

COMPARACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO DE LAS VARIEDADES DE ARROZ CON DIFERENTE ORIGEN

Elizabeth Cristo[✉], Sandra H. Díaz, M. Shiraishi y M. P. Dhanapala

ABSTRACT. At Tsukuba International Center (TBIC), belonging to Japan International Cooperation Agency (JICA), located at Ibaraki Prefecture, some growth and development parameters were studied, from March to September 2006, in four rice varieties: J-104, Bluebonnet-50, Suweon-294 and Nipponbare. During crop development since May 5, the following growth development parameters: stalk number, leaf number, plant height, fertilized tillers, agricultural yield ($t \cdot ha^{-1}$) and its components, as well as green color intensity were weekly evaluated and some differences were observed. J-104 variety showed the best behavior for green color intensity of leaves, panicle grain number, 100-grain weight and agricultural yield, whereas the best results were obtained by the Japanese variety, Nipponbare, for the other growth and development parameters.

Key words: *Oryza sativa*, growth, varieties, rice, leaves, pigmentation

RESUMEN. En el Centro Internacional de Tsukuba (TBIC), perteneciente a la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA), ubicado en la Prefectura de Ibaraki, se estudiaron, desde abril hasta septiembre del 2006, algunos parámetros del crecimiento y desarrollo en cuatro variedades de arroz: J-104, Bluebonnet-50, Suweon-294 y Nipponbare. Durante el desarrollo del cultivo a partir del 5 de mayo, semanalmente se evaluaron los parámetros del crecimiento: número de tallos, número de hojas, altura de la planta, hijos fértiles, rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$) y sus componentes, así como la intensidad del color verde, observándose diferencias entre las variedades. La variedad J-104 mostró el mejor comportamiento, en cuanto a la intensidad del color verde en la hoja, los granos por panícula, el peso de 1000 granos y rendimiento agrícola, mientras que la variedad japonesa Nipponbare obtuvo los mejores resultados en el resto de los parámetros de crecimiento y desarrollo.

Palabras clave: *Oryza sativa*, crecimiento, variedades, arroz, hojas, pigmentación

INTRODUCCION

A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo, si se considera la superficie cosechada, pero si se tiene en cuenta su importancia como cultivo alimenticio, este proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. El rendimiento mundial del arroz en 1996 fue de $2.52 t \cdot ha^{-1}$ y se proyecta que para el 2010 el rendimiento será de $2.87 t \cdot ha^{-1}$, un incremento anual de 0.93 %, aumento un poco optimista, si se considera que en los últimos seis años fue de 0.68 %; la base para ese rendimiento "optimista" proyectado responde básicamente al desarrollo e incremento en el uso de variedades mejoradas (1).

En América Latina y el Caribe, el rendimiento de la producción de arroz experimentó su primer salto cuantitativo en los decenios de 1970 y 1980, por la identificación y rápida adopción de genotipos mejorados de alto rendimiento. Aproximadamente el 40 % de todas las variedades mejoradas de arroz de riego utilizadas en América Latina y el Caribe proceden directamente de

germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); sin embargo, cuando faltó el suministro de germoplasma del CIAT, no fue posible proporcionarles a los productores nuevos materiales genéticos mejorados. En consecuencia, una gran parte del material genético utilizado actualmente en muchos países tiene más de 15 años y faltan por estudiar muchas características genéticas y fisiológicas del crecimiento y desarrollo de las nuevas variedades (2).

La vida de la planta de arroz se caracteriza por tener dos fases: crecimiento vegetativo y crecimiento reproductivo; el crecimiento vegetativo está directamente condicionado por el mantenimiento de la vida de la planta y se subdivide en dos estadios: plántula y ahijamiento, mientras que la fase de crecimiento reproductivo está relacionada con la progenie de los descendientes y se subdivide a su vez en dos etapas: la formación de panículas jóvenes, que va desde la diferenciación del primordio hasta el momento de la floración, y la fase de maduración, que va desde el momento de la floración hasta la maduración (3, 4).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el trabajo tiene como objetivo conocer algunas características del crecimiento y desarrollo de distintos cultivares de arroz, que contribuyan a diferenciarlos y hacer un uso más eficiente de los programas de mejoramiento genético.

