

# DURACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS, SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

## Duration of the phenological phases, its influence in yields of rice (*Oryza sativa* L.)

Lázaro A. Maqueira<sup>1✉</sup>, Osmany Roján<sup>1</sup>, Kirenía Torres<sup>2</sup>,  
Danay Duque<sup>3</sup> y Walfredo Torres<sup>4</sup>

**ABSTRACT.** The research was conducted in areas of the Technological Scientific Base Unit “Los Palacios” (UCTB Los Palacios), Pinar del Río, part of the National Institute of Agricultural Sciences of Cuba. Two short cycle cultivars (INCA LP -5 and Reform), and two half cycle cultivars (INCA LP-2 and J-104). Were used which were planted in four planting dates of the cold season, on a Gley Nodular Hydromorphic Ferruginous Petroferric soil. The objective was to determine the influence of the phenological phases duration in yield of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) under the conditions of spring season. A randomized block experimental design was used with four replications. Based on the results of this study, it can be concluded that the duration of the reproductive phase in rice cultivars closely positive and direct relationship with of yield in the conditions of the spring season.

*Key words:* rice, phenology, *Oryza sativa*, yield

**RESUMEN.** La investigación se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios” (UCTB Los Palacios), Pinar del Río, que pertenece al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas en Cuba. Se utilizaron dos cultivares de ciclo corto (INCA LP-5 y Reforma) y dos cultivares de ciclo medio (INCA LP-2 y J-104), los cuales se sembraron en cinco fechas de siembra en la campaña de “primavera”, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico. El objetivo fue determinar la influencia de la duración de las fases fenológicas en el rendimiento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en época de primavera. El diseño experimental usado fue de bloques al azar con cuatro réplicas. Basado en los resultados del presente estudio se puede concluir que la duración de la fase reproductiva en cultivares de arroz, guarda una relación positiva y directa con el comportamiento del rendimiento agrícola en las condiciones de la época de “primavera”.

*Palabras clave:* arroz, fenología, *Oryza sativa*,  
rendimiento

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo de gran importancia en todo el mundo puesto que es uno de los cereales de mayor consumo y la fuente de alimento principal para más de la mitad de la población mundial (1,2). Los estudios sobre la fenología en este cultivo son un aspecto esencial para identificar la adaptación y respuesta de cultivares a condiciones ambientales diversas (3).

La fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos durante el desarrollo que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas, en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones fenológicas son la base para la implementación de todo sistema agrícola, lo que permite que los productores obtengan con la aplicación de los conocimientos sobre el tema, una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas, conducentes a incrementar la productividad y producción en los cultivos (4,5).

Existen diversas investigaciones a nivel mundial que evalúan la incidencia del clima, el comportamiento fenológico y su relación con el rendimiento en cultivares de arroz;

<sup>1</sup>Unidad Científica Tecnológica de Base “Los Palacios”, Cuba

<sup>2</sup>Universidad de Pinar del Río, Departamento de agropecuaria, Cuba

<sup>3</sup> Centro Integrado de Tecnologías del Agua, Cuba

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Gaveta postal No.1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

✉ lalberto@inca.edu.cu

ya que en la agricultura actual se valora cada vez más la importancia del genotipo desarrollándose en un ambiente determinado, con el fin de alcanzar un manejo adecuado que permita una mayor producción agrícola (2, 5, 6). En Cuba, también con el fin de aumentar la productividad de los cultivos, se han desarrollado diversos trabajos relacionados con el estudio de la fenología y su relación con el comportamiento de la temperatura ambiental y el rendimiento, en dichos estudios se ha tenido muy en cuenta el empleo de diferentes fechas de siembra (7). Estos aspectos se encuentran entre las acciones más importantes para la planificación de las siembras del cultivo en el país y el desarrollo de medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático (8).

