



INFLUENCIA DE TRES FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE ESPECIES DE CEREALES CULTIVADAS EN CONDICIONES TROPICALES. PARTE I. CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)

Influence of three planting dates on growth and yield of cereal species grown in tropical conditions. Part I. Maize (*Zea mays* L.)

Naivy Hernández Córdova[✉] y Francisco Soto Carreño

ABSTRACT. The productivity of a crop is determined by its genetic potential and environmental impact on its capacity for growth and dry matter partitioning to reproductive destinies, on the other hand, changes in planting date modified corn crop yield response grain. The objective of this work was to study the effect of three planting dates on growth performance and its relationship to performance in the cultivation of corn. The study was conducted at the National Institute of Agricultural Sciences during the dates of the periods (November/2008-March/2009), (June-September/2009) and (July-November/2009), using a planting density of 50000 plants.ha⁻¹. Phenological phases were evaluated weekly and destructive samples were taken after 15 days of issuance of the plants to harvest during each week, determining the total dry mass of aerial parts, leaf area index (LAI) and dry grain yield. The data were fitted to an exponential function of second-degree polynomial; we calculated the absolute growth rate (TAC) of the total dry weight and harvest index. The results show that the time it takes a corn plant to reach flowering stage (end of the vegetative stage and early reproductive) and after physiological maturity, are related to the average air temperature. We show that higher values of dry biomass and leaf area index reached the highest yields.

RESUMEN. 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, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del rendimiento en grano. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de tres fechas de siembra sobre el comportamiento del crecimiento y su relación con el rendimiento en el cultivo del maíz. El estudio se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas durante las fechas correspondientes a los períodos de (noviembre/2008-marzo/2009), (junio-septiembre/2009) y (julio-noviembre/2009), utilizándose una densidad de siembra de 50000 plantas.ha⁻¹. Las fases fenológicas se evaluaron semanalmente y se realizaron muestreos destructivos después de 15 días de emisión de las plantas hasta la cosecha durante todas las semanas, determinándose la masa seca total de la parte aérea, índice de área foliar (IAF) y el rendimiento en grano seco. Los datos se ajustaron a una función exponencial polinómica de segundo grado, se calculó la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca total, así como el índice de cosecha. Los resultados demuestran que el tiempo que demora una planta de maíz para alcanzar la fase de floración (fin de la fase vegetativa y comienzo de la reproductiva) y luego la madurez fisiológica, están relacionados con la temperatura media del aire. Se demuestra que a mayores valores de biomasa seca e índice de área foliar se alcanzan los mayores rendimientos.

Key words: maize, sowing date, growth rate, yield

Palabras clave: maíz, fecha de siembra, índice de crecimiento, rendimiento

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

✉ naivy@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) ocupa una posición destacada en la agricultura de América Latina, al destinarse para el consumo humano y animal. En los últimos años se ha potenciado su uso como biocombustible, lo cual ha traído como consecuencia un encarecimiento del producto a nivel mundial. Hoy día es uno de los cereales más cultivados en todo el mundo (1).

En Cuba dada la importancia que representa el cultivo del maíz para la alimentación, se ha trazado una proyección estratégica para la producción de este grano con destino a la población hasta el año 2015, donde para esta fecha está previsto sembrar un área de 145 000 ha con un rendimiento de 3.3 t.ha⁻¹, con el objetivo de sustituir la importación de maíz seco con la producción nacional. Por otro lado se pretende potenciar la utilización de una densidad de población no inferior a 50000 plantas.ha⁻¹ y establecer la siembra del 40 % de maíz en la época de invierno (2).

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo (3).

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, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del 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 (4). De esta forma, los elementos del análisis del crecimiento se han empleado con el propósito de relacionarlo con la formación del rendimiento (5, 6). Teniendo en cuenta los elementos anteriores se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de estudiar el efecto de tres fechas de siembra sobre el comportamiento del crecimiento y su relación con el rendimiento en el cultivo del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en San José de las Lajas, Mayabeque, situado a 138 m snm. Se establecieron tres fechas de siembra en un área sin parcelas: 18 de noviembre de 2008, 12 de junio de 2009 y 31 de julio de 2009, sobre un suelo Ferralítico Rojo (7), siguiendo las recomendaciones para la producción del cultivo (8). El maíz var. P79-28 se estableció a 0.90 x 0.30 m, obteniéndose una densidad de siembra de 50000 plantas.ha⁻¹. Se identificaron las fases fenológicas, donde las observaciones se realizaron semanalmente según lo recomendado (9). Todas las semanas a partir de los 15 días después de la emergencia (DDE) se determinó mediante muestreos destructivos, los siguientes indicadores.

