



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)

Sowing date influence on growth and yield of cereals cultivated in tropical conditions. Part II. Sorghum crop (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAP Dorado)

Francisco Soto Carreño[✉] y Naivy Hernández Córdova

ABSTRACT. In order to evaluate the growth performance and its relationship with the performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAP Dorado), this work was developed at the National Institute of Agricultural Sciences, were studied three planting dates: November/2008, June/2009 and July/2009, using a density of 270 000 plants.ha⁻¹. Destructive samples were taken every 15 days of emerged plants to 120 days evaluating total dry mass of aerial parts, the Leaf Area Index (LAI) and Leaf Area Duration (LAD), adjusting the data to a function exponential polynomial of second degree, «x» was the days after the emergency and «y» the variable in question; was also determined grain yield dry; from the regression equations were calculated Absolute Growth Rate (AGR) of dry biomass and maximum values of the variables, we also calculated the ratio of total dry mass and yield (harvest index). It shows the relationship between mean air temperature and duration of the phases from emergence to flowering and between the latter and the physiological maturity and the influence of the duration of the accumulation of dry mass and length Leaf Area on performance, found that higher biomass accumulation reached a higher yield.

Key words: growth, development, yield, sorghum

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar el comportamiento del crecimiento y su relación con el rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAP Dorado), se desarrolló el presente trabajo en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; se estudiaron tres fechas de siembra: noviembre/2008, junio/2009 y julio/2009, utilizándose una densidad de 270000 plantas.ha⁻¹. Se realizaron muestreos destructivos cada 15 días de emergidas las plantas hasta los 120 días, determinándose la masa seca total de la parte aérea, el índice de área foliar (IAF) y la duración del área foliar (DAF), ajustándose los datos a una función exponencial polinómica de segundo grado, «x» fue los días después de la emergencia y «y» la variable en cuestión, también se determinó el rendimiento en grano seco; a partir de las ecuaciones de regresión se calcularon la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la biomasa seca y los valores máximos de las variables, también se calculó la relación entre la masa seca total y el rendimiento (índice de cosecha). Se demuestra la relación entre la temperatura media del aire y la duración de las fases desde la emergencia hasta la floración y entre esta última y la madurez fisiológica, así como la influencia de la duración de la acumulación de la masa seca y de la duración del área foliar sobre el rendimiento; encontrándose que a mayor acumulación de biomasa se alcanzó un mayor rendimiento.

Palabras clave: crecimiento, desarrollo, rendimiento, sorgos

INTRODUCCIÓN

El rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones, donde intervienen el genotipo, el clima, el suelo y el manejo del cultivo, el impacto de los distintos

Dr.C. Francisco Soto Carreño, Investigador Titular y Naivy Hernández Córdova, Aspirante a Investigador del departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ soto@inca.edu.cu; naivy@inca.edu.cu

parámetros que intervienen en estas variables del sistema definen la fenología y el rendimiento de los cultivos (1).

La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos. El rendimiento por unidad de superficie está condicionado por el número de individuos capaces de producir rendimiento en grano; la biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de

recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento (2).

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cereal más importante en el mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada (3); el sorgo tropical presenta buena adaptabilidad y rendimiento aceptable, por lo que se le ha llegado a llamar el cereal del siglo XXI, ocupando el quinto lugar en cuanto a superficie cosechada en todo el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (4). Constituye una especie típica de zonas de clima cálido y es capaz de tolerar condiciones de sequía y de baja disponibilidad de nutrientes.

En nuestro país la importancia de este cultivo radica fundamentalmente en la utilización del grano y el forraje para alimento animal y como parte esencial de un sistema de rotaciones para mantener la productividad y la estructura del suelo (5); también es empleado en la agricultura urbana para evitar la incidencia de plagas (6). El Ministerio de la Agricultura de Cuba se propone incrementar las áreas de este cultivo de 2000 ha en 2009 a 35000 ha en 2015 (7).