Ms.C. Elizabeth Cristo, Investigadora Agregada y Ms.C. Sandra H. Díaz, Investigadora Auxiliar de la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700; Ms.C. M. Shiraishi y Dr.C. M. P. Dhanapala, asesores del Centro Internacional de Tsukuba (TBIC), Agencia Internacional de Cooperación de Japón, Ibaraki, Japón.

✉ ecristo@inca.edu.cu

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la parcela RE1 del Centro Internacional de Tsukuba (*TBIC*), perteneciente a la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (*JICA*), ubicado en la Prefectura de Ibaraki, desde abril hasta septiembre del 2006 y se emplearon las siguientes variedades (Tabla I).

Tabla I. Variedades evaluadas en el estudio de las características del crecimiento

Variedad	Grupo varietal	Origen
J-104	Indica	Cuba
Bluebonnet-50	Indica	Estados Unidos
Suweon-294	Indica-Japónica	Corea
Nipponbare	Japónica	Japón

Preparación de la semilla. Se seleccionó la semilla a partir del método de solución salina con peso específico de 1.13 y la desinfección se realizó usando *Healthead* a razón de 100 g diluido en 20 L de agua. Las semillas se introdujeron en la solución de agua salina, eliminando las que emergieron a la superficie y utilizando solo las que quedaron en el fondo, que eran las que correspondían al peso específico, es decir, las que no se encontraban vanas; después se enjuagaron con agua y se colocaron en la solución con el desinfectante durante 24 horas.

Las semillas se colocaron en el pregerminador a una temperatura de 13°C durante 72 horas el 18 de abril de 2006, hasta alcanzar una temperatura acumulada de 100°C, necesaria para la germinación del arroz. Después se pusieron a secar a temperatura ambiente sobre papel, con el fin de garantizar la siembra, que se realizó en bandejas de 15.5 cm de largo x 6 cm de ancho y una profundidad de 10 cm, colocándose 50 semillas por bandeja, que se pusieron en la incubadora a temperatura de 30°C durante 48 horas. Posteriormente se trasladaron al invernadero, donde se mantuvieron a temperatura ambiente con buena humedad del suelo proporcionada con riegos diarios.

Preparación de suelo. Se extrajo la cebada que se encontraba en la parcela y se efectuó la fertilización con el fertilizante *Hyper Coat 424* de liberación lenta (LPS) de formulación NPK 14-12-14 con una duración de 120 días. Se procedió a realizar la preparación del suelo (fangueo) utilizando un motocultor con rotovator y se niveló con la ayuda de un nivelador manual.

Trasplante. Se llevaron las plantas al campo el 16 de mayo para ser trasplantadas y se aplicó a cada bandeja 50 g de fungicida *Greatam*; inmediatamente después se trasplantó en parcelas de 12 m² con una distancia de siembra de 30 cm x 15 cm, colocando tres plantas por nido. El diseño de campo de este experimento se muestra en la Figura 1.

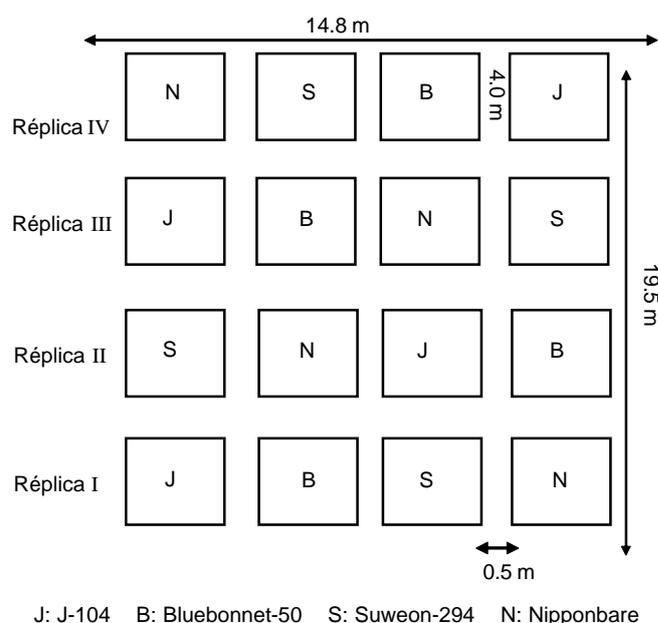


Figura 1. Diseño de bloques al azar empleado en el experimento

Control de agua. El cultivo se mantuvo con los niveles de agua apropiados en cada fase. Durante el desarrollo del cultivo, semanalmente se evaluaron los parámetros del crecimiento, que se relacionan a continuación:

- número de tallos (ocho plantones)
- número de hojas (ocho plantones)
- altura de la planta (ocho plantones) medida con una regla graduada en cm desde la base del tallo hasta el cuello de la panícula
- porcentaje de hijos fértiles
- componentes del rendimiento y rendimiento agrícola (t.ha⁻¹)
- intensidad de color verde midiendo la penúltima hoja en la parte central (4), empleando un equipo digital denominado *SPAD 502*, *Minolta Co. Ltd* (Foto 1).