Sin embargo, la gran variabilidad climática y sobre todo la tendencia que existe a los incrementos de temperatura (9), provocan que en el proceso de planificación en la producción agrícola se sobre o subestime la duración de las fases de los cultivares, sobre todo cuando se realizan siembra en "primavera". Todo esto dificulta que las actividades de manejo del cultivo se desarrollen en el momento más oportuno y por consiguiente una disminución en el rendimiento. A partir de lo antes expuesto, se desarrolló este trabajo, con el objetivo de determinar la influencia de la duración de las fases fenológicas en el rendimiento agrícola de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en época de "primavera".

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la UCTB "Los Palacios", Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en Cuba. Se utilizaron dos cultivares de ciclo corto (INCA LP-5 y Reforma) y dos de ciclo medio (INCA LP-2 y J-104), los que se sembraron en cinco momentos (marzo 2006, agosto 2006, abril 2007, abril 2008 y abril 2009), de la época denominada como "lluviosa" (Primavera), sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico (10).

Se empleó la tecnología de siembra directa, con una norma de siembra de semillas de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Las actividades fitotécnicas se desarrollaron según lo recomendado por el Instructivo Técnico del cultivo del arroz (11). El diseño experimental, en cada momento de siembra, fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas, con parcelas experimentales de 25 m<sup>2</sup>. Se calculó la duración de cada una de las fases de crecimiento en días, teniendo en cuenta lo señalado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (12). Cada fase fue decretada más del 50 % de las plantas en las parcelas experimentales presentaron las características acorde a lo descrito. Se registraron los datos de temperatura máxima y mínimas tomados

de la estación agrometeorológica de Paso Real de San Diego. Estos datos se graficaron para su análisis, de conjunto con la duración de las fases fenológicas de cada cultivar.

También se determinó en cada parcela experimental el rendimiento agrícola al 14 % de humedad del grano (13). Los datos de duración de las diferentes fases y el ciclo, además del rendimiento agrícola por cultivar en cada fecha de siembra, se sometieron a análisis de varianza, teniendo en cuenta el diseño experimental empleado. A partir del error experimental resultante, se calculó el intervalo de confianza de las medias. Se construyó además, una matriz de datos; cultivares, duración de fases fenológicas y rendimiento y esta se procesó por la técnica multivariada de Componentes Principales, mediante la representación de un Biplot para establecer el grado de asociación entre las variables determinadas con el rendimiento para las condiciones de la época de siembra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla muestra la duración de las fases fenológicas del cultivo, de acuerdo con las diferentes fechas de siembra. Para la mayoría de los cultivares la fase vegetativa superó los 60 días. La fase reproductiva, como media de los cultivares en cada fecha de siembra, nunca fue menor de 24 días y no sobrepasó los 44 días. Sin embargo, en estos rangos, el comportamiento de los cultivares sufrió variaciones por efecto de las condiciones de cultivo en las fechas de siembra específicas. La fase de maduración para todos los cultivares y fechas de siembra, tuvo una duración entre 23 y 38 días. En este sentido, las condiciones ambientales existentes, en particular la variación de temperaturas en un determinado período, pueden minimizar o maximizar las diferencias en cuanto a la duración de las fases y por ello también en la duración del ciclo (6).

Todo esto está motivado al hecho de que el desarrollo de un cultivar es condicionado por modificaciones en el orden bioquímico-fisiológico que presenta el genotipo en función de su interacción con el ambiente. Por tanto, este comportamiento irregular en cuanto a la duración de las fases y el ciclo del cultivo en estos cultivares (Tabla), puede estar relacionado con la temperatura prevaleciente en las distintas fechas de siembra.

Esta relación entre la duración de las fases con el comportamiento de las temperaturas prevalecientes en el período de desarrollo del cultivo queda evidenciado en la Figura 1. La cual muestra los valores de las temperaturas máxima y mínima del aire, diurnas, en cada fase fenológica del desarrollo de cultivares de arroz.