Por todos estos elementos se acometió esta investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento del crecimiento y su relación con el rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAP Dorado) en tres fechas de siembra bajo las condiciones de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento al objetivo del presente trabajo se realizaron tres siembras del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, var. ISIAP Dorado) en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas a 138 m snm. Se utilizó una densidad de 15 kg.ha⁻¹ de semilla, realizándose las siembras en noviembre de 2008; junio y julio de 2009.

Las atenciones culturales se realizaron de acuerdo a las recomendaciones para el cultivo del sorgo (8).

Se evaluó el momento en que ocurrieron las diferentes fases fenológicas del cultivo, a saber: emergencia, embuchamiento, antesis y madurez fisiológica.

Cada 15 días, a partir de la emergencia de las plantas y hasta la madurez fisiológica, se realizaron muestreos destructivos a 10 plantas, determinándose las siguientes variables:

- ♦ *Biomasa seca aérea*. llevando cada órgano de la planta a peso constante en una estufa de circulación forzada a 80°C.
- ♦ *Área foliar*. mediante el método del disco, calculándose el índice de área foliar (IAF) por m².

El rendimiento se evaluó en grano seco por hectárea y se calculó el índice de cosecha (IC).

Los datos se ajustaron a una función exponencial polinómica de segundo grado, donde «x» son los días después de la emergencia y «y» la variable en cuestión; a partir de dicho ajuste se calculó la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca total por el método funcional, así como la duración del área foliar (DAF), en la fase reproductiva, mediante la siguiente ecuación:

$$DAF = IAF_1 (\text{antesis}) + IAF_2 (\text{madurez fisiológica}) / 2 * (t_2 - t_1) \quad (9)$$

Los datos de temperatura media mensual del aire se tomaron de una Estación Meteorológica próxima al sitio experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Figura 1, en la fecha de siembra de noviembre de 2008 las plantas necesitaron más tiempo para llegar a la fase de madurez fisiológica (106 días), mientras que en la fecha de siembra de julio de 2009 se requirió un menor número de días para llegar a dicha fase (93 días), las plantas sembradas en junio de 2009 ocuparon un lugar intermedio (101 días). Las mayores diferencias entre las fechas de siembra se presentaron en la fase desde la emergencia hasta la floración, o sea, en la fase vegetativa, pues en la fase reproductiva las diferencias oscilaron entre dos y cuatro días.

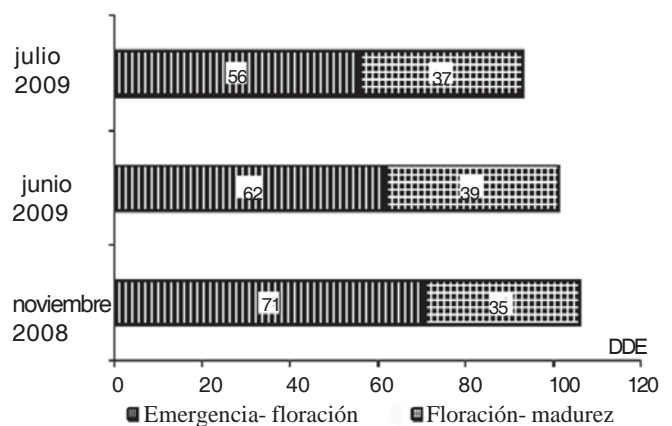


Figura 1. Duración de las fases fenológicas (vegetativa y reproductiva) en tres fechas de siembra en el cultivo del sorgo

Al analizar la Figura 2 se puede comprender la influencia de la temperatura media del aire sobre la duración de la fase vegetativa, pues las mayores temperaturas en los primeros 60 días del cultivo ocurrieron en la siembra de julio de 2009 y las más bajas en noviembre de 2008. Es de todos conocido que la temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida (10); diversos autores han reportado la influencia de este factor del clima en el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos, en el trigo, por ejemplo, la temperatura es el factor más importante que determina la duración de las fases desde la emergencia hasta la floración y madurez (11); en las condiciones de Cuba con el cultivo de la habichuela se demostró esta relación entre la temperatura y la duración del ciclo del cultivo, además se estableció que un alargamiento de la duración de la fase vegetativa favoreció el rendimiento de dicho cultivo (12, 13).

