

Crecimiento y producción de biomasa de *Andropogon gayanus* Kunth en el período de establecimiento en sabanas de Venezuela

José L. Berroterán y Lidia García*

Introducción

En América tropical existen 153 millones de hectáreas de sabanas bien drenadas en donde predominan los suelos ácidos de baja fertilidad, Oxisoles y Ultisoles (Cochrane et al., 1982). Este ecosistema se caracteriza por una vegetación de gramíneas de bajo valor nutritivo, escaso desarrollo foliar y baja producción de MS (Blydenstein, 1962, 1963; Paladines et al., 1979). En estas condiciones las prácticas de fertilización, enclamiento y quema no contribuyen a aumentar en forma significativa la productividad (San José et al., 1976; Kornelius et al., 1979).

Debido a la extensión y potencial de este ecosistema para producir forrajes con base en especies mejoradas, la región por él comprendida es importante para la producción animal. Durante los últimos años se han introducido a ella gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas a suelos ácidos, las cuales, mediante la aplicación de insumos mínimos, producen más biomasa que las especies nativas. Entre las especies introducidas *Andropogon gayanus* Kunth es la gramínea más promisoría, alcanza producciones de MS hasta de 20 t/ha/año, presenta alta tolerancia a plagas y enfermedades, y se asocia bien con la mayoría de leguminosas forrajeras tropicales (Jones, 1979; Spain, 1979; Silveira et al., 1975).

Con el objeto de estudiar la dinámica de crecimiento de *A. gayanus* durante el establecimiento, de junio a diciembre de 1983 se realizó un ensayo en un Oxisol de los Llanos de Venezuela. En él se estudiaron y analizaron los cambios ocurridos en

las variables morfoestructurales, de crecimiento y de biomasa de esta gramínea.

Materiales y métodos

Localización y mediciones. El ensayo se realizó en un suelo limoso fino Typic Haplustox de sabana bien drenada isohipertérmica. El sitio experimental está localizado a 9°20' de latitud norte y 67°04' de longitud oeste. La precipitación durante el período experimental fue de 605 mm y el balance hídrico, calculado de acuerdo con la fórmula de Thornthwaite et al. (1955), presentó exceso de agua en agosto y déficit en noviembre y diciembre (Figura 1).

La gramínea se sembró en surcos distanciados 50 cm en parcelas de 4 m x 3 m, utilizando 5 kg/ha de semilla de *A. gayanus* CIAT 621; al momento de la siembra se aplicaron 25, 11 y 50 kg/ha de N, P y K, respectivamente.

Las mediciones se efectuaron cada 14 días hasta 154 días después de la siembra; para el efecto se cosechó un área central de 2 m²/parcela.

En el forraje cosechado se midieron y calcularon variables de biomasa, morfoestructurales y de crecimiento.

Variables de biomasa. La biomasa aérea de hojas, tallos, material senescente y total se midió como forraje seco en estufa a 60°C durante 48

* Investigadores, Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apdo. Postal 47058, Caracas 1041-A, Venezuela.