**Tabla. Rango de la duración del ciclo (días) de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en diferentes fechas de siembra**

Cultivares	Fase Vegetativa (días)	Fase Reproductiva (días)	Fase Maduración (días)	Ciclo (días)
marzo 2006				
INCA LP-5	63-73	38-44	31-35	138-146
Reforma	63-73	33-39	24-28	126-134
INCA LP-2	83-93	24-30	30-34	143-151
J-104	85-95	26-32	26-30	143-151
ESx	2,74*	1,41*	0,70*	1,81*
agosto 2006				
INCA LP-5	57-63	31-33	26-30	116-124
Reforma	53-59	28-30	32-36	115-123
INCA LP-2	66-72	28-30	27-31	123-131
J-104	68-74	29-31	34-38	133-141
ESx	1,63*	0,37*	0,89*	1,90*
abril 2007				
INCA LP-5	61-65	27-29	27-29	114-120
Reforma	57-61	25-27	31-33	114-120
INCA LP-2	63-67	30-32	26-28	120-126
J-104	70-74	31-33	26-28	128-134
ESx	1,16*	0,65*	0,62*	1,49*
abril 2008				
INCA LP-5	63-69	33-35	26-28	124-130
Reforma	59-65	32-34	27-29	120-126
INCA LP-2	73-79	28-30	23-25	126-132
J-104	74-80	31-33	29-31	136-142
ESx	1,69*	0,48*	0,60*	1,53*
abril 2008				
INCA LP-5	59-69	32-36	28-30	123-131
Reforma	52-62	25-29	31-33	112-120
INCA LP-2	70-80	27-31	25-27	126-134
J-104	80-90	27-31	24-26	135-143
ESx	2,76*	0,88*	0,70*	2,17*

Rango calculado a partir de la media y su intervalo de confianza al 95 % de probabilidad teniendo en cuenta el error experimental del análisis de varianza

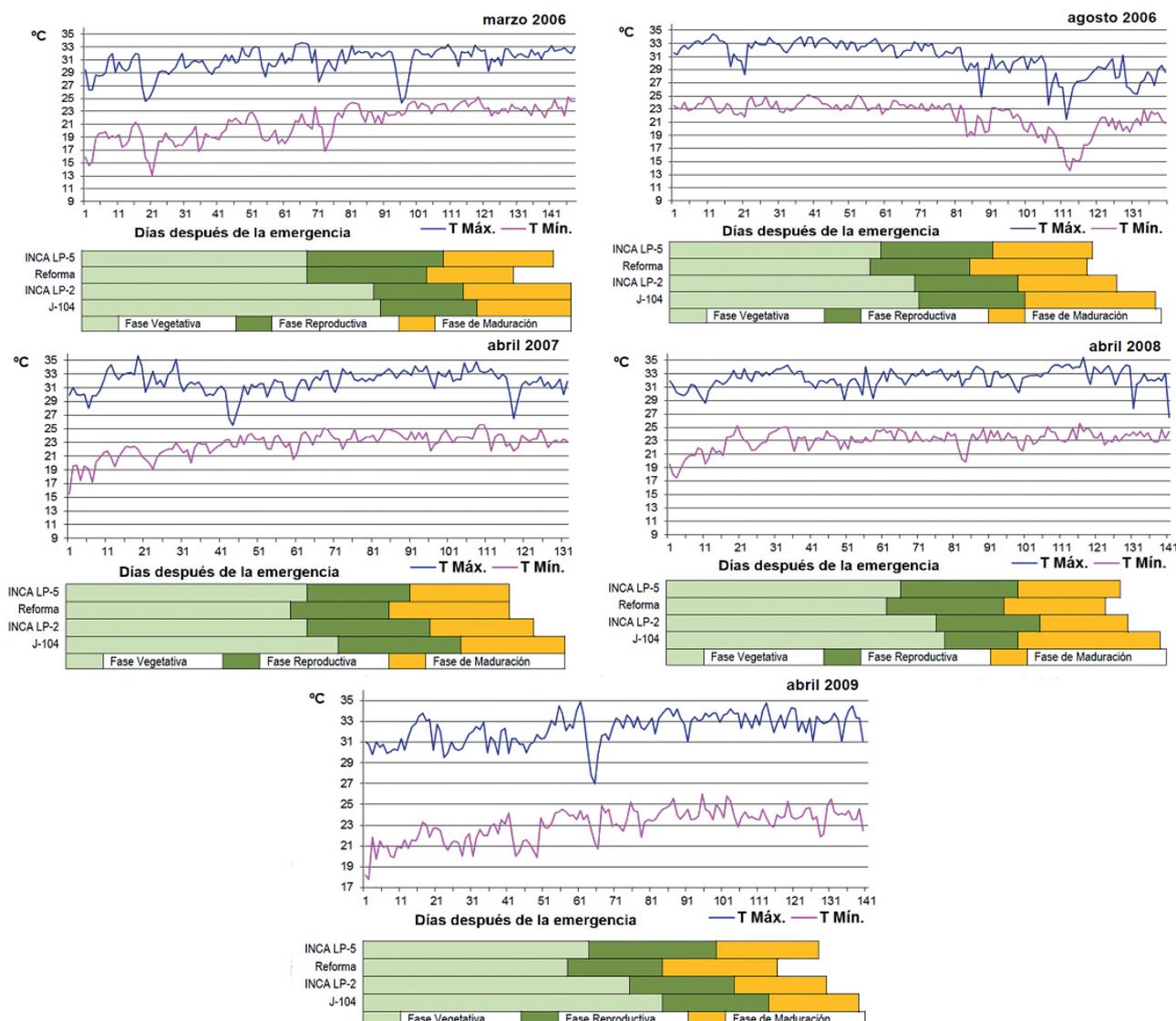
En la Figura 1 de manera general se observan diferencias en cuanto al comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas entre fechas de siembra. Las plantas sembradas en marzo del 2006 estuvieron expuestas durante la mayor parte de su ciclo de vida a valores de temperatura inferiores al resto de las fechas de siembra y presentaron una mayor duración de las fases de crecimiento.