- La masa seca de la parte aérea (g.m²), para la cual se separaron los diferentes órganos de la planta y se secaron en una estufa de circulación forzada a 80°C, hasta peso constante.

- Índice de área foliar (IAF), para ello se estimó el área foliar por el método del disco en base a masa seca.
- Rendimiento en grano seco (t.ha⁻¹).
- Índice de cosecha (IC) (10).

$$IC = \frac{\text{Rendimiento Agrícola}}{\text{Rendimiento Biológico}} \times 100$$

Los datos de los indicadores de crecimiento se ajustaron a una función exponencial polinómica de segundo grado donde se utilizó el programa estadístico *Statgraphics Plus 5.0*, calculándose a partir de esto, la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de la masa seca (g.m².día⁻¹).

Los datos de temperatura media del aire se tomaron de la estación meteorológica de Tapaste, 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 requirieron más tiempo (99 días) para completar su ciclo hasta la madurez fisiológica; mientras que en el otro extremo, con menor duración de su ciclo (76 días), se ubicó la fecha de siembra de junio de 2009; la siembra de julio de 2009 se situó en una posición intermedia (93 días). Resulta interesante destacar como la fase desde la emergencia hasta la floración en la primera fecha (noviembre/2008) las plantas necesitaron mayor cantidad de días, en relación con las otras fechas, entre las cuales no se observan diferencias. Lo contrario ocurrió en la fase desde la floración hasta la madurez fisiológica, donde se muestra diferencias entre las tres fechas de siembra, ocupando los extremos la siembra de junio de 2009 (33 días) y la de julio de 2009 (51 días).

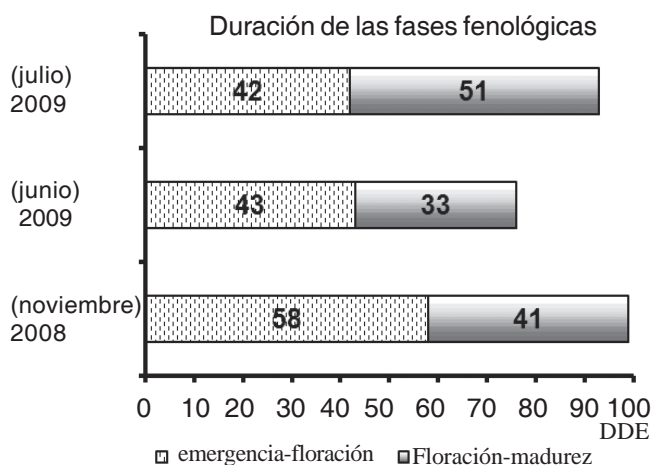


Figura 1. Duración de las fases fenológicas (vegetativa y reproductiva) en las tres fechas de siembra evaluadas en el cultivo del maíz

Diferentes autores señalan la relación entre los factores del clima, fundamentalmente la temperatura ambiente y el crecimiento de todos los organismos vivos (11, 12, 13). En el caso de los vegetales es un hecho que la temperatura del aire modifica la duración del ciclo de los cultivos y la duración de sus diferentes fases fenológicas (14).

Este comportamiento se explica, ya que es conocido que la temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren de la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado en su ciclo de vida a otro (15). Se plantea también, que la fecha de siembra al determinar las condiciones del ambiente que inciden sobre el cultivo modifica su desarrollo, es decir, la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos, la duración de las etapas y, por ende, la duración del ciclo del cultivo (16).

En este trabajo se reafirman esas aseveraciones, pues al observar la Figura 2 se evidencia que las mayores temperaturas durante el desarrollo del cultivo, se presentaron en la fecha de siembra de junio de 2009, que fue precisamente donde la duración del ciclo biológico del maíz fue menor.

Cuando el maíz se sembró en noviembre de 2008 las plantas estuvieron sometidas a menores temperaturas, estando esto en correspondencia con lo que se observó en la Figura 1, donde en esta fecha las plantas requirieron más tiempo para completar su ciclo.