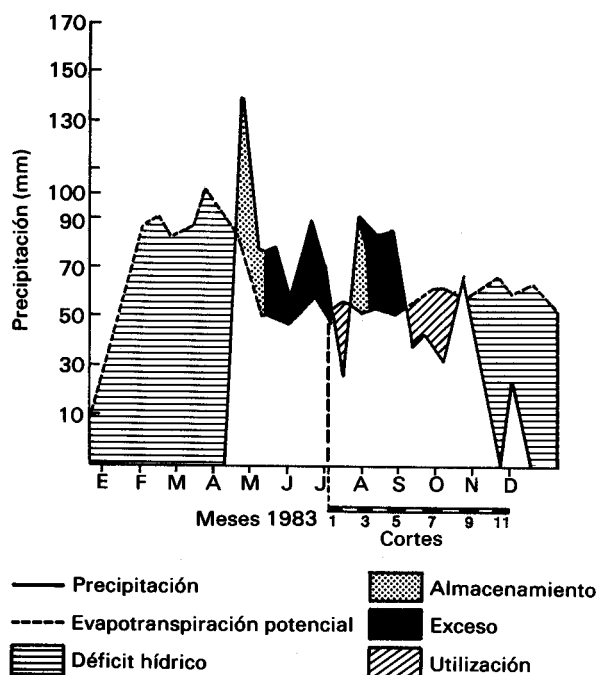


Figura 1. Balance hídrico durante el período experimental y época de cortes de *Andropogon gayanus* CIAT 621.

horas. La biomasa radical se determinó por el método del monolito; para el efecto, se tomaron volúmenes de suelo de 60 cm de profundidad, 40 cm de ancho y 40 cm de largo; posteriormente se dividieron en tres submuestras iguales y se separaron las raíces por el método de flotación en agua (McKell et al., 1961) procediendo a su pesaje una vez secadas en estufa.

Variabes morfoestructurales. Dentro de estas variables se determinaron el número de tallos/m² y hojas/m²; el promedio de altura en 10 plantas/parcela, medido desde la base hasta el ápice de la hoja; el porcentaje de cobertura del suelo; el área foliar en 100 hojas y su peso seco respectivo; y el área foliar de la muestra total derivada de la relación entre área foliar de la submuestra/peso de la submuestra (Robson, 1973).

Variabes de crecimiento. La cuantificación del crecimiento se realizó a partir de las relaciones entre las variables anteriores, según los índices siguientes propuestos por Blackman (1968), y Hunt (1978).

Índice de área foliar (IAF) = área foliar/área de suelo;

Área foliar específica (AFE) = área foliar/peso foliar (cm²/g);

Coficiente de área foliar (CAF) = área foliar/peso total parte aérea (cm²/g);

Coficiente de peso foliar (CPF) = peso de

hojas/peso total parte aérea;
Producción acumulada de biomasa o tasa de acumulación (PAB) = Bt_x/t_x , (g/m²/día); en donde Bt_x es la biomasa existente en el tiempo t_x a partir de t_0 , sin tener en cuenta el material descompuesto;

Tasa relativa de crecimiento (TRC) = $(\log_e B_2 - \log_e B_1)/(t_2 - t_1)$ (mg/g/día);

Tasa absoluta de crecimiento (TAC) = $(B_2 - B_1)/(t_2 - t_1)$ (g/m²/día); en donde B_1 y B_2 es la biomasa medida en dos cosechas consecutivas;

Tasa foliar unitaria o tasa de asimilación neta (TFU) = $[(B_2 - B_1)/(t_2 - t_1)][(\log_e A_2 - \log_e A_1)/(A_2 - A_1)]$, (mg/cm²/día), en donde B es biomasa en base seca y A es el área foliar en los tiempos t_2 y t_1 .

Los tratamientos (edades de corte) se dispusieron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados se compararon por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan y análisis de regresión (Dixon et al., 1979).

Resultados

Hasta 42 días existió un aumento lineal ($b = 0.08$) de la biomasa aérea tanto total como de hojas y de tallos (Figura 2A). Después de esta edad el incremento se hizo exponencial hasta 56 días, para mantenerse más o menos constante hasta 154 días. Según la prueba de rangos múltiples de Duncan la producción de biomasa aérea total, radical y de tallos se puede dividir de 14-42 días y de 42-154 días. La biomasa de hojas presentó tres fases de crecimiento de 14-42 días, de 56-84 días y de 84-154 días. El máximo valor absoluto de biomasa total aérea (1491 g de MS/m²) ocurrió a los 140 días; para la biomasa de hojas (475 g de MS/m²) a los 56 días; para los tallos (574 g de MS/m²) a los 112 días, y para la biomasa de raíces (1402 g de MS/m²) a los 154 días.