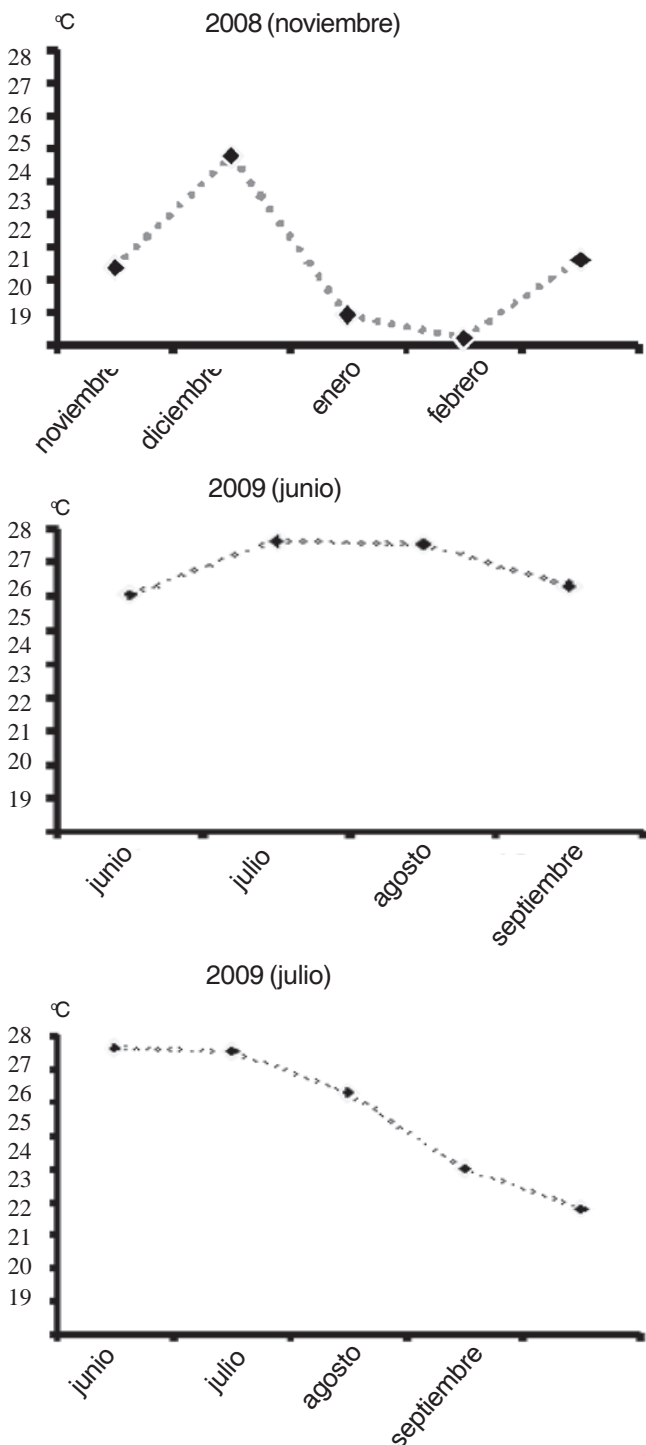


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media en las tres fechas de siembra

El sorgo se considera como una especie de clima cálido, siendo la temperatura óptima para su crecimiento y desarrollo hasta los 30°C (8); destacándose entre sus características que tiene un sistema radical muy ramificado, una capa de cera que recubre las hojas y tallos que disminuye la evaporación y además posee un mayor número de estomas en comparación con el maíz (14), el cual es un cultivo muy eficiente.