En la literatura existen informes donde se destaca que el ciclo de los cultivos se afecta de manera importante por este factor ambiental, lo que puede provocar un alargamiento o acortamiento en las fases que dan lugar al período de vida de la planta (5). A partir de los resultados del presente trabajo, se puede destacar que existe una amplia variación en la duración de las fases del cultivo del arroz en estas fechas de siembra, debido a la influencia, en lo fundamental de la temperatura.

En cuanto al comportamiento del rendimiento agrícola al 14 % de humedad del grano los valores oscilaron entre 3 y 5 t ha<sup>-1</sup>.

De manera general se destaca la variación de este indicador para las diferentes cultivares en una misma fecha de siembra y entre fechas. En esta variable resultó evidente lo difícil que resulta establecer un patrón definido de comportamiento del rendimiento sobre todo para la época de primavera en un cultivar determinado.

En Cuba los rendimientos agrícolas en el cultivo del arroz varían significativamente entre los meses de siembra y se informa que las siembras realizadas en la época de "frío" o época "poco lluviosa" resultan ser las de mayores rendimientos e incluso con un comportamiento más estable (14). En este sentido, los resultados del presente trabajo están en correspondencia con lo planteado anteriormente en la literatura, puesto que de manera general los valores de rendimientos alcanzados en las fechas de siembra estudiadas resultan inferiores a los que se alcanzaron en estudios similares en las fechas de la época "poco lluviosa" los cuales superan las 5 t ha<sup>-1</sup> (15).



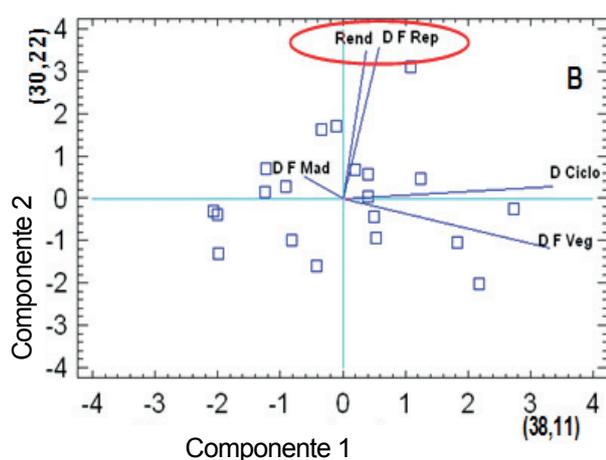
**Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas del aire, diurnas, en cada fase fenológica del desarrollo de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), en fechas de siembra de la época “lluviosa”**