La relación corona/raíces aumentó a partir de 42 días, alcanzando su máximo valor (1.49) a 84 días; la relación hoja/tallo disminuyó con la edad del pasto ($b = -0.01$) (Figura 2B). La biomasa senescente apareció a los 56 días y aumentó en forma progresiva hasta 154 días; la cobertura del suelo fue de 100% a 84 días (Figura 2C). El número de tallos/m² y hojas/m² aumentó a partir de 56 días para alcanzar su máximo valor a 84 días (Figura 2D).

Los incrementos en altura de la planta fueron mayores hasta 56 días; entre 56 y 98 días la planta creció poco y a partir de esta última edad presentó una nueva fase de crecimiento activo (Figura 2E).

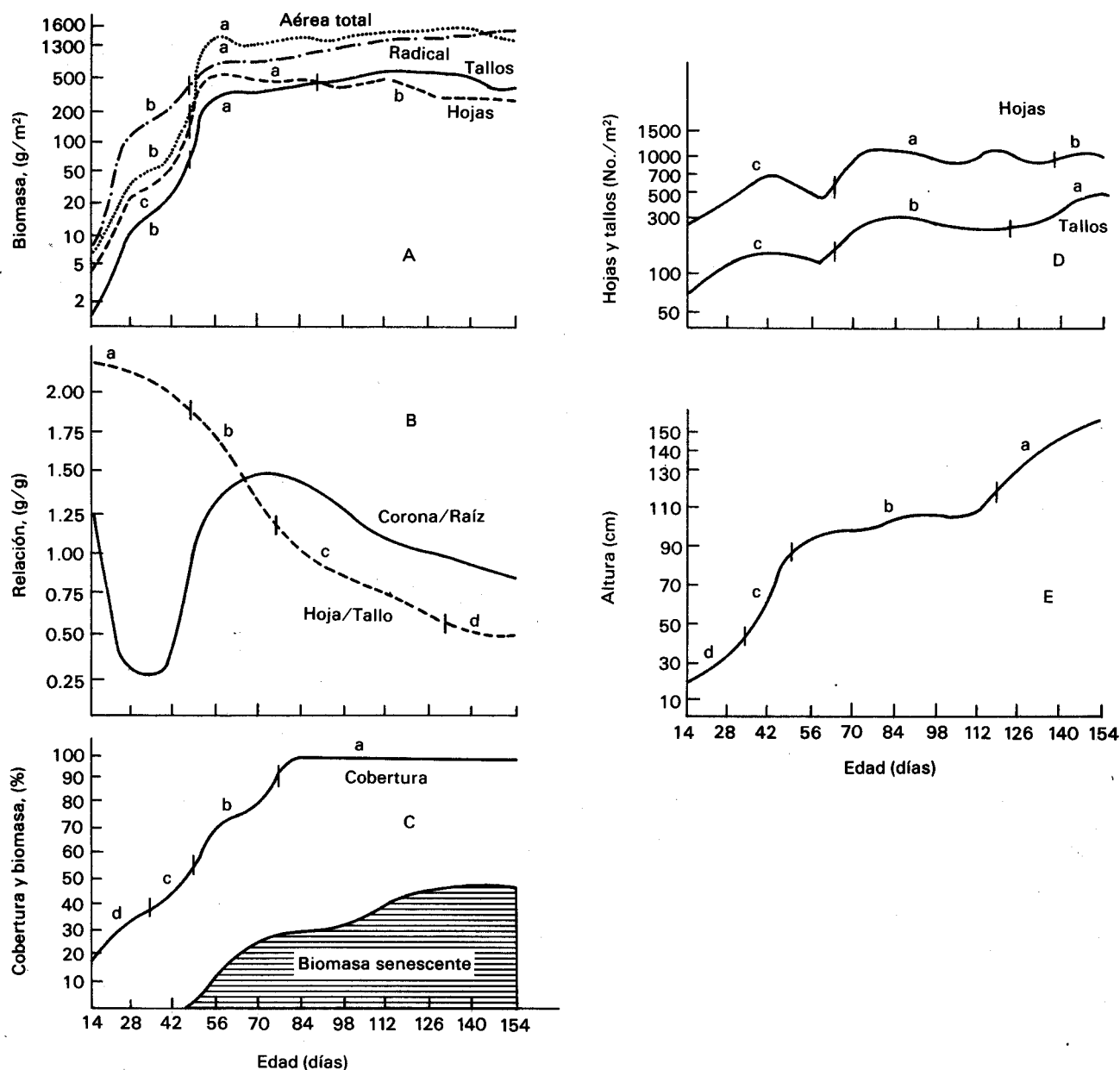


Figura 2. Cambios en las variables de biomasa y morfoestructurales de *Andropogon gayanus* CIAT 621 durante el período de establecimiento. (A) biomasa total, radical, tallos y hojas; (B) relaciones corona/raíces, hojas/tallos; (C) porcentajes de cobertura y biomasa senescente. (D) Número de hojas y tallos. (E) Altura de planta. Las letras en cada segmento de curva indican valores no diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Entre las variables de crecimiento el IAF aumentó en forma lineal ($b=0.05$) hasta 112 días (Figura 3A); el AFE presentó su máximo valor ($547 \text{ cm}^2/\text{g}$) a los 14 días, lo cual indica que a esta edad fue mayor el área foliar/unidad de peso (Figura 3B); igual tendencia mostró el CAF (Figura 3C). Ambas variables después de 14 días muestran tendencias similares consistentes en una ligera disminución a los 56 días y un aumento a los 112 que coincide con el inicio de la floración.

El CPF disminuyó con la edad, lo cual significa un menor peso de hojas en relación con el peso

total de la parte aérea. Según la prueba de Duncan los valores de este índice se agruparon en dos fases significativas de 14-84 días y de 84-154 días (Figura 3D).

El incremento de la PAB fue significativo entre 42-84 días (Figura 3E); a partir de esta edad ocurrió una disminución en producción de biomasa aérea.

La TAC aumentó desde $2.87 \text{ g de MS}/\text{m}^2/\text{día}$ a los 42 días hasta $57.19 \text{ g de MS}/\text{m}^2/\text{día}$ a los 56 días (Figura 3F). La TRC de la parte aérea y la TFU presentaron su valor máximo a los 56 días; sin embargo, a los 42 días presentaron una ligera