Un indicador importante para evaluar la productividad de un cultivo lo constituye la producción de biomasa, por la relación directa que tiene con el rendimiento; en la Figura 3 se observa la diferencia en la dinámica de este indicador en las diferentes fechas de siembra, se destacan la fecha de junio de 2009 por una mayor y más rápida acumulación y la siembra de julio de 2009 con menor acumulación durante mayor tiempo; lo anterior se pone de manifiesto cuando se observan los valores máximos y el momento donde este ocurre.

En la Figura 4 se presenta la velocidad de la acumulación de la masa seca aérea, se puede observar cómo los valores máximos de este índice además de presentar valores diferentes de acuerdo a las fechas de siembra, también ocurren en momentos diferentes, resultando interesante destacar que en la fecha de siembra de junio de 2009 ese momento ocurrió próximo a la cosecha, mientras que en las otras dos fechas los valores máximos de la TAC se alcanzaron en períodos tempranos de la fase reproductiva.

Al analizar el índice de área foliar (Figura 5) se observa que su comportamiento es similar al de la masa seca aérea, donde los mayores valores se alcanzaron en la siembra de junio de 2009, mientras que las otras dos fechas tuvieron un menor índice de área foliar, aunque en el caso de la siembra de noviembre de 2008 el valor máximo se alcanzó más tarde, como se puede observar el IAF osciló entre 7 y 8, lo cual ha sido reportado con anterioridad (17).

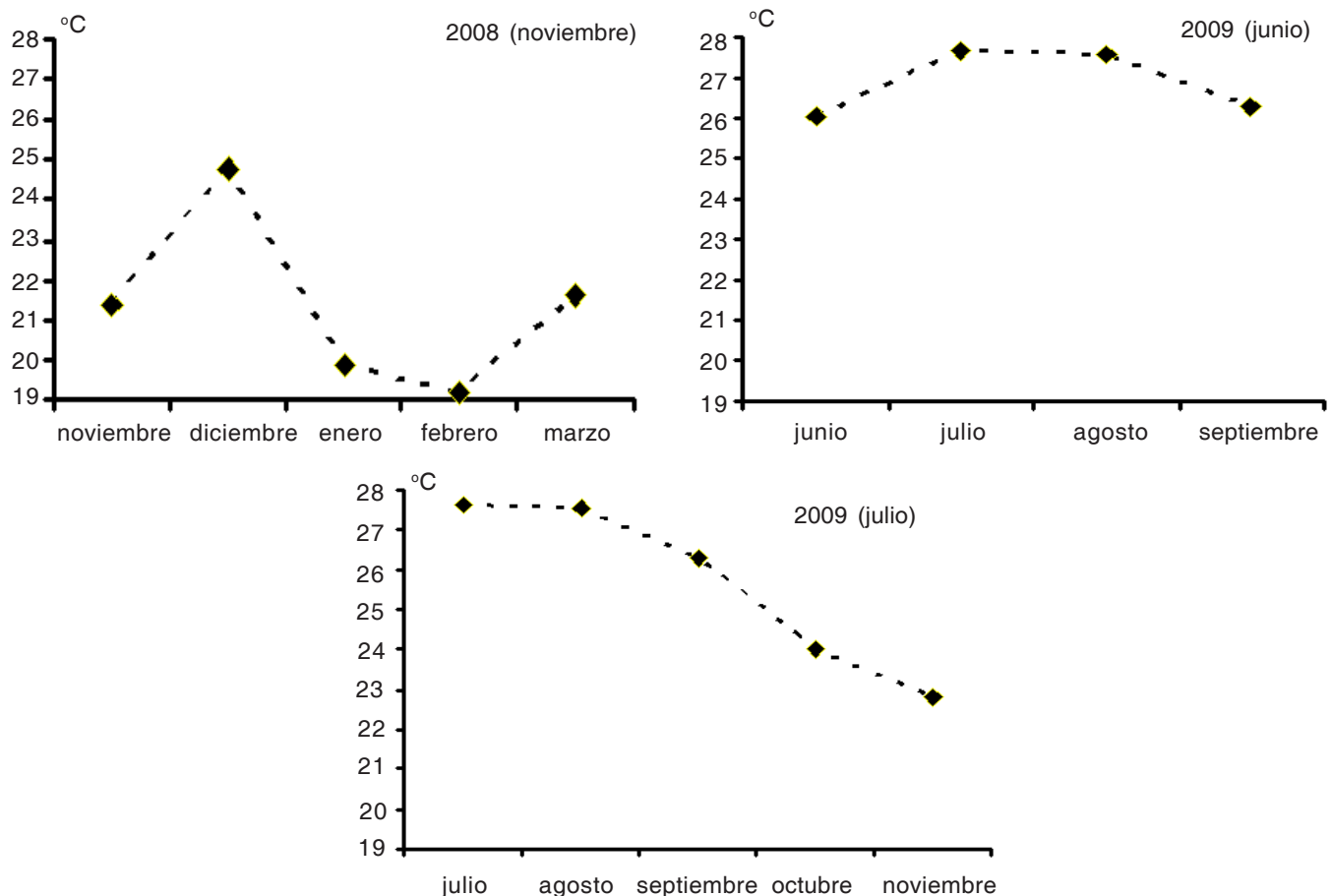
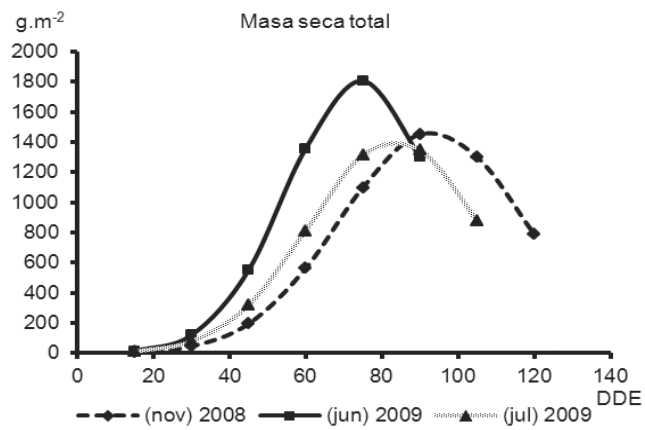
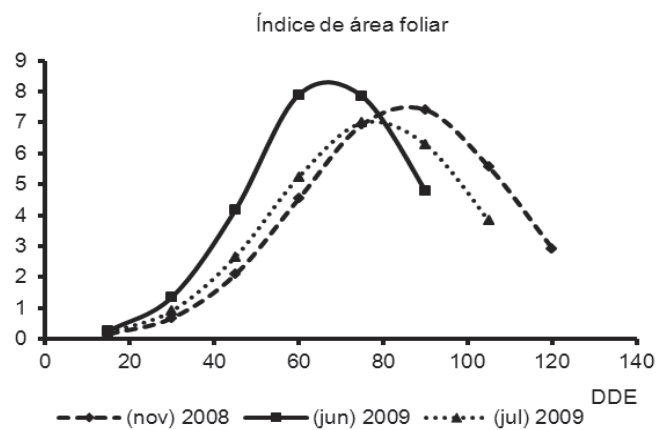