Foto 1. Equipo para medir la intensidad del color verde en la hoja

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, aplicando la décima de Tukey cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias, para un nivel de significación ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la intensidad del color verde en la hoja mostró la existencia de diferencias significativas entre las variedades estudiadas (Figura 2); J-104 de tipo Indica fue la que alcanzó el mayor valor en todas las fenofases del cultivo, lo que se corroboró con la observación visual en el campo, ya que siempre esta variedad manifestó una coloración verde más intensa que el resto; sin embargo, Bluebonnet-50 y Nipponbare mostraron un color verde más claro en todo el desarrollo del cultivo, aunque en momentos determinados hubo una disminución de la coloración en todas las variedades, fundamentalmente debido a la exigencia de N por el cultivo. Este comportamiento es atribuible, entre otras causas, a que J-104 presenta un mayor aprovechamiento de la luz solar, debido a la posición que presenta el ángulo de sus hojas.

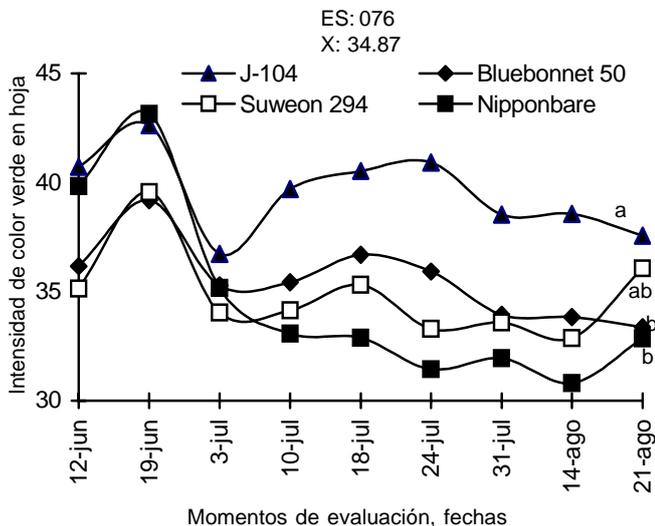


Figura 2. Comportamiento de la intensidad de color verde en la hoja en las diferentes fenofases del cultivo

En otros estudios realizados hace unos años, se propuso una nueva estrategia para incrementar la capacidad del rendimiento, pues se cree que más modificaciones en el tipo de planta no sean ya terreno fértil para obtener ganancias genéticas apreciables. Dicha estrategia se basa en la extensión del período de fotosíntesis activa a través de la permanencia verde (*stay-green*) del follaje, como medio para incrementar el potencial de rendimiento (5).

En la Figura 3 se observa el comportamiento del número de tallos y se aprecian diferencias significativas en todos los tratamientos, destacándose la Nipponbare con la mayor cantidad de hijos, mientras que Bluebonnet-50 mostró el peor, lo que pudiera deberse a que la Nipponbare

es una variedad de nuevo tipo, es decir mejorada, y presenta una alta capacidad de ahijamiento, mientras que Bluebonnet-50 es una variedad tradicional de porte alto, que presenta un ciclo muy precoz, pero con una baja capacidad de ahijamiento. De manera general, se observó un incremento en todas las variedades desde el 16 de mayo, cuando se realizó el trasplante hasta la etapa de máximo ahijamiento el 10 de julio, fecha en que el cultivo tenía 40 días después de transplantado. Este resultado coincide con los estudios realizados en diferentes líneas y variedades para condiciones de secano favorecido, donde se observó que las variedades mejoradas presentaban una mejor capacidad de ahijamiento que el resto de las variedades tradicionales (6).

