Maralfalfa grass, at the first harvest



2, 4) se obtuvieron en la misma fecha, y se dio cuando la RI fue de 97.4 % (a los 151 dds), lo que coincide con Oquendo⁽³⁵⁾, quien reporta para *P. purpureum* un periodo de establecimiento de cinco meses. Al respecto, se ha indicado⁽³⁶⁾, que la hoja y sus rasgos característicos, son importantes en la asimilación del carbono, las relaciones hídricas y el equilibrio energético de la planta y, es por esto, que la velocidad de crecimiento del cultivo está en relación directa con la cantidad de radiación interceptada por el mismo.

Para fines prácticos se señala⁽³⁴⁾, que existe una correlación positiva entre la RI y la altura de la pradera; para efecto del experimento, la altura encontrada a los 97.4 % de intercepción luminosa fue de aproximadamente 2.3 m.

La producción de biomasa de tallos y la producción de material muerto del pasto maralfalfa, están correlacionadas de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento, coincide con la máxima producción de hojas y de tallos y con la mayor producción de biomasa total; todos ocurren cuando se tiene un 97.4 % de intercepción luminosa y una altura de aproximadamente 2.3 m en la pradera, alrededor de los 150 días después de la siembra.

Respecto a los patrones de crecimiento, en condiciones similares a las que se realizó esta investigación y considerando los indicadores estudiados, en especial la acumulación de biomasa y el comportamiento de la tasa de crecimiento (TC), los resultados sugieren que la fase de establecimiento para *Pennisetum sp.* cv. maralfalfa debe ser de cinco meses posteriores a la siembra para obtener una máxima producción de biomasa al momento de efectuar el primer aprovechamiento.

LITERATURA CITADA

1. Hernández-Garay A, Ramírez RO, Pérez PJ. Producción y manejo de praderas tropicales. III Simposio Internacional

with increasing plant height. Similar results were published by Anten and Hirose⁽³³⁾, where they found a negative correlation between stem height and specific leaf area as a result of competition for light

It is also been argued⁽³⁴⁾ that the optimal point to harvest a tropical grass is when it reaches 95 % light interception, since this is the point when there is the greatest contribution of leaves to herbage yield, and is therefore the point in time of optimal growth which has the least accumulation of dead material; however, this premise was applied to established grasslands or subjected to different harvesting intervals. For the case of this experiment, which evaluated plant growth from sowing, it was found that most total accumulated biomass and highest growth rate (Figures 2, 4) were obtained on the same date, and occurred when the IR was 97.4 % (at 151 DAS), which coincides with Oquendo⁽³⁵⁾, who reported for *P. purpureum* was established at a period of 5 mo. In this regard, it has been indicated⁽³⁶⁾ that the blade and its characteristic features are important in carbon assimilation, water relationships and energy balance of the plant and is for this reason that the rate of growth of the sward is directly related to the amount of radiation intercepted by it.

For practical purposes it has been stated⁽³⁴⁾ that there is a positive correlation between RI and the sward height, for purposes of the experiment, it was found up to 97.4 % light was captured at approximately 2.3 m.

Biomass production of stems and dead material for maralfalfa sward, are positively correlated with increasing age of the plant. The maximum growth rate coincides with the maximum production of leaves and stems as well as total biomass production, all occur when there is 97.4 % light intercepted and the height was approximately 2.3 m in the meadow, which is about 150 d after sowing.

Regarding growth patterns, under conditions similar to those conducted in this research and