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media en las tres fechas de siembra



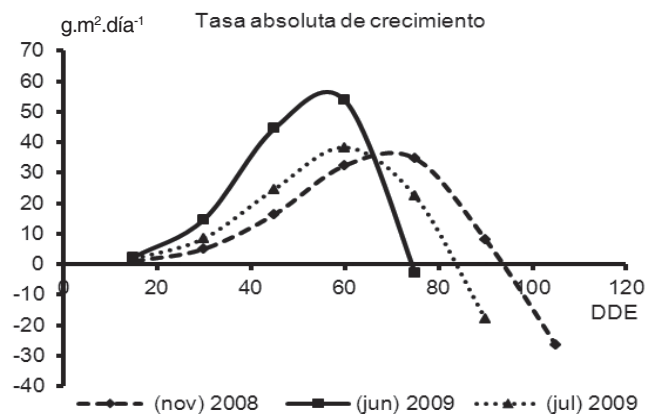
Valores máximos de masa seca		
	X	Y
Noviembre-2008	93	1465.57
Junio 2009	74	1808.04
Julio-2009	83	1409.51



Valores máximos de IAF		
	X	Y
Noviembre-2008	85	7.54
Junio-2009	69	8.22
Julio-2009	78	7.06

Figura 3. Comportamiento de la masa seca de la parte aérea y valores máximos alcanzados en cada una de las fechas de siembra

Figura 5. Dinámica del índice de área foliar y valores máximos alcanzados en cada una de las fechas de siembra



Fechas de siembra	TAC máxima (g.m².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 de la parte aérea y la fase fenológica en que se alcanzó cada uno de los valores máximos en las tres fechas de siembra

En estudios realizados en el cultivo de la soya, se señala que la temperatura es importante para la fotosíntesis y en consecuencia para el crecimiento de la planta, que en el período de mayor temperatura bajo las condiciones ambientales de Cuba, permitió una mayor acumulación de masa seca (21). Sin embargo, alcanzar rendimientos máximos estará en relación directa con una máxima fotosíntesis neta 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 (22).

