



COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO AGRÍCOLA DE DOS CULTIVARES DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN LA ÉPOCA POCO LLUVIOSA EN LA LOCALIDAD DE LOS PALACIOS

Behavior of growth and agricultural yield of two sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the dry season in Los Palacios town

Lázaro A. Maqueira López✉, Walfredo Torres de la Noval, Samuel A. Pérez Mesa, Osmany Roján Herrera y Rogelio Morejón Rivera

ABSTRACT. This work was developed at Basic Scientific and Technological Unit of “Los Palacios” with the objective of evaluating the behavior of growth and yield of two sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Los Palacios town. The varieties Gilded ISIAP and CIAP 132 R were used, which were sowed in the sowing dates of December, 2009 and February, 2010. The technology of direct sowing was used and the cultural activities were developed according to that recommended by the Crop Technical Instructive. A Randomized complete experimental design with four replicas was used. The dry mass distribution of the air part and the leaf area index, in 10 plants for each parcel, every 15 days until the physiologic maturity, were evaluated. With these variables the dynamics of growth were established and the agricultural yield was determined, data that were processed by T Student, to 5 % of error probability. Considering the results it can be concluded that yields were influenced by sowing date and its biggest values were in correspondence with a bigger development of the leaf surface. Both varieties can be used in the town since their productive results exceed the values set in Cuba for sorghum crop.

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la Unidad Científica Tecnológica de Base “Los Palacios”, con el objetivo de evaluar el comportamiento del crecimiento y el rendimiento de dos cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la localidad de Los Palacios. Se emplearon los cultivares ISIAP Dorado y CIAP 132 R, los cuales se sembraron en las fechas de siembra diciembre, 2009, y febrero, 2010. Se empleó la tecnología de siembra directa y las actividades fitotécnicas se desarrollaron según lo recomendado por el Instructivo Técnico del Cultivo. El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizado con cuatro réplicas. Se evaluó la distribución de la masa seca de la parte aérea y el índice del área foliar en diez plantas por parcela, cada 15 días hasta la madurez fisiológica. Se estableció las dinámicas de crecimiento con dichas variables, se determinó el rendimiento agrícola, datos que fueron procesados mediante la prueba T Student al 5 % de probabilidad de error. Teniendo en cuenta los resultados se puede concluir que los rendimientos estuvieron influenciados por la fecha de siembra y los mayores valores del mismo estuvieron en correspondencia con un mayor desarrollo de la superficie foliar. Ambos cultivares pueden ser utilizados en la localidad ya que sus resultados productivos superan los valores que se establecen en Cuba para el cultivo del sorgo.

Key words: dry matter content, growth, yield, sorghum

Palabras clave: contenido de masa seca, crecimiento, rendimiento, sorgo

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) parece ser originario de África Central y Oriental, probablemente de Etiopía y Sudán. Esta planta ha sido muy utilizada por el hombre en áreas cálidas y secas con una gran

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ lalberto@inca.edu.cu

diversidad en su uso (grano, forraje, materia prima para bebidas alcohólicas, fibra y otros usos especiales). Es junto a la cebada el cuarto cereal más importante en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz; constituye un alimento humano básico en muchas regiones de Asia y de África destinándose a la alimentación animal en los países desarrollados. En América este cultivo fue introducido por los esclavos procedentes de África, probablemente a través de las Antillas, en los siglos XVIII y XIX (1, 2). En la actualidad, en cuanto a la producción mundial de sorgo se destacan entre los países más productores; a Nigeria, México, Estados Unidos y Argentina (3).

En Cuba, el sorgo ha mostrado buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas, sobre todo por su tolerancia a las condiciones de sequía. Es por ello que resulta fundamental para la introducción de cultivares de la especie, evaluar el comportamiento de los mismos en la época poco lluviosa. La importancia de este cultivo radica fundamentalmente en la utilización del grano y el forraje para alimento animal, aunque hay que destacar que se emplea en las áreas de agricultura urbana como barrera viva y como cultivo asociado al frijol común, frijol caupí, calabaza, soya, entre otros. También ha sido recomendado para la rotación de cultivo sobre todo en tabaco y arroz producto a sus cualidades para mejorar la estructura del suelo, aumentando la productividad del mismo (4, 5). Es importante destacar que en Cuba como parte del programa de desarrollo integral de granos se pretendió sembrar en el 2015 más de 35 000 ha^A.