A pesar de que en la siembra de julio la fase vegetativa tuvo una menor duración en comparación con las otras dos siembras, hubo una mayor acumulación de materia seca (Figura 3) y el valor máximo se alcanzó más tarde (101 días, mientras que en la siembra de noviembre de 2008 el valor máximo de la masa seca se alcanzó a los 64 días; lo anterior se pone de manifiesto en la Figura 4.

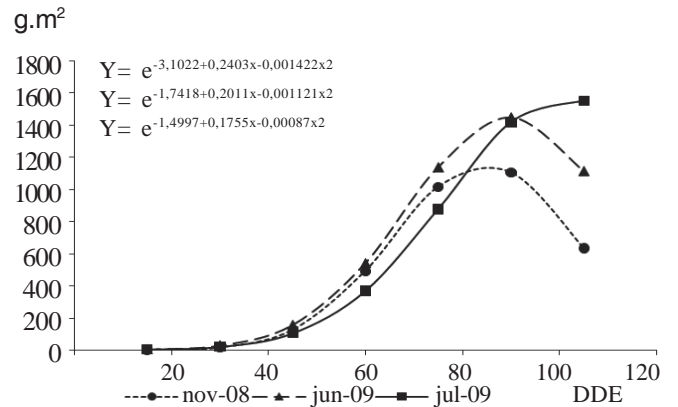
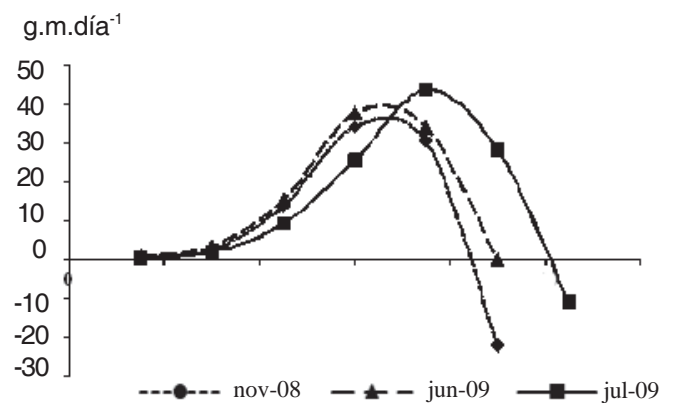


Figura 3. Dinámica de la masa seca aérea del sorgo en cada una de las fechas de siembra



Fechas de siembra	TAC máxima (g.m ² .día ⁻¹)	Fase fenológica y días
Noviembre 2008	34.38	Embuchamiento (61)
Junio 2009	37.69	Antésis (62)
Julio 2009	43.77	Madurez fisiológica (84)

Figura 4. Comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca aérea y la fase fenológica en que se alcanzó cada uno de los valores máximos en las tres fechas de siembra

En la anterior figura se puede observar cómo la velocidad de incremento de la masa seca (TAC) en la siembra de julio se prolongó por más tiempo y la senescencia se alcanzó con posterioridad (100 días después de la emergencia), mientras que en la siembra de noviembre esto ocurrió alrededor de los 84 días.

Es importante destacar que los mayores valores de la TAC se presentaron en la siembra de julio (43,77 g.m².día⁻¹) y ocurrió en la fase de madurez fisiológica, lo que pudiera

indicar que una mayor acumulación de masa seca y sobre todo que esta se prolongue hasta la fase reproductiva debe implicar un mayor rendimiento.

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 la Figura 5 se puede observar la dinámica del índice de área foliar (IAF), los valores máximos oscilaron entre 4,5 y 5,6 en dependencia de la fecha de siembra, destacándose la siembra de julio de 2009 con el mayor valor; tan importante como el IAF es su duración, pues en la medida que esta sea mas efectiva en el tiempo implicaría una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la luz durante el ciclo del cultivo