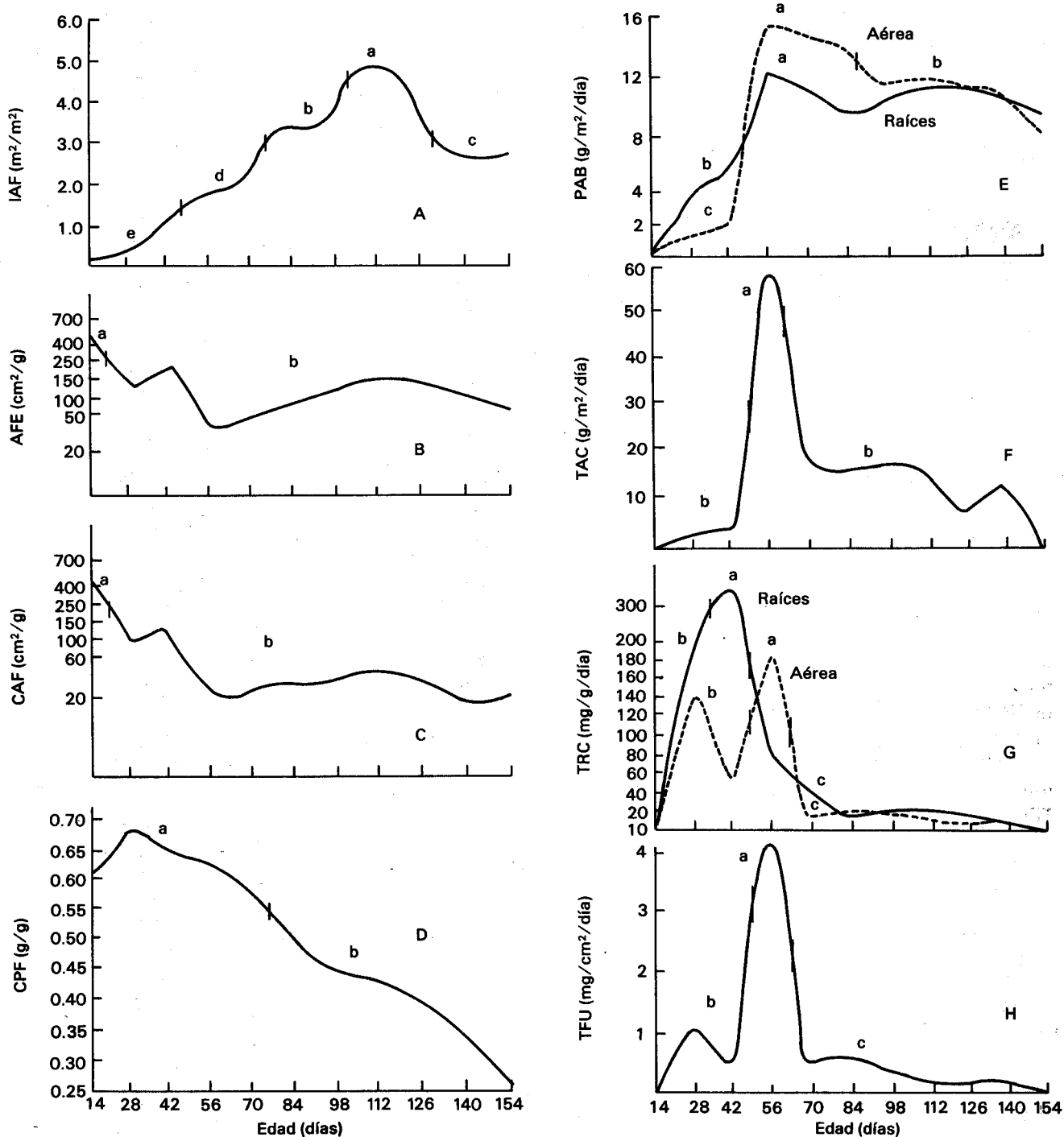


Figura 3. Cambios en las variables de crecimiento de *Andropogon gayanus* CIAT 621 durante el período de establecimiento. (A) Índice de área foliar; (B) área foliar específica; (C) coeficiente de área foliar; (D) coeficiente de peso foliar; (E) producción acumulada de biomasa; (F) tasa absoluta de crecimiento; (G) tasa relativa de crecimiento; (H) tasa foliar unitaria. Las letras en cada segmento de curva indican valores no diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

disminución, coincidiendo con la máxima TRC de las raíces (Figuras 3G, 3H).

Como era de esperarse, el porcentaje de proteína cruda (PC) disminuyó con la edad del pasto; el mayor valor (17.98%) se presentó a los 14 días y el menor (4%) a los 154 días. La producción de PC fue máxima a los 70 días.

Discusión

En el ensayo se encontró que *A. gayanus* tiene alta producción de biomasa en relación con el potencial de especies nativas de sabanas isohipertérmicas de Venezuela. A los 56 días alcanzó la producción máxima de biomasa aérea (15.5 g/m²/día), la cual es alta en comparación con producciones de

11.3 y 7.7 g/m²/día encontradas por Combellas et al. (1972a, 1972b) en *Cenchrus ciliaris* y *Panicum maximum*, respectivamente. Farias (1985) encontró producciones de 14.2 g de MS/m²/día en *A. gayanus* en las sabanas de Venezuela, lo cual confirma el alto potencial de producción de esta especie en la región.