En este sentido se han reportado diferentes trabajos en relación a la acumulación de biomasa total y la producción de granos; en el caso del arroz cultivado bajo las condiciones de Cuba se señala que a mayor producción de biomasa total hubo un mayor rendimiento (23); en el cultivo del frijol se ha demostrado que la acumulación de materia seca a la cosecha y el IAF son características que se relacionan con el rendimiento (24).

Por otro lado se plantea que en maíz, más del 90 % de la biomasa acumulada en los granos se deriva de los fotoasimilatos producidos en las hojas durante el llenado del grano, y que son transportados directamente a ellos, por lo que la fotosíntesis después de la polinización es importante para la producción del grano (25).

En la Figura 6 queda reiterado el criterio planteado con anterioridad, en cuanto a que una mayor acumulación de biomasa y mayor área foliar en estadios más próximos a la cosecha implicarían una mayor eficiencia de cultivo y por ende un mayor rendimiento. En esta figura se aprecia que el mayor rendimiento ocurrió en la fecha de siembra de junio de 2009, donde hubo un mayor acumulado de masa seca y un mayor IAF; el menor rendimiento se

Estos resultados sugieren que una mayor acumulación de masa seca y sobre todo que esta se extienda hasta la fase reproductiva implicaría un mayor rendimiento, el aumento o disminución del periodo de crecimiento provocado por variaciones en el comportamiento de las condiciones ambientales (fundamentalmente la temperatura) puede incidir en el rendimiento (18, 19, 20).

obtuvo en la siembra de julio de 2009, en la cual se alcanzó el menor valor de masa seca y su máximo incremento (TAC) ocurrió en un estadio más temprano (formación de la mazorca) en comparación con las otras dos fechas.

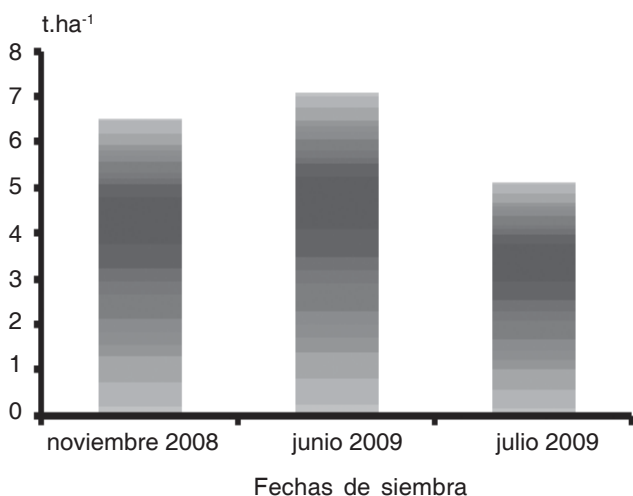


Figura 6. Rendimiento agrícola alcanzado en las tres fechas de siembra evaluada

En cuanto al índice de cosecha (Figura 7), que refleja la eficiencia del cultivo se puede observar que osciló entre 0.37 y 0.44, lo cual demuestra que en las tres fechas hubo una buena eficiencia del maíz, pues se reporta que este índice debe estar entre 0.27 y 0.50 (4).