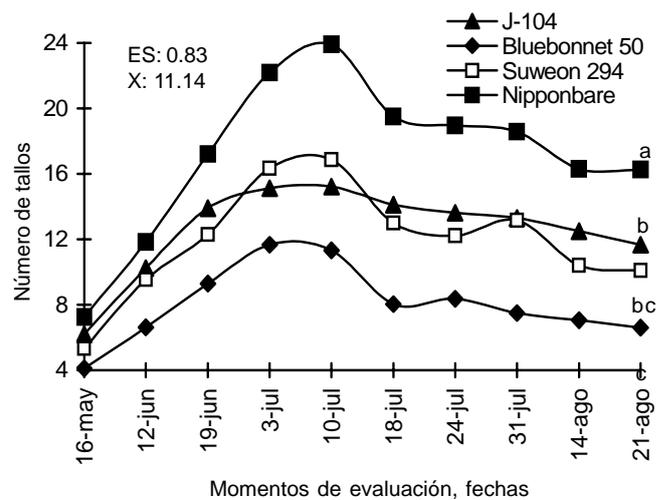


Figura 3. Comportamiento del número de tallos en las diferentes fenofases del cultivo

Sin embargo, en la Figura 4, que muestra el porcentaje de hijos fértil, se puede apreciar que J-104 fue la variedad más eficiente en la formación de hijos fértil, seguida por la japonesa Nipponbare; esta es una característica importante, ya que la planta de arroz no gasta energía en formar hijos que al final mueren o no forman panículas. Sin embargo, el peor comportamiento lo mostraron las variedades Suweon-294 y Bluebonnet-50, respectivamente. Desde el punto de vista genético, es importante conocer la eficiencia de la variedad para convertir la reserva de nutrientes de cada planta en producción.

Resultados similares fueron obtenidos anteriormente, en el estudio de la inducción del déficit hídrico en la fase inicial de crecimiento sobre la emisión de tallos primarios en plantas de arroz de otra variedad y en la evaluación de un grupo de genotipos de arroz para condiciones de bajos suministros de agua, donde lograron con la variedad J-104 mayor cantidad de hijos, aunque todos no eran f rtils (7, 8, 9); además, en investigaciones realizadas con la aplicación de diferentes dosis de n trgeno durante la etapa de crecimiento vegetativo y reproductivo, mostraron que existe una serie de factores que determinan lograr un elevado número de hijos f rtils, como son

el genotipo, la buena preparación de suelo, densidad de siembra adecuada, utilización de plántulas de tres semanas de edad en los cultivos trasplantados, mantener un nivel óptimo de nutrientes en el suelo y efectuar un buen manejo del agua, lo que puede contribuir significativamente a lograr buenos resultados (3, 10).

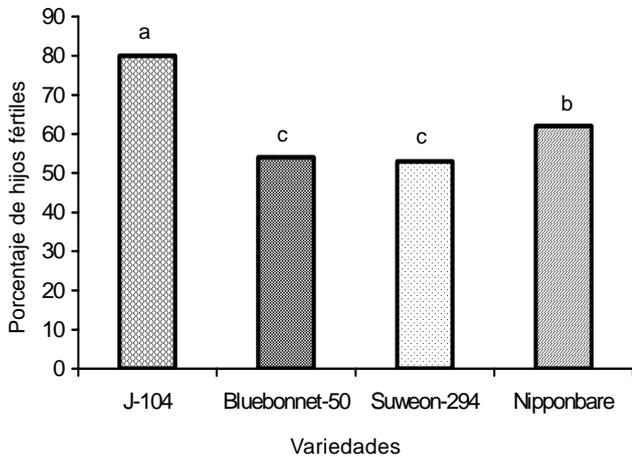


Figura 4. Comportamiento del porcentaje de hijos fértiles en cuatro variedades de arroz

En cuanto a la longitud de las plantas (Figura 5), se aprecian diferencias significativas en la evolución del material en estudio, destacándose la Bluebonnet-50 con la mayor longitud respecto al resto de las variedades que presentaron la menor longitud de planta, lo que se debe fundamentalmente a que estas son materiales mejorados, es decir, plantas de nuevo tipo con un porte medio para evitar el acamado. La J-104 se emplea mucho en las condiciones de Cuba, destacándose que cerca del 40 % del área de producción en grandes escalas, es decir, el sector especializado, se realiza con esta variedad.