La relación entre producción de biomasa aérea y precipitación (2.0 g de MS/m²/mm) encontrada en este ensayo fue mayor que la señalada por Haggard (1975) para esta gramínea en Nigeria. La alta eficiencia de la planta *A. gayanus* en la utilización de agua se debe a la presencia de raíces que alcanzan hasta 130 cm de profundidad (Bowden, 1963).

Hasta 42 días de edad la biomasa radical fue mayor que la aérea. Esto se debe a una mayor TRC de raíces en esta fase de desarrollo de la planta, lo cual es frecuente en gramíneas que crecen en suelos de baja fertilidad (Brouwer, 1965; Taerum, 1970). La alta TRC radical inicial incidió en el leve descenso de la TFU observado a los 42 días la cual, a su vez, se relacionó con una caída en la TRC aéreo. El análisis de regresión mostró que la TFU fue la variable que más condicionó los cambios en la TRC aéreo y consecuentemente la producción de biomasa/área fotosintética. Además, mostró que la biomasa de hojas verdes fue la variable independiente que más influyó en la PAB, TAC y TFU.

La relación corona/raíz alcanzó valores inferiores a 1.5 reflejando la habilidad de *A. gayanus* para sostener el crecimiento aéreo con base en el crecimiento radical, como ocurre frecuentemente en gramíneas tropicales (Brouwer, 1965).

La disminución en el peso de las hojas después de 98 días de edad coincidió con una disminución del CPF, aumento del material senescente, aparición de la floración y autosombreamiento — estados de la planta que limitaron la TFU, TRC y la TAC. Los valores máximos de estas últimas variables correspondieron a un IAF de 1.9, cobertura del 70%, material senescente del 10% y alta biomasa de hojas verdes. En este ensayo el estado de máxima eficiencia fotosintética se caracterizó por un IAF y un porcentaje de cobertura inferiores a 4 y 95% respectivamente, valores sugeridos por Crowder et al. (1982) como óptimos para gramíneas tropicales.

El valor máximo de la TAC de *A. gayanus* encontrado en el presente estudio es superior al encontrado por Haggard (1970) en esta especie y similar al encontrado en maíz a los 55 días de edad (Smith

et al., 1979) y en caña de azúcar a los 166 días (San José et al., 1970). El valor máximo de la TRC fue superior al encontrado en maíz de 25 días, en arroz de 44 días y en *C. ciliaris* de 50 días de edad (Smith et al., 1979; Khokar et al., 1976; Shankar et al., 1976). Sin embargo, Haggard (1970) en plantas jóvenes de *A. gayanus* encontró una TRC aéreo mayor que la encontrada en el presente ensayo.

Según Bowden (1964) en zonas de clima biestacional existe sincronización entre floración y madurez de las gramíneas al final de la época húmeda, fenómeno que se observó en este ensayo. Durante la floración se observó un máximo IAF (5.1) debido a un aumento en área de la hoja con relación a su peso (AFE) y al peso total aéreo (CAF); no obstante, se observó una disminución en la biomasa de hojas verdes que afectó la tasa de crecimiento. Igualmente, durante la floración ocurrió un incremento en la altura de la planta debido al alargamiento de los tallos que, a su vez, favorecieron una baja relación hoja/tallo y una disminución en el contenido de PC.

Durante su fase inicial de establecimiento en los Llanos bien drenados de Venezuela, *A. gayanus* alcanza tasas de crecimiento mayores que las de gramíneas C₄ consideradas altamente productivas. Sin embargo, después de 56 días esta tasa de crecimiento disminuye en forma notoria. Durante esta fase existe un incremento significativo de la biomasa aérea total, hojas, tallos verdes y raíces, TAC y TFU; igualmente aumentan la cobertura, altura, IAF, número de hojas y tallos/m², y la intercepción de luz es mínima, favoreciendo el desarrollo de las raíces. Estas características de rápido crecimiento inicial favorecen la competencia de *A. gayanus* con especies nativas de la sabana.