Al determinar el grado de asociación entre la duración de las fases y el ciclo del cultivo, con el rendimiento (Figura 2), se constata que la mejor asociación con el rendimiento se encontró con la duración de la fase reproductiva, lo que indica que bajo las condiciones de esta época un papel determinante pudiera tener el tamaño de los sumideros, ya que es en esta fase donde se decide la cantidad de panículas y el total de granos por panícula en cada cultivar (16). Esta fuerte asociación que existe entre el rendimiento y la fase que antecede al estado final del desarrollo, la maduración, demuestra la importancia del tamaño y la actividad del sumidero y la capacidad de las fuentes para cumplir con los requerimientos de los mismos, en función de obtener altos rendimientos.

En este sentido, lograr un número adecuado de tallos fértiles que soporten espigas con alto número

de granos y aumentar la capacidad y eficiencia fotosintética del cultivo, así como optimizar la partición de asimilados, constituyen propuestas fundamentales para el incremento de los rendimientos en el cultivo del arroz, sobre todo en las fases reproductiva y de maduración (17), sin dejar de tener en cuenta el efecto que tiene en todos estos procesos el comportamiento de las variables meteorológicas, como parte de los factores abióticos que inciden en el rendimiento.

En la literatura se señala que las variaciones en el desarrollo y el rendimiento de cultivares de arroz a nivel mundial en los últimos 10 años, se encuentran muy relacionadas con el efecto de factores bióticos y abióticos, donde el comportamiento de las temperaturas y la radiación durante las fases fenológicas del cultivo, y sobre todo en la fase reproductiva juegan un papel fundamental por su relación con la esterilidad de las espiguillas durante esta fase (reproductiva) (18).



D F Rep.: duración de la fase reproductiva (días). D F Mad.: duración de la fase de maduración (días). D Ciclo.: duración del ciclo (días). Rend.: rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Contribución porcentual de cada componente,  $n=20$

**Figura 2. Asociación del rendimiento agrícola y la duración de las fases fenológicas de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en la época "lluviosa"**

A pesar de que en el presente trabajo la duración de la fase reproductiva es la que más influye en la obtención de mayores rendimientos. En la literatura no siempre se destaca la influencia positiva y significativa del rendimiento con la duración de fases finales del desarrollo, y se resalta en mayor medida la fase vegetativa (16). Estos autores están a favor del estímulo de vigor precoz que pueden alcanzar las plantas durante la fase vegetativa porque garantizan una mayor acumulación de masa seca desde edades tempranas y esto contribuye positivamente al rendimiento. Otros autores (19), a pesar de esto, consideran que el crecimiento vegetativo excesivo en los primeros estadios provoca una disminución de la captación de la radiación solar, ya que puede llegar a existir un área foliar exagerada. Además, agregan que se aumenta la mortalidad de tallos, se debilita el proceso de maduración e incrementa el riesgo de encamado; aspectos que por lo general, no supone ninguna ventaja al cultivo o incluso reduce su rendimiento (19).

Sin embargo, resulta importante destacar que, estudios realizados en otros cereales como el trigo, bajo condiciones de Cuba y en la época "poco lluviosa", informan una relación directa entre el rendimiento y la duración de la etapa de paniculación (20); esto demuestra también la importancia de la fase reproductiva para la obtención de buenos rendimientos. Además en trabajos realizados con cultivares de arroz en la época "poco lluviosa", se muestran resultados similares a los alcanzados en los estudios de trigo (15). Esto evidencia que las relaciones entre la duración de una tapa u otra con el rendimiento dependen fundamentalmente de la época de siembra.