Por todo lo antes expuesto y partiendo de la importancia que reviste el cultivo para la rotación en áreas arroceras; es que se desarrolló este trabajo con el objetivo de evaluar el comportamiento del crecimiento y el rendimiento de dos cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la época poco lluviosa para la localidad de Los Palacios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) "Los Palacios", perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) situada en la llanura sur de la provincia de Pinar del Río, a los 22°44' de latitud Norte y a los 83°45' de latitud Oeste, a 60 m.s.n.m, con pendiente aproximada de 1 %. Se utilizaron dos cultivares ISIAP Dorado y CIAP 132 R, las cuales se sembraron en las fechas de siembra diciembre 2009, febrero 2010 (época poco lluviosa) sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico (6).

Se empleó la tecnología de siembra directa, con una norma de siembra de 13 Kg ha⁻¹. Las actividades fitotécnicas se desarrollaron según lo recomendado para el cultivo del sorgo^B. El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizado con cuatro réplicas, y las parcelas experimentales presentaron un área de aproximadamente 40 m². Se determinó el rendimiento agrícola, datos que fueron procesados mediante la prueba t de student al 5 % de probabilidad de error.

Cada 15 días, a partir de la emergencia y hasta la madurez fisiológica, se realizaron muestreos destructivos a diez plantas y se determinó la masa seca de la parte aérea (g) mediante la sumatoria de cada órgano individual (hojas, tallo, vainas de las hojas y panícula) las que se mantuvieron en estufa hasta peso constante. También se determinó la superficie foliar (m²), la que se estimó a partir del producto del largo por el ancho por 0,7 (7).

Se estableció la dinámica de crecimiento de las variables anteriormente mencionadas (masa seca de la parte aérea y superficie foliar) las que se ajustaron a una función matemática exponencial polinómica de segundo grado; $Y=e^{(b_0+b_1+ b_2x^2)}$ posteriormente se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y el Índice de Área Foliar (IAF) (7).

Los valores de las temperaturas (media de temperaturas máxima, media y mínimas por décadas) y las precipitaciones (acumuladas por décadas) (Figura 1) corresponden a los períodos en que se desarrollaron los estudios y se tomaron de la estación agro-meteorológica ubicada en el municipio de Los Palacios, en Paso Real de San Diego a unos 6 km del área experimental.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta las medias de temperaturas (máxima, media, mínima) y el acumulado de precipitaciones por décadas. En cuanto a las precipitaciones, al tener en cuenta la cantidad y distribución de las mismas, se evidencia claramente que en la fecha de diciembre de 2010 existió menor cantidad de precipitaciones que las informadas en febrero 2009. Resaltar, que los valores máximos de temperatura no alcanzaron los 30 °C en la fecha de diciembre de 2009, mientras que en febrero de 2010 superaron este valor desde finales de la fase reproductiva y durante toda la fase de maduración. En cuanto a la temperatura mínima en la fecha de diciembre del 2009, en determinados momentos, estas fueron inferiores a los 15 °C, sobre todo a finales de la fase reproductiva y principio de la de maduración.

^APérez, J. Programa Integral de Granos. Proyección estratégica hasta el 2015, edit. IIG, 2010, 80 p.

^B García, E.; Permuy, V.; Chaveco, O. y Segura, T. Recomendaciones para el cultivo del Sorgo para granos (*Sorghum bicolor*, L. Moench), 2005, [Holgún].