En contraste, después de 98 días se inicia la floración, que va acompañada de un aumento en el número de tallos y madurez de la planta, coincidiendo además con un descenso en el IAF, en el contenido de PC y en la biomasa aérea.

Conclusiones

Los resultados de este ensayo sugieren lo siguiente: 1) *Andropogon gayanus* se establece bien en regiones de suelos ácidos de baja fertilidad y clima biestacional de los Llanos de Venezuela produciendo hasta ocho veces más biomasa que la sabana nativa; 2) hasta 56 días los índices de crecimiento, TAC, TRC y TFU, de esta especie son iguales o mayores que los encontrados en gramíneas C₄ de alta productividad, lo cual le permite competir durante el período de establecimiento

con sabanas nativas; 3) en el período inicial de crecimiento el desarrollo radical de *A. gayanus* es mayor que el aéreo; sin embargo, en estados más avanzados el desarrollo de la parte aérea es superior; 4) la biomasa de hojas es la variable que más influye en la TAC, TFU y PAB; por lo tanto, en estudios sobre crecimiento y producción de biomasa de *A. gayanus* se debe evaluar la biomasa de hojas; 5) los resultados de este ensayo permiten establecer bases para el mejor aprovechamiento de *A. gayanus* en los Llanos de Venezuela mediante su utilización en una edad en la cual las variables de biomasa, morfoestructurales y de crecimiento sean óptimas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por su ayuda financiera para la realización de este trabajo, y al doctor Santiago Ramos su colaboración en el análisis e interpretación de los resultados.

Summary

This study attempts to present basic information on the establishment of *Andropogon gayanus*. The field experiment was started in December 1983, in a typical isohyperthermic savanna area of the Venezuelan plains located at lat. 9°20'N., and long. 67°4'W. Mean annual rainfall is 1060 mm, with a rainy season from May to November. The soil is a Typic Haplustox, fine loam.

A random block design with three replicates/treatments was used. Treatments were given in days after establishment: 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 142, and 154 days. For each treatment the following measurements were taken: total aerial biomass (TAB), root biomass (RB), leaf biomass (LB), stem biomass (SB), TAB to RB ratio, LB to SB ratio, number of leaves/m², number of stems/m², height of plant (HP), aerial cover (AC), leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA), ratio of leaf weight to total plant weight (LW/TPW), LA to LW ratio, crude protein (%), absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), and net assimilation rate (NAR).

In the first 42 days of growth there is a lineal increment of TAB, RB, LB, SB, AC, HP, LAI, and also the maximum rate of root growth is achieved. After 56 days an exponential type of increment was observed for TAB, RB, LB, SB, AGR, RGR, and NAR. During this period all growth rates reached their maximum values. After 70 days growth rates

decreased, while all biomass measurements remained unchanged and AC and LAI increased. Flowering occurred at 112 days and at the end of the experiment dead tissue amounted to 43% of TAB. It was found that *A. gayanus* established itself easily and grew rapidly in the experimental area of acid infertile soils of the Venezuelan Llanos; its rates of growth are similar or higher than those of high-yielding C₄ grasses which enables it to compete during the establishment period with native savanna.