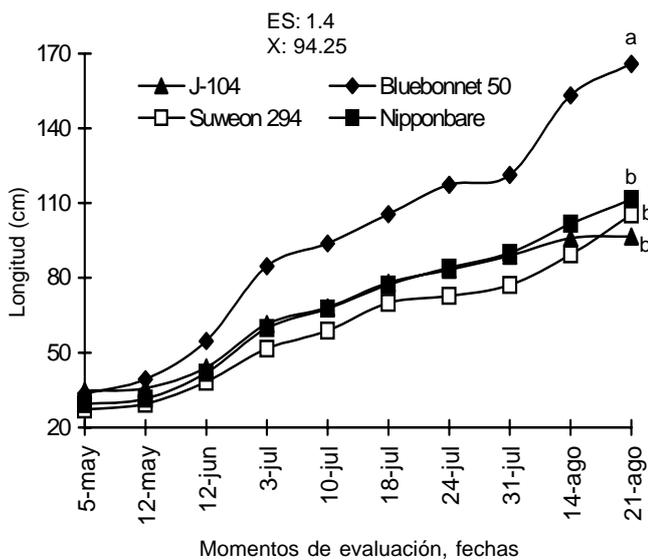


Figura 5. Comportamiento de la longitud de la planta en las diferentes fenofases del cultivo

La reducción en la longitud de la planta es una tendencia general en el mejoramiento genético del arroz; por ejemplo, en España, se ha reducido progresivamente y con ello se ha logrado mejorar considerablemente la relación grano-paja, así como la resistencia al encamado (6, 11).

En cuanto al número de hojas (Figura 6), se observó una tendencia similar, que oscila entre 14 y 15. Esta característica es muy importante a la hora de evaluar el rendimiento y sus componentes, porque se encuentran muy estrechamente relacionados el número de hojas y rendimiento agrícola. Se sabe que la mayor parte de las variedades de arroz producen de 14 a 16 hojas a lo largo de su existencia. El número de hojas aumenta gradualmente en el momento del crecimiento vigoroso de la planta, una vez que se haya recuperado del trasplante, para alcanzar un máximo a las 10 semanas en la etapa de paniculación (24 de julio), cuando el cultivo tiene 75 días después de transplantado, y se reduce después, a causa del marchitado de hojas y la maduración de panículas (3, 12, 13).

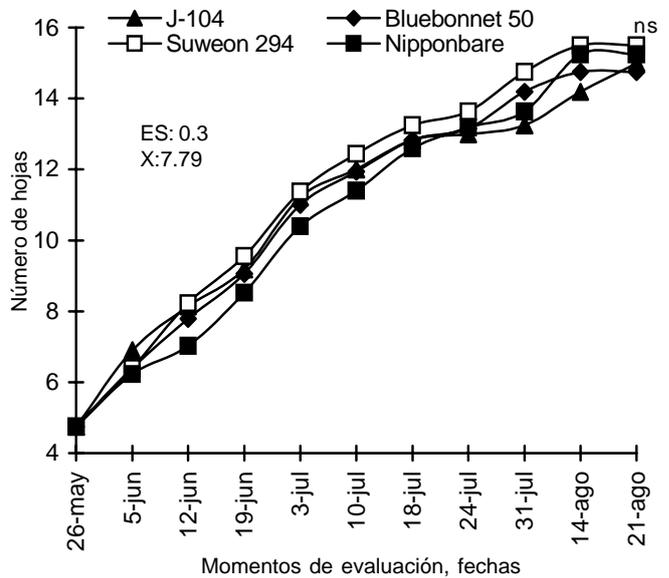


Figura 6. Comportamiento del número de hojas en las diferentes fenofases del cultivo

Respecto a los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola de los materiales evaluados (Tabla II), se observaron diferencias significativas en cuanto al número de granos por panícula y peso de 1000 granos, destacándose Bluebonnet-50 y J-104 con la mayor cantidad de granos por panícula; sin embargo, en el peso de 1000 granos y rendimiento agrícola, el mejor comportamiento lo obtuvo la J-104 en comparación con el resto de los genotipos, lo que pudiera deberse a que en Japón se siembra en el período lluvioso y las plantas están expuestas a una mayor irradiación solar. Esto permite una mayor traslocación de fotosintatos (60 %), que posteriormente forman los carbohidratos para el llenado de los granos, lográndose un mayor peso (9, 14, 15).