Atendiendo a los resultados de esta investigación se puede concluir que la duración de la fase reproductiva en el cultivo del arroz, guarda una estrecha relación con el comportamiento del rendimiento agrícola en las condiciones de la época "lluviosa" o de "primavera".

## BIBLIOGRAFÍA

1. Qasim SM, Juan LY, Farrukh SM, Naeem M, Min WCh, Dong L X. Yield and yield components in autotetraploid and diploid rice genotypes ('Indica and Japonica') sown in early and late seasons. *Australian Journal of Crop Science*. 2013;7(5):632-41.
2. Pozo PA, Maqueira LA, Torres W, Sánchez A, Pérez S, González G. Comportamiento de las variables del clima en áreas de la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios y su influencia en el rendimiento de cultivares de arroz. *Revista Avances*. 2014;16(4):304-14.
3. Hormaza P, Fuquen EM, Romero HM. Phenology of the oil palm interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. *Scientia Agricola*. 2012;69(4):275-80. doi:10.1590/S0103-90162012000400007
4. Paola ML, Mauricio R H. Phenology of the reproductive development of *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortes. *Agronomía Colombiana*. 2015;33(1):36-42. doi:10.15446/agron.colomb.v33n1.47199
5. Liao J-L, Zhou H-W, Zhang H-Y, Zhong P-A, Huang Y-J. Comparative proteomic analysis of differentially expressed proteins in the early milky stage of rice grains during high temperature stress. *Journal of Experimental Botany*. 2014;65(2):655-71. doi:10.1093/jxb/ert435
6. Akinbile CO. Assessment of the CERES-Rice model for rice production in Ibadan, Nigeria. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2013;15(1):19-26.
7. Hernández Córdova N, Soto Carreño F. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*. 2013;34(2):24-9.
8. Planos E, Guevara A, Rivero R. Cambio climático en Cuba vulnerabilidad, impacto y adaptación. La Habana: Editorial Ama; 2013.
9. Roselló RT. Pocas palabras bastan. Ante el cambio climático la adaptación es vida. La Habana, Cuba: Editorial AMA; 2014. 30 p.
10. Hernández, A, Pérez J, Castro, N, Bosch, D. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA; 2015. 91 p.
11. MINAG. Instructivos Técnicos para el cultivo del arroz. La Habana; 2008. 115 p.
12. Tascón J, García D. Arroz: Investigación y producción. New York, US: PNUD; Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985; 1985.
13. Martínez J, Rodríguez L, Deus J, Rodríguez M. Ensayos preliminares del rendimiento de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) desarrollado en 1976. *Agrotecnia de Cuba*. 1980;11(2):109-24.
14. MINAG. Instructivo Técnico cultivo de arroz. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Granos; 2014.

15. Maqueira L A, Torres N W, Pérez S A, Díaz P D, Roján H O. Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales. 2016;37(1):40-7.
16. Degiovanno B, Martínez C, Motta F. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. CIAT; 513 p.
17. Foulkes MJ, Slafer GA, Davies WJ, Berry PM, Sylvester-Bradley R, Martre P, *et al.* Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. Journal of Experimental Botany. 2011;62(2):469-86. doi:10.1093/jxb/erq300
18. Kumar A, Guha A, Bimolata W, Reddy AR, Laha GS, Sundaram RM, *et al.* Leaf gas exchange physiology in rice genotypes infected with bacterial blight: An attempt to link photosynthesis with disease severity and rice yield. Australian Journal of Crop Science. 2013;7(1):32.
19. Martínez-Eixarch M, Català M del M, Tomàs N, Pla E, Zhu D. Tillering and yield formation of a temperate Japonica rice cultivar in a Mediterranean rice agrosystem. Spanish Journal of Agricultural Research. 2015;13(4):1-12. doi:10.5424/sjar/2015134-7085
20. Soto F, Hernández N, Plana R. 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;30(3):32-6.

Recibido: 8 de diciembre de 2016

Aceptado: 26 de diciembre de 2017