



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.)

Influence of environmental temperature and sowing date on the phenological phase lengthening of four rice (*Oryza sativa* L.) cultivars

Lázaro A. Maqueira López¹✉, Walfredo Torres de la Noval¹, Samuel A. Pérez Mesa¹, Deisi Díaz Paez² y Osmany Roján Herrera²

ABSTRACT. This research was conducted in areas from “Los Palacios” Scientific-Technological Base Unit (UCTB) in Pinar del Río province, pertaining to the National Institute of Agricultural Sciences. Two short-season cultivars (INCA LP-5 and Reform) and two half-season cultivars (INCA LP-2 and J-104) were used and seeded in four sowing dates (January-2004, December-2004, February-2005 and January-2006) over the winter season, on a Petroferric Ferruginous Nodular Gley Hydromorphic soil. The objective was to determine the influence of environmental temperature and seeding date on the phenological phase variation of four rice cultivars. A randomized block design with four replications was used. Based on the results, it can be concluded that the longest vegetative and reproductive phase was recorded at the dates of December-2004 and January-2006, corresponding to the lowest temperature values reported in this work. The accumulated temperature necessary to complete the biological cycle of INCA LP-5, Reform and INCA LP-2 cultivars is within a range from 1900 to 2150 °C, whereas for J-104 is between 2200 and 2260 °C. Highest yields correspond to the longest reproductive phase for every cultivar studied.

Key words: rice, phenology, yield, accumulated temperatures

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales de mayor consumo y es la fuente de alimento principal

RESUMEN. La investigación se desarrolló en áreas de la Unidad Científico-Tecnológica de Base “Los Palacios” (UCTB) en la provincia de Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 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 cuatro fechas de siembra (enero-2004, diciembre-2004, febrero-2005 y enero-2006) en la campaña de frío, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. El objetivo fue determinar la influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra en la variación de las fases fenológicas de cuatro cultivares de arroz. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas. Atendiendo a los resultados, se puede concluir que la mayor duración de la fase vegetativa y reproductiva se encontró en las fechas de diciembre-2004 y enero-2006, lo que se corresponde con los valores más bajos de temperatura informados en el trabajo. La temperatura acumulada necesaria para poder completar el ciclo biológico de los cultivares INCA LP-5, Reforma e INCA LP-2 está comprendida en un rango de 1900 a 2150 °C, mientras que para J-104 es de 2200 a 2260 °C. Los mayores rendimientos se corresponden con la mayor duración de la fase reproductiva para todos los cultivares estudiados.

Palabras clave: arroz, fenología, rendimiento, temperaturas acumuladas

para más de la mitad de la población mundial después del trigo^A. Muchas son las investigaciones que se llevan a cabo en el cultivo y, según diferentes autores, el estudio sobre el comportamiento fenológico se encuentra entre los más importantes, porque resulta

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

² Universidad de Pinar del Río, Cuba.

✉ lalberto@inca.edu.cu

^A Méndez, del V. P. ARROZ: ¿estabilidad o nueva alza de los precios mundiales? [en línea]. Informativo mensual del mercado mundial del arroz, febrero de 2011, [Consultado: 21 de marzo de 2016], Disponible en: <http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20110305051805_15_ia0211es.pdf>.

de gran utilidad para el desarrollo de las actividades fitotécnicas^B. Esa es la razón por la cual se han realizado muchos trabajos encaminados a estudiar el proceso fisiológico (1) del crecimiento de la planta de arroz, el cual comprende, desde la germinación, hasta la maduración del grano. Este se divide en tres fases fundamentales: la vegetativa, la reproductiva y la de maduración.

La duración de estas fases puede diferir bajo diferentes condiciones climáticas y, de manera general, son las temperaturas las que aceleran o retardan el comportamiento fenológico (2), controlando la tasa de desarrollo del cultivo, ya que se requiere la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de una fase a otra en su ciclo de vida (2). Por esta razón, es que se determinan las temperaturas acumuladas necesarias para completar las fases y etapas fenológicas en los cultivos, con el fin de prever con precisión la fecha de ocurrencia de los diferentes estados de desarrollo de una planta y establecer así el calendario de siembra y recolección, además de elegir en consecuencia, los cultivares más adaptados para cada zona en cuestión.

Las unidades térmicas o grados días de crecimiento se determinan a partir de una temperatura base (3), la cual varía entre especies y