Tabla II. Comportamiento de los rendimientos agrícolas y sus componentes en cuatro variedades de arroz

Variedades	Número de granos /panícula	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
Nipponbare	71 c	25.8 c	4.88 b
Suweón-294	122 b	25.6 c	5.27 b
J-104	142 ab	31.2 a	5.80 a
Bluebonnet-50	153 a	28.1 b	3.95 c
ES	16.90***	0.69***	0.32***
CV %	13.84	2.51	6.50

AGRADECIMIENTOS

Al gobierno de Japón, por brindarnos la posibilidad de participar en este curso, así como al gobierno de Cuba, por ofrecernos la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y tecnologías; a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y al personal del Centro Internacional de Tsukuba (TBIC); a los instructores Shiraishi San y Arai San e Iijima San, que con tanta dedicación nos enseñaron y guiaron durante estos seis meses; al Dr. Danappala, por el asesoramiento brindado durante el desarrollo de los experimentos y sus criterios para conformar este documento, así como a los profesores que nos impartieron clases en el curso y, finalmente, a nuestros compañeros del curso, con los que compartimos esta maravillosa experiencia.

REFERENCIAS

1. InfoAgro. El cultivo del arroz. [en línea] [Consultado: 28-5-2007]. Disponible en: <<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>>.
2. FAO. Resumen de las principales conclusiones y recomendaciones. En: Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (28: 2004, 26-30 abr.: Ciudad Guatemala). Deposito de Documentos de la FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. [consultado el 20 de abril de 2009] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/008/j2881s/j2881s.htm#P229_50468>
3. Hoshikawa. K. El crecimiento de las plantas de arroz, En: Aspectos morfológicos y fisiológicos de los caracteres fundamentales de la planta de arroz. 2 ed. Centro Internacional de Tsukuba. Agencia de Cooperación Internacional del Japón: JICA, 2006. 87 p.
4. Murchie, E. H.; Hubbart, S.; Chen, Y.; Peng, S. y Horton, M. Acclimation of rice photosynthesis to irradiance under field conditions. *Plant Physiology*, 2002, vol. 130, p. 1999-2010.
5. Jennings, P. R.; Berrio, L. E.; Torres, E. y Corredor, E. Una estrategia de mejoramiento para incrementar el potencial de rendimiento en arroz. *Foro Arroceros Latinoamericano*, 2002, vol. 8, no. 2, p. 10-13.
6. Dhanapala, M. P. Mejoramiento genético de las plantas de arroz. Conferencia impartida en el curso Producción de Arroz a Pequeña Escala, JICA, 2006.
7. García, A.; Shiraishi, M. y Maruyama, S. Efecto de la inducción del déficit hídrico en la fase inicial del crecimiento sobre la emisión de tallos primarios en plantas de arroz. IIA En: Encuentro Internacional del Arroz: Memorias (6: 2006: La Habana), 2006, p. 105.
8. Cristo, E.; González, M. C.; Cárdenas, R. M. y Cabrera, A. Comportamiento de nuevos genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidos mediante cultivo de anteras para condiciones de bajos suministros de agua. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 57-62.
9. Polón, R.; Castro, R. I.; Pérez, Z.; Morejón, R.; Ramírez, M. A.; Miranda, A. y Rodríguez, A. T. Influencia de la altura de soca en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio J-104. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 53-55.
10. Ochola, D. Effect of nitrogen supply on yield and nitrogen uptake during the vegetative and reproductive growth stages of rice. *Farming Japan*, 2008, vol. 42, no. 2, p. 39-47.
11. Ballesteros, R. Variedades de arroz en la comunidad de Valencia. Parque Natural de la Albufera. *Departamento del Arroz*, 2003, vol. 22, no. 8538, p. 45-56.
12. Romarez, G. V. Effect of different times of N application on growth and nitrogen uptake of Akitakomachi and IR-28 rice. *Farming Japan*, 2008, vol. 42, no. 2, p. 48-57.
13. Hashimoto, A. Práctica en el campo del cultivo del arroz. Japón. Centro Internacional del Tsukuba. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), 2006, p. 33.
14. Masaka, H. Aplicación de las técnicas. Conferencia impartida en el Curso Producción de Arroz a Pequeña Escala, 2006, JICA.
15. Shiraishi, M. Rice production in Cuba and the project for reinforcement of certified seed production system for popular rice. *Farming Japan*, 2008, vol. 42, no. 5, p. 48-50.

Recibido: 22 de junio de 2007

Aceptado: 9 de marzo de 2009