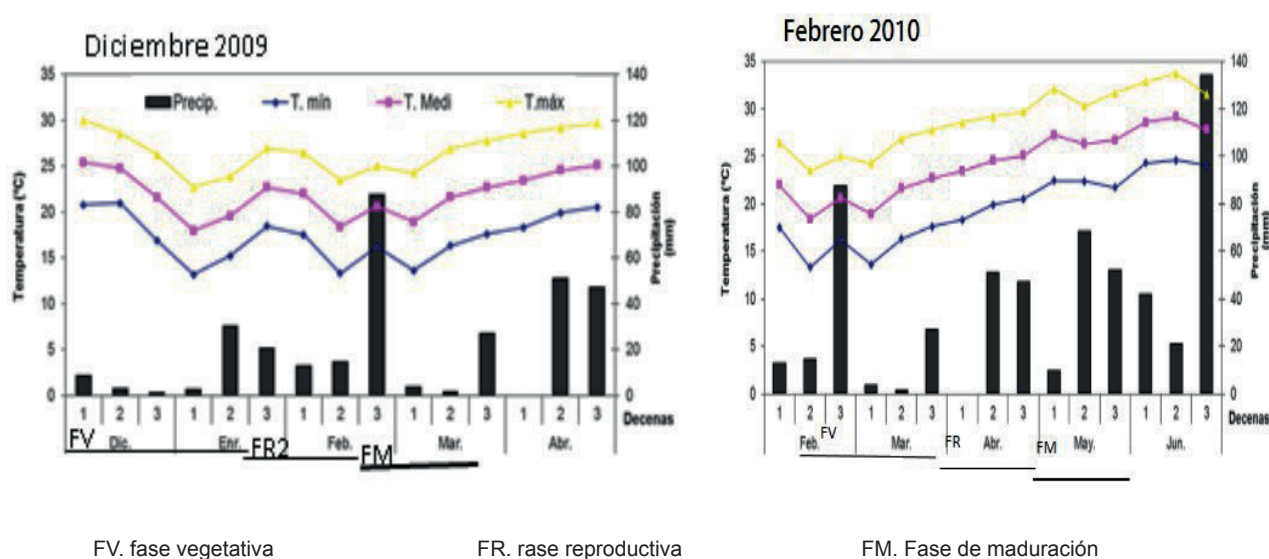


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas por décadas (máxima, media y mínima) y precipitaciones acumuladas por décadas durante el tiempo que duró el experimento en campo

Condiciones bien diferentes se aprecian en la fecha de febrero del 2010 para esta variable meteorológica, donde solo en las etapas iniciales de la fase vegetativa los valores fueron inferior a los 15 °C.

Por lo general, los valores críticos que afectan el rendimiento agrícola, el ahijamiento y la formación y llenado de los granos en el cultivo del sorgo se encuentran por debajo de 20 °C y por encima de 30 °C (1). Por tanto si bien de forma general las condiciones climatológicas se comportaron de forma favorable para el desarrollo de los cultivares, hay que precisar que la variabilidad presentes en la localidad pueden ocasionar variaciones en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

En la tabla aparecen las expresiones matemáticas producto del ajuste de los datos reales de cada una de las variables estudiadas con el fin de estimar el comportamiento de las mismas y así poder interpretar los resultados. Como se puede apreciar en la mayoría de los casos, los coeficientes de regresiones oscilaron entre 0,95 y 0,97, por lo que se logró un buen ajuste no tan solo desde el punto de vista matemático sino también desde el punto de vista biológico. Solo para el caso del IAF los cultivares CIAP 132 R en la fecha de siembra de diciembre 2009 y el ISIAP Dorado en la de febrero 2010 presentaron coeficientes inferiores a 0,95. Esto puede estar dado por el incremento del crecimiento del cultivo teniendo en cuenta la variable a partir de los 40 días después de germinado (ddg), el cual no fue inicialmente homogéneo en todas las plantas, en el momento próximo a la fase reproductiva. Por tanto, no existió uniformidad en la etapa fenológica correspondiente durante ese período para los cultivares aunque posteriormente las plantas se recuperaron y se observó en el campo una homogeneidad en el cultivo.

La Figura 2 muestra la dinámica de crecimiento de la masa seca de las plantas. En ambas fechas de siembra, se puede apreciar que aproximadamente

hasta los 90 ddg se obtiene un comportamiento muy similar en los cultivares estudiados aunque en la fecha de siembra de diciembre de 2009 el cultivar CIAP 132 R supera los valores alcanzados por el ISIAP Dorado, con un crecimiento más precoz y con valores inferiores en el punto de máximo crecimiento. Sin embargo, en la fecha de febrero 2010 el comportamiento fue diferente puesto que el ISIAP Dorado supera al CIAP 132 R hasta los 90 ddg aproximadamente y posteriormente se obtienen valores muy similares en las etapas finales de crecimiento. En este sentido se puede destacar que existe una marcada influencia de la fecha de siembra para el crecimiento de estos cultivares.

Se debe destacar además que los valores máximos de masa seca total para el caso de los dos cultivares no supera los 1000 g m⁻² en ninguno de los cultivares en las diferentes fechas de siembra; sin embargo, según los resultados informados por algunos autores (1, 6) en la mayoría de los casos la masa seca de las plantas supera los 1100 g m⁻²; esto pudiera estar dado por la densidad de siembra utilizada en estos experimentos para las condiciones edafoclimáticas existentes donde pudo existir una mayor población en comparación con lo utilizado por otros autores lo que pudo disminuir la eficiencia fotosintética de las plantas producto a un auto sombreado de las hojas.

Otro aspecto a tener en cuenta, son las condiciones climáticas. El sorgo se considera una planta de clima cálido que responde a temperaturas altas y la óptima para su desarrollo está entre 29 y 30 °C; esto es debido a sus características morfológicas ya que presenta un buen crecimiento del sistema radical, con un bajo nivel de transpiración en relación con la alta capacidad de absorción radicular y una cubierta cerosa en los tallos y hojas que lo hacen un cultivo muy eficiente ante tales condiciones (8, 9).

Funciones empleadas y coeficientes de regresión obtenidos

Cultivar	Índice de Área Foliar	R ²	Masa seca de la parte aérea	R ²
Diciembre 2009				
ISIAP Dorado	$Y = e^{(-8,58+0,25x-0,001x^2)}$	0,97	$Y = e^{(-3,30+0,20x-0,001x^2)}$	0,99
CIAP 132 R	$Y = e^{(-6,87+0,21x-0,001x^2)}$	0,83	$Y = e^{(-3,84+0,24x-0,0001x^2)}$	0,98
Febrero 2010				
ISIAP Dorado	$Y = e^{(-3,53+0,12x-0,0007x^2)}$	0,86	$Y = e^{(-0,89+0,15x-0,0007x^2)}$	0,99
CIAP 132 R	$Y = e^{(-6,05+0,18x-0,0001x^2)}$	0,95	$Y = e^{(-2,51+0,17x-0,0008x^2)}$	0,98

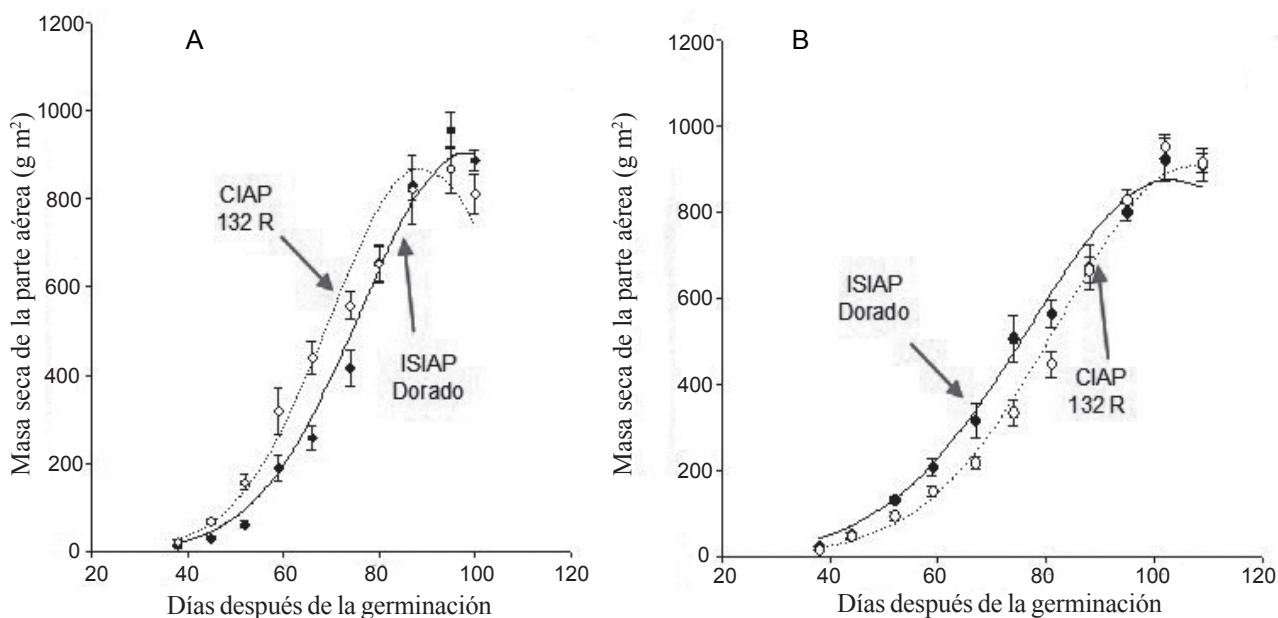


Figura 2. Dinámica de crecimiento de la masa seca en la parte aérea de cultivares de sorgo en dos fechas de siembra, diciembre 2009 (A), febrero 2010 (B)

En estudios realizados por otros autores en Cuba (10) se encontraron diferencias en cuanto al valor máximo de masa seca de la parte aérea las que estaban influenciada por la fecha de siembra. En este estudio las plantas del cultivar ISIAP Dorado alcanzaron mayores valores de la variable cuando fueron sembradas en la fecha de siembra de julio 2009 con aproximadamente 1400 g m² con respecto a los 1100 g m² que se alcanzaron en la fecha de noviembre de 2008. Aspecto que estuvo relacionado según estos autores con las condiciones climáticas.

En la Figura 3 se puede apreciar la dinámica del IAF para cada cultivar en las dos fechas de siembra, para el caso de diciembre 2009 los valores máximos alcanzados fueron de 3,0 y 2,8 para los cultivares CIAP 132 R y ISIAP Dorado, respectivamente. En la fecha de febrero de 2010 fueron de 3,5 y 3,1 para ambos

cultivares respectivamente. Es válido señalar que en todos los casos el valor máximo de esta variable coincide con la fase reproductiva y es el cultivar CIAP 132 R el que presenta los mayores valores.

Resulta importante precisar que la superficie foliar reviste gran importancia, pues el desarrollo de ella depende la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, necesaria para la producción de biomasa y el correspondiente aporte al rendimiento. En tal sentido, los valores alcanzados en este estudio son inferiores a los que se resalta en algunos trabajos en la literatura donde se destacan 4,5 y 5,5 (10). En este aspecto pudieran ser las condiciones climáticas; las temperaturas mínimas durante la fase reproductiva en diciembre 2009 estuvieron muy cercanas a los 15 °C e incluso fueron inferiores lo cual pudo haber provocado un menor crecimiento en las hojas y por tanto valores más bajos de IAF en esa fecha.

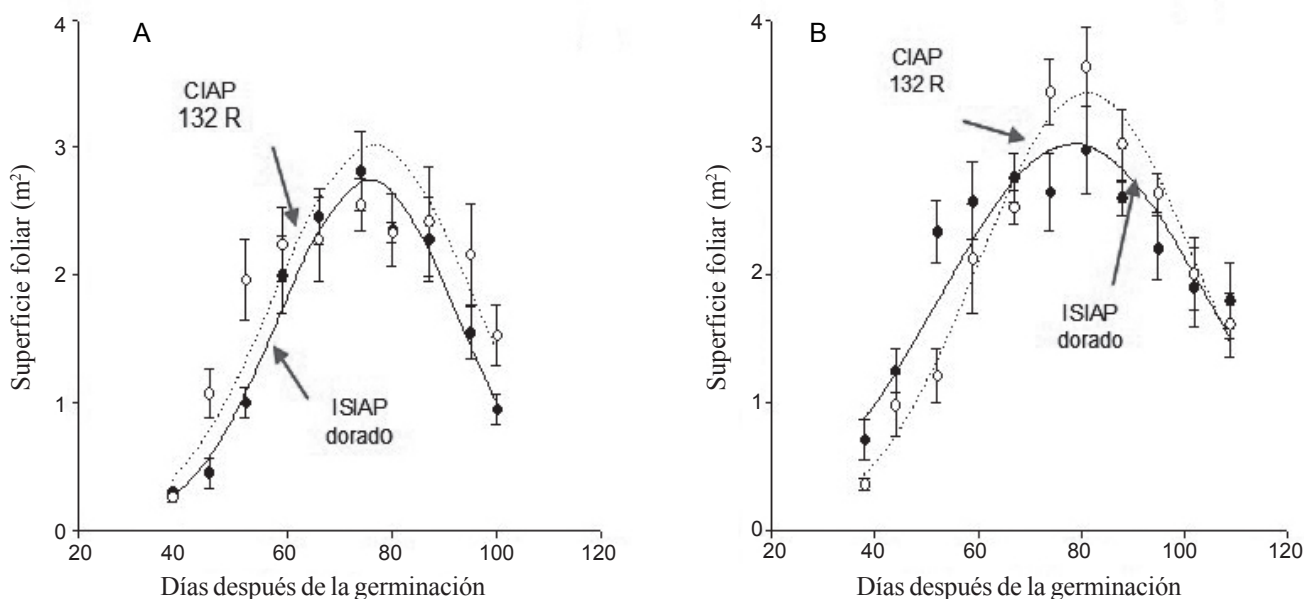
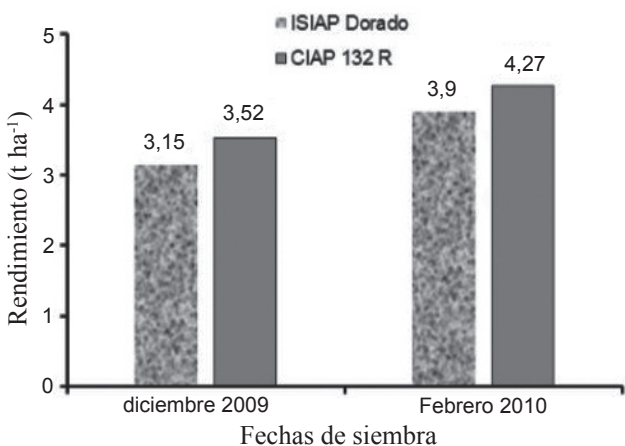


Figura 3. Comportamiento del índice de área foliar (IAF) de cultivares de sorgo en dos fechas de siembra diciembre 2009 (A), febrero 2010 (B)

Existen informes donde se destaca que las temperaturas son las que regularon el crecimiento de las hojas en los cereales (1, 11) y tanto el número de hojas como el tamaño de las mismas son un factor importante en el IAF.

En cuanto al comportamiento del rendimiento agrícola (Figura 4) hay que destacar que existieron diferencias entre las fechas de siembra. Los mayores rendimientos se encontraron en febrero del 2010 para ambos cultivares, sin diferencias significativas entre estos.



Medias de tratamientos difieren a $p < 0,05$, $n=4$

Figura 4. Comportamiento del rendimiento agrícola (t ha⁻¹) al 14 % de humedad del grano de dos cultivares de sorgo (CIAP 132 R y ISIAP Dorado), sembrados en dos fechas de siembra

Esto puede estar relacionado con las mejores condiciones que desde el punto de vista climático existieron para el desarrollo de este cultivo que permitieron una mayor eficiencia en la productividad del mismo; sobre todo el comportamiento de las temperaturas durante todo el ciclo del cultivo las cuales fueron más favorables en la fecha de febrero de 2010 (Figura 1). También hay que precisar que este rendimiento estuvo en correspondencia con los mayores valores de IAF alcanzados en esa fecha en la fase reproductiva (Figura 3). Resultados similares han sido alcanzados por otros autores en estudios similares con cultivos como el maíz y el arroz (12–15).

En tal sentido, según lo planteado por diferentes autores, el sorgo es considerado un cultivo muy eficiente en cuanto a las condiciones medioambientales, destacando que el período crítico va desde el momento que aparece la panícula envuelta por la vaina de las hojas fundamentalmente de la hoja bandera (etapa conocida como embuchamiento) hasta el final de la etapa lechosa en la fase de madurez; por lo que de las condiciones a las que se enfrente el cultivo en ese período y el desarrollo que haya alcanzado el mismo dependerá fundamentalmente el rendimiento final. Otro aspecto a resaltar, es que en Cuba se establecen rendimientos adecuados de aproximadamente 3,0 t ha⁻¹ (16) valor que es superado por lo alcanzado en este trabajo aunque resultan inferiores a los alcanzado por otros autores bajo las condiciones de Cuba (10).

CONCLUSIONES

A modo de conclusión cabe destacar que los rendimientos estuvieron influenciados por la fecha de siembra y los mayores valores del mismo estuvieron en correspondencia con un mayor desarrollo de la superficie foliar. Ambos cultivares pueden ser utilizados en la localidad de Los Palacios ya que sus resultados productivos superan los valores que se establecen en Cuba para el cultivo del sorgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. López, L. *Cultivos Herbáceos. Cereales*. edit. Mundi-Prensa, España, 1991, 419 p., ISBN 84-7114-324-0.
2. Flores, A. J. "Claves de un buen silo de sorgo". *Noticias y Comentarios*, no. 518, 2015, p. 3, ISSN 0327-3059.
3. Zamora, M. "Estadísticas sobre el cultivo de sorgo en la Argentina" [en línea]. En: eds. Zamora M. S. y Melin A. A., *Sorgo en el Sur*, edit. INTA, Buenos Aires, Argentina, 2007, pp. 5-6, ISBN 978-959-7194-43-9, [Consultado: 18 de abril de 2016], Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-7__sorgo_en_el_sur.pdf>.
4. Vázquez, M. L. *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana*. 1.ª ed., edit. CIDISAV, La Habana, Cuba, 4 de julio de 2011, 279 p., ISBN 978-959-7194-43-9.
5. Rivero, L. L. E. y Suárez, C. E. *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz*. 1.ª ed., edit. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba, 17 de marzo de 2015, 77 p., ISBN 978-959-7210-86-3.
6. Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
7. Maqueira, L. L. A.; Torres, de la N. W.; González, D. y Shiraishi, M. "Evaluación del comportamiento de variables del crecimiento en variedades de arroz de tipo japónica condiciones de secano favorecido". *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 1, marzo de 2014, pp. 43-49, ISSN 0258-5936.
8. Díez, M. y Sardiña, C. "Ensayo comparativo de materiales de sorgo para silo en ambientes con y sin limitantes edáfica". *Memoria Técnica*, vol. 2011-2012, 2012, pp. 135-138, ISSN 1850-6038.
9. Salinas, R.; Luis, J.; MamadouBâ, K.; Bucio, K.; Arturo, H. y Magaña, H. F. "Estimación de la demanda hídrica del trigo y sorgo en el Estado de México mediante la recalibración de K_T ". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 22, 2013, pp. 72-76, ISSN 2071-0054.
10. Hernández, C. N. y Soto, C. F. "Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado)". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 2, junio de 2012, pp. 50-54, ISSN 0258-5936.
11. Leiva, M. F.; Clausen, A. y Clausen, S. "Evaluación de sorgos sileros en el noreste de Córdoba 2010-2011". *Cartilla Digital Manfredí*, vol. 2011-2012, 2011, pp. 1-9, ISSN 1851-7994.
12. Aboelghar, M.; Arafat, S.; Abo Yousef, M.; El-Shirbeny, M.; Naeem, S.; Massoud, A. y Saleh, N. "Using SPOT data and leaf area index for rice yield estimation in Egyptian Nile delta". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, vol. 14, no. 2, diciembre de 2011, pp. 81-89, ISSN 1110-9823, DOI 10.1016/j.ejrs.2011.09.002.
13. Hernández, C. N. y Soto, C. F. "Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivados en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mays* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 2, junio de 2012, pp. 44-49, ISSN 0258-5936.
14. Akinbile, C. O. "Assessment of the CERES-Rice model for rice production in Ibadan, Nigeria". *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 15, no. 1, 1 de abril de 2013, pp. 19-26, ISSN 1682-1130.
15. Moradpour, S.; Koochi, R.; Babaei, M. y Khorshidi, M. G. "Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr variety)". *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, vol. 5, no. 3, 2013, p. 267, ISSN 2227-670X.
16. Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Wencomo, H. B.; Reyes, F.; Oquendo, G. y Milián, I. "Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)". *Pastos y Forrajes*, vol. 33, no. 1, marzo de 2010, pp. 1-26, ISSN 0864-0394.

Recibido: 17 de julio de 2014

Aceptado: 11 de noviembre de 2015