Referencias

- Blackman, G. 1968. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. En: Eckard, F. ed. Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. Copenhagen Symp. Proc. Unesco. p. 243-259.
- Blydenstein, J. 1962. La sabana de *Trachypogon* del Alto Llano. Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat. 23:139-206.
- . 1963. Cambios en la vegetación después de protección contra el fuego. Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat. 23:233-238.
- Bowden, B. N. 1963. The root distribution of *Andropogon gayanus* var. *Bisquamulatus*. East Africa Agric. and For. J. 29:157-159.
- . 1964. Studies on *Andropogon gayanus* Kunth. 3. An outline of its biology. J. of Ecol. 52:255-271.
- Brouwer. 1965. Root growth of grasses and cereals in the growth of cereals and grasses. England, Butterworths Scientific Publications. p. 153-166.
- Cochrane, T.; Sánchez, L. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América Tropical. En: Toledo, J.M., ed. Manual para la evaluación agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 23-44.
- Combellas, J.; González, E. 1972a. Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. 2. *Cenchrus ciliaris* cv. Biloela. Agronomía Tropical 22:623-624.
- ; ———. 1972b. Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. 3. *Panicum maximum* var. *trichoglume*. Agronomía Tropical 22(6):635-642.
- Crowder, L. V.; Chheda, H. R.. 1982. Tropical grassland husbandry. Tropical agricultural series. New York, Longman. 562 p.
- Dixon, W.; Brown, B. 1979. BMDP-79 Biomedical Computer Programs. P series. University of California Press, Ltd. USA.
- Fariás, J. 1985. Crecimiento estacional de *Andropogon gayanus* Kunth en la zona de colinas del estado Guárico, Venezuela. Tesis Mag. Sc. Caracas, Univ.

Central de Venezuela. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias.

- Jones, C. 1979. The potential of *Andropogon gayanus* Kunth in the Oxisol and Ultisol savannas of tropical America. *Herb. Abs.* 49(1):1-8.
- Haggar, R. 1970. Seasonal production of *Andropogon gayanus*. 1. Seasonal changes in yield components and chemical composition. *J. of Agric. Sci.* 74:487-494.
- . 1975. The effect of quality, source and time of application of nitrogen fertilizers on the yield and quality of *Andropogon gayanus* at Shika, Nigeria. *J. of Agric. Sci.* 84:529-535.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. London, Edward Arnold. *Studies in biology* no. 96. 67p.
- Khokhar, M.; Pandey, H. 1976. Biomass, productivity and growth analysis of two varieties of paddy. *Trop. Ecol.* 17:125-131.
- Kornelius, E.; Saueressig, H.; Goedert, W. 1979. Establecimiento y manejo de praderas en los cerrados de Brasil. En: Tergas, L. E.; Sánchez, P. A., eds. *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 159-180.
- Mckell, C.; Wilson, A.; Jones, B. 1961. A flotation method for easy separation of roots from soil samples. *Agron. J.* 53(1):56-57.
- Paladines, O.; Leal, J. 1979. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas L.E. y Sánchez, P.A. eds. *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical p. 331-346.
- Robson, M. 1973. The growth and development of simulated sward of perennial ryegrass. 1. Leaf

growth and dry weight change as related to the ceiling yield of a seedling sward. *Annals of Botany* 37:487-500.

- San José, J.; Medina, E. 1970. Análisis de la productividad de caña de azúcar. 1. Crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar PR 980. *Turrialba* 20(2):143-148.
- ; ———. 1976. Organic matter production in the *Trachypogon* savanna at Calabozo, Venezuela. *Trop. Ecol.* 17(2):113-124.
- Shankar, V.; Shankarnarayan, K.; Rai, P. 1976. Comparative study of potential growth and regrowth under various defoliation stresses in range grasses 1. *Cenchrus ciliaris* Linn. *Trop. Ecol.* 17:31-38.
- Silveira, J.; Muti, P.; Espiritu Santo de Campo P. 1975. Competição de capins para produção de matéria seca. *Boletim de Industria Animal.* 32(2):319-323.
- Smith, A.; San José, J. 1979. Productividad del maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones climáticas de los Llanos Altos Centrales de Venezuela. 2. Crecimiento del híbrido Obregon sembrado en la temporada seca. *Agronomía Tropical* 29(5):439-451.
- Spain, J. 1979. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas, L.E. y Sánchez, P.A., eds. *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 181-190.
- Taerum, R. 1970. A study of root and shoot growth in the three grass species in Kenya. *East. Africa Agric. and Fores. J.* 36:155-170.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. Centerton, New Jersey. *Publications in Climatology. Laboratory of Climatology.* 8(1).