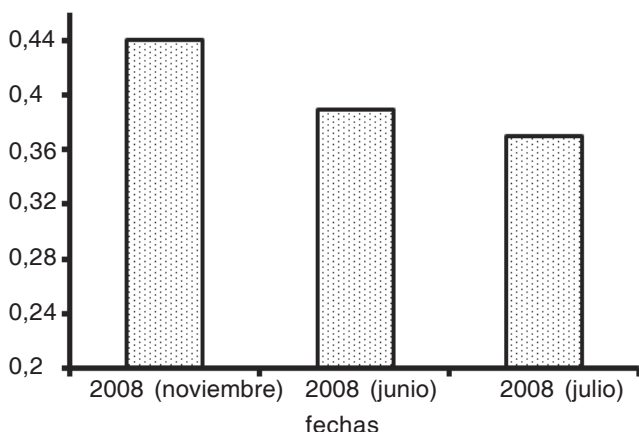


Figura 7. Índice de cosecha del cultivo del maíz en tres fechas de siembra

REFERENCIAS

- Martín, G. Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. [Tesis de Doctorado]. INCA, 2009. p. 161.
- Pérez, J. Programa integral de los cultivos varios. Proyección estratégica hasta el 2015. MINAG. Editorial Liliana, 2010. p. 95.
- Peil, R. M. y Gálvez, J. L. Dry-matter partitioning as a determinant of greenhouse fruit vegetable crops production. *Revista brasileña Agrociencia*, 2005, vol. 11, no. 1, p. 05-11.
- Cantarelo, 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 Agriscietia*, 2000, vol. 17, p. 3-10.
- Maqueira, L. A.; Torres, W.; Morejón, R. y Ruiz, M. Relación del crecimiento y rendimiento de la variedad INCA LP-5 sometida a los principios básicos del sistema intensivo del cultivo del arroz (SICA). *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 4, p. 43-47.
- Soroa, M. R.; Soto, F. y Terry, E. Crecimiento de posturas de *Gerbera jamesonii* establecidas con diferentes alternativas nutricionales. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 4, p. 41-49.
- Hernández, A.; Morell, F.; Ascanio, M. O.; Borges, Y.; Morales, M. y Yong, A. Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados (*Nitrosoles Ródicos Eútricos*) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 41-50.
- IIHLD. Recomendaciones técnicas para el cultivo del maíz. 1997, 27 p.
- Monasteri, P. /et al./ Propuesta para la evaluación fenológica del cultivo de maíz en Venezuela. Ciencia y producción vegetal. INIA Divulga 10 enero-diciembre 2007. [Consultado: oct. 2011]. Disponible en: <http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2010/10monasterio_p.pdf>.
- Díaz, E. /et al./ Light Attenuation Radiation Intercepted, and Yield of Maize as a Function of Phosphorus. *Terra Latinoamericana*, 2011, vol. 29, no. 1, p. 65-72.
- Solís, A. /et al./ Comportamiento de las variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en dos períodos de siembra en la localidad de Velasco, provincia de Holguín. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 51-54.
- Taiz, L. y Zeiger, E. Plant physiology, 3^{ra}. edition Sauerland : Sinauer Associates, 2006. p. 690.
- Ruiz, M. /et al./ Comportamiento de la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) INCA LP-4 sembrada en diferentes épocas del año. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 57-60.
- Gimferrer, N. Una adecuada temperatura durante el crecimiento de vegetales como el tomate resulta más eficaz que la cantidad de luz que reciben. Fundación Enroski. [Consultado: agosto: 2010]. Disponible en: <<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2010/04/05/192097.php>>.
- Rodríguez, A. Estudio de las condiciones climáticas de la localidad de Banao para la recomendación y establecimiento de cultivares de vid (*Vitis vinifera* L.). [Tesis de Maestría]. 2006. p. 73.
- Giambastiani, G. Programa de simulación de fenología de cultivos con fines educativos. [Consultado: feb. 2007]. Disponible en: <http://72.14.209.104/41p.search?q=cache:EM9K_Mewugk:colos.fcu.um.es/TICEC05/TICEC05/2_505.pdf+fenologia+y+rendimiento+en+los+cultivos&hl=es&ct=clnk&cd=2&gl=cu>.
- Espinosa, E.; Mendosa, M. C. y Ortiz, J. Producción de mazorcas por planta en poblaciones ahijadoras de maíz bajo dos densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2004, vol. 27, no. 1, p. 19-21.
- Xiao, G. /et al./ Effects of temperatura increase on water use and crop yields in a pea-spring wheat-potato rotation. *Agric. Water Manag*, 2007, vol. 91, p. 86-91.

19. Hernández, L. /et al./ Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 1, p. 54-61.
20. Soto, F.; Plana, R. y Hernández, N. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) y triticale (*x triticum Secale wittmack*) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 57-60.
21. Cruz, O. Influencia de los factores agrometeorológicos sobre la fenología, el crecimiento y el rendimiento de la soya (*Glycine max* (L.) Merr.) variedad G7-R315. [Tesis de Doctorado], 1991. p. 123.
22. 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.
23. 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.
24. Acosta, E. /et al./ 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. 1, p. 13-20.
25. Sedano, G. /et al./ Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 2005, vol. 11, no. 002, p. 291-297.

Recibido: 10 de septiembre de 2010

Aceptado: 27 de marzo de 2012

¿Cómo citar?

Hernández Córdova, Naivy y Soto Carreño, Francisco. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mayz* L.). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 2, p. 44-49. ISSN 1819-4087