CRECIMIENTO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

- en Producción Animal. Acapulco, Guerrero, México. 2006:54-63.
2. Calderón RRC, Hernández VJO, Olazarán JS, Ramírez GJJM, Rosete FJV, Ríos UA, Galaviz RJR, *et al.* Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México. Libro Técnico 18. 2007.
 3. Araya MM, Boschini FC. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agron Mesoamericana* 2005;16(1):37-43.
 4. Da Silva CS, Nascimento JD. Ecofisiología de Plantas Forrageiras. Em: Pereira OG, Obeid JA, Do Nascimento JD, Fonseca DM (Eds.). *Anais do III Simposio sobre Manejo Estratégico da Pastagem*. UFV. Viçosa. Brasil. 2006:1-42.
 5. Rosa B, Silva SRC. Efeito das épocas de diferimento na produção e composição química do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Cameroon). *Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária*. Goiania, Universidade Federal de Goiás. 1997;27(2):109-115.
 6. López-Guerrero I, Enríquez-Quiroz JF. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sureste de México: Trópico Húmedo. Paquete Tecnológico Zacate *Pennisetum purpureum*: Establecimiento y Producción. CIRGOC. Campo Experimental "La Posta". INIFAP. Veracruz. 2011:1-7.
 7. Enríquez-Quiroz JF, Romero-Mora J. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria spp.* en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 1999;33(2):141-148.
 8. Rodríguez ZC, Larqué-Saavedra A. Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia* 1988;71:401-416.
 9. Matthew C, Van Loo EN, Thom ER, Dawson LA, Care DA. Understanding shoot and root development. In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress. Brazilian Soc Anim Husb. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. 2001:19-27.
 10. Valentine I, Mathew C. Plant growth, development and yield. In: White J, Hodgson J. editors. *N Z Pasture Crop Sci* Auckland, N.Z. Oxford University Press; 1999:11-27.
 11. McKenzie BA, Kemp PD, Moot DJ, Mathew C, Lucas RJ. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J. editors. *N Z Pasture Crop Sci* Auckland, N.Z. Oxford University Press; 1999:29-44.
 12. Velasco ZME, Hernández-Garay A, González-Hernández VA, Pérez PJ, Vaquera HH. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Rev Fitotecnia Mex* 2002;25(1):97-106.
 13. Hernández T, Valles B, Castillo E. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales* 1990;12(3):29-33.
 14. Da Silva SC, Carvalho PC de F. Foraging behavior and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. XX International Grassland Congress-Grassland a Global Resource. University College. Dublin, Ireland. 2005:81-95.
 15. Radulovich R. Sequential cropping as a function of water in a seasonal tropical region. *Agron J* 2000;(92):860-867.
- considering the indicators studied, especially biomass accumulation and behavior of the growth rate (GR), the results suggest that the establishment phase for *Pennisetum sp.* cv. maralfalfa the time of first use for maximum production of biomass should be at five months after sowing.
- End of english version*
-
16. García E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM; México. 1988:217.
 17. SAS. SAS User´s Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2002.
 18. Paretas JJ. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. 1990:178.
 19. Ferraris R. The effect of photoperiod and temperature on the first crop and ratoon growth of *Pennisetum purpureum* Schum. *Aust J Agric Res* 1978;29(5):941-950.
 20. Sheath GW, Bircham JS. Grazing management in hill country: pasture production. *Proc Ruakura Farmer´s Conf* 1983;35:41-45.
 21. Hodgson J. *Grazing management. Science into practice*. Harlow, England: Longman Scientific & Technical; 1990.
 22. Hernández GA, Matthew C, Hodgson J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass Forage Sci* 1999;54:347-356.
 23. Bircham JD, Hodgson J. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass Forage Sci* 1983;38:323-331.
 24. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proc XVII Inter Grassland Cong*. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., 1993:95-104.
 25. Azumí Y, Watanabe A. Evidence for a senescence-associated gene induced by darkness. *Plant Physiol* 1991;95:577-583.
 26. Beltrán LS, Hernández GA, García ME, Pérez PJ, Kohashi SJ, Herrera HJG, Quero CAR, *et al.* Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia* 2005;39(2):137-147.
 27. Pérez AJA, García ME, Enríquez QJF, Quero CAR, Pérez PJ, Hernández GA. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "Mulato" (*Brachiaria* híbrido cv.). *Tec Pecu Méx* 2004;42(3):447-458.
 28. Moore KJ, Hatfield RD. Carbohydrates and Forage Quality. In: Fahey GC editor. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Madison, Wisconsin, USA 1994:229-280.

29. Anderson B, Matches AG. Forage yield, quality, and persistence of Switchgrass and caucasian bluestem. *Agron J* 1983;75:119-124.
30. Anderson B, Matches AG, Nelson CJ. Carbohydrate reserves and tillering of Switchgrass following clipping. *Agron J* 1989;81:13-16.
31. Lemaire G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. Teme I. *Ecophysiology of Grasslands (Invited conferences). Proc XIX Inter Grassland Cong. Brazilian Soc Anim Husb. São Pedro, São Paulo, Brazil 2001:19-27.*
32. Hernandez GA, Hodgson J, Matthew C. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *N Z Agric Res* 1997;40:25-35.
33. Anten NPR, Hirose T. Interspecific differences in above-ground growth patterns result in spatial and temporal partitioning of light among species in a tall-grass meadow. *J Ecology* 1999;87:583-597.
34. Da Silva SC, Hernández GA. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En: *Los forrajes y su impacto en el trópico.* Velasco ME editor. Chiapas, México: UNACH; 2010:63-95.
35. Oquendo G. Fomento y explotación de pastos y forrajes. MINAG. Cuba 2002:320.
36. Bullock DG, Nielsen RL, Nyquist WE. A growth analysis of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci* 1988;28:254-258.