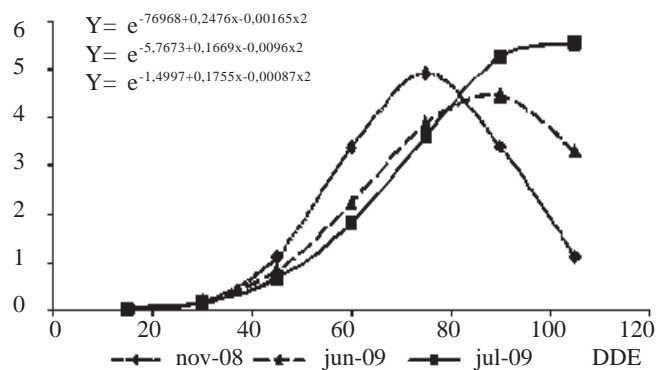


Figura 5. Dinámica del índice de área foliar (IAF) del sorgo en cada una de las fechas de siembra

La duración del área foliar (DAF) representa la duración del funcionamiento de la superficie asimiladora y sirve para interpretar el costo energético de la formación de la unidad de superficie foliar y su rendimiento en la producción de asimilatos.

En la Figura 6 se puede observar como la DAF osciló entre 127 y 102 días, en dependencia de la fecha de siembra, alcanzándose el mayor valor en la fecha donde ocurrieron las mayores temperaturas medias desde la emergencia hasta el inicio de la fase reproductiva y donde, como se vio con anterioridad, hubo una mayor acumulación de masa seca.

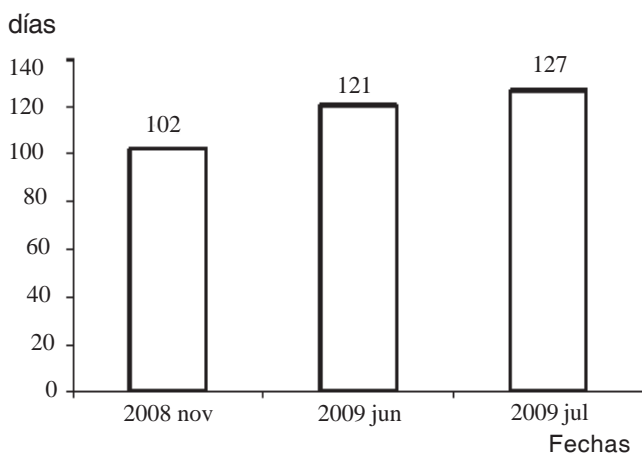


Figura 6. Duración del área foliar (DAF) del sorgo en las tres fechas de siembra

La disminución en el número de granos y rendimiento de los cultivos aparece asociado a las condiciones de crecimiento del cultivo alrededor de la floración, la presencia de un estrés durante ese periodo reduce la tasa de crecimiento del cultivo y esto produce marcadas reducciones en el rendimiento (15).

La tasa de crecimiento durante el período crítico es dependiente de la cantidad de radiación solar incidente, de la proporción de la misma que el cultivo es capaz de interceptar mediante su índice de área foliar y de la eficiencia en que transforma la radiación en materia seca. La máxima intercepción de radiación en el menor tiempo posible para lograr un rápido crecimiento del índice de área foliar (IAF) que junto con la temperatura, la disponibilidad hídrica, la fertilidad y la radiación, determinarán la eficiencia de la fotosíntesis; la superficie foliar con que cuenta una planta influye directamente en su actividad fotosintética y, por tanto, en la acumulación de su masa seca (16).

Los cereales de alto rendimiento se caracterizan por un óptimo desarrollo del aparato fotosintético y del sistema radicular durante la fase de crecimiento vegetativo y por una alta tasa de producción de materia seca durante la fase de crecimiento reproductivo, lo que depende de un óptimo índice de área foliar, y una prolongada actividad foliar y de una alta tasa de fotosíntesis.

El aumento o disminución del periodo de crecimiento provocado por las variaciones en el comportamiento de las condiciones ambientales (fundamentalmente la temperatura ambiente) puede incidir en el rendimiento (1, 17); sin embargo, alcanzar rendimientos máximos estará en relación directa con una máxima fotosíntesis y que esta ocurra en un tiempo bastante prolongado, por lo que una mayor área foliar y duración de la misma en la etapa reproductiva podría conducir a un rendimiento más alto (9), la relación entre la acumulación de biomasa total y la producción de granos ha sido demostrada en diferentes estudios en general, y en ausencia de limitaciones para el cultivo, a mayor biomasa mayor rendimiento (18, 19).

Todo lo anterior se pone de manifiesto en la Figura 7, donde se aprecia que el mayor rendimiento ($5,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) se alcanzó en la fecha de siembra de julio de 2009, el menor en la siembra de noviembre de 2008 ($4,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y la siembra de junio de 2009 ($4,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) ocupó un lugar intermedio; este comportamiento estuvo en correspondencia con los valores de acumulación de la masa seca y su velocidad de incremento en el tiempo (TAC), así como con el índice de área foliar (IAF) y su duración (DAF), todo esto relacionado con el comportamiento de estas variables en las diferentes fases fenológicas.

En las condiciones de Cuba se establece como un rendimiento adecuado hasta $3,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (8), en este trabajo se demuestra que el potencial de este cultivo es mayor, siendo necesario utilizar el conocimiento de las relaciones básicas de los procesos de formación del rendimiento, tales como el índice de área foliar y su duración, la tasa de fotosíntesis y la acumulación de masa seca, entre otros.

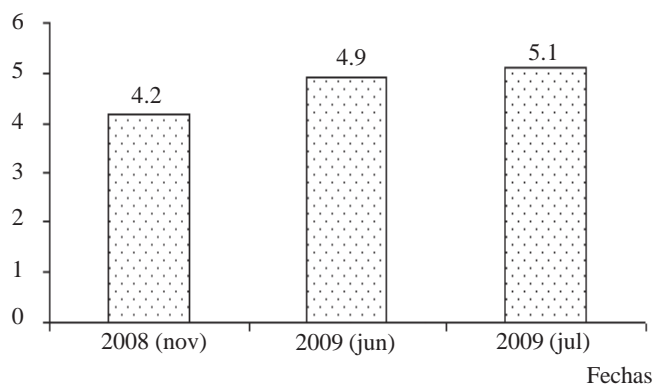


Figura 7. Rendimiento agrícola alcanzado por el sorgo en las tres fechas de siembra

El sorgo se considera un cultivo muy eficiente en el uso de los recursos medioambientales, el periodo crítico va desde el momento que aparece la panícula en las hojas del vértice de las plantas (embuchamiento) hasta el final del estado lechoso del grano (próximo a la madurez fisiológica), por lo que del estado fisiológico que presente el cultivo en ese momento dependerá su posterior rendimiento (20). Téngase en cuenta que se trata de una planta C_4 , cuya característica es ser más eficiente en la producción de mayor seca por unidad de agua transpirada y en condiciones de alta luminosidad. Esto se demuestra en la Figura 8, pues por cada gramo de producción de masa seca se destina entre un 34 y un 39 % a la producción de grano, ya que el índice de cosecha (IC) es una medida de la eficiencia de la planta en el uso de la luz, el agua y los nutrientes para producir grano.

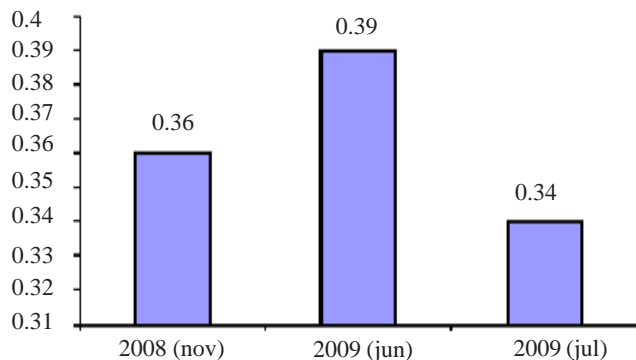


Figura 8. Índice de cosecha del sorgo en las tres fechas de siembra

CONCLUSIONES

Como elemento fundamental de los resultados de este trabajo se puede concluir que la producción final de biomasa de un cultivo resultará de la eficiencia con que este haya utilizado la radiación solar y el tiempo durante el cual esta eficiencia se haya mantenido.

REFERENCIAS

- Soto, F.; Plana, R. y Hernández, N. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *ativum*) y triticales (*x Triticum secale Wittmack*) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, p. 32-36.
- Cantarero, M. G.; Luque, S. F. y Rubiolo, O. J. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). *Revista Agrisciencia*, 2000, vol. 17, p. 3-10.
- Oramas, G.; Valdés, L.; Hernández, L.; Queri, O.; García, N.; Sánchez, M. y González, A. Informe de nuevas variedades ISIAP Dorado, primera variedad de sorgo de grano blanco para consumo humano en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 4, p. 75.
- Wikipedia. Sorghum. [en línea] La enciclopedia libre. [Consultado: 7 de marzo 2008]. Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum>>. 2004.
- Mena, A. Respuesta del sorgo (*Sorghum vulgare* var. BJ 83 Caloro) a dos inoculantes micorrizicos en sustratos con diferentes características. [Tesis de Maestría]. INCA. 2009. p. 86.
- Rodríguez, A. N.; Campanioni, N.; Peña, E. y Carrión, M. Agricultura Urbana: Una expresión de la agricultura agraria cubana. En: Las Investigaciones Agropecuarias en Cuba Cien años después. 2006. p. 115.
- Pérez, J. Programa Integral de los Cultivos Varios. Proyección estratégica hasta el 2015. 2010. MINAG. Edit. Liliانا. p. 95.
- García, E.; Permuy, Vencida; Chaveco, O. y Segura, T. Recomendaciones para el cultivo de sorgo para granos (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Holguin. ETIAH. 2005.
- Escalante, J. A. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Revista Terra*, 1999, vol. 17, no. 2, p. 149-157.
- Rodríguez, W. E. y Flores, V. J. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de temperatura. *Agronomía Colombiana*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 9.
- Rawson, H. M. y Gómez, H. Trigo regado. Manejo del cultivo. FAO, 2001, p. 61.
- Hernández, N. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. [Trabajo de diploma]. UNAH. 2007. 41 p.
- Hernández, L.; Hernández, N.; Soto, F. y Pino, M. de los A. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 1, p. 54-61.
- Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Oquendo, G. y Milián, I. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 2010, vol. 33, no. 1, p. 1.
- Satorre, E. H.; Menéndez, F.; Tinghitella, G. y Cavasassi, J. L. Triguero: Un sistema de apoyo a la fertilización nitrogenada de trigo. Convenio AACREA y PROFERTIL S.A. Software de aplicación agronómico. 2005.

16. Morales, D.; Rodríguez, P.; Dell'Amico, J.; Torrecillas, A. y Sánchez, M. Efecto de altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y el intercambio gaseoso en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill cv. Amalia). *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 45-48.
17. Xiao, G.; Zhang, Q.; Yao, Y.; Yang, S.; Wang, R.; Xiong, Y. y Sunl, Z. Effects of temperature increase on water use and crop yields in a pea-spring wheat-potato rotation. *Agric. Water Manag.*, 2007, vol. 91, p. 86-91.
18. Acosta, E. Relación entre el índice de área foliar y el rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Revista Agricultura Técnica en México*, 2008, vol. 34, no. 19.
19. Maqueira, L. A.; Torres, W. y Miranda, A. Crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz de ciclo corto en época poco lluviosa. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, p. 28-31.
20. Graveros, I. E. Cultivos sorgos graníferos. [Consultado el 21-3-08]. Disponible en: <<http://www.producción.com.ar/2003/03ago-10.htm>>._2003.

Recibido: 5 de noviembre de 2010

Aceptado: 17 de diciembre de 2011

¿Cómo citar?

Soto Carreño, Francisco y Hernández Córdova, Naivy . 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*, 2012, vol. 33, no. 2, p. 50-55. ISSN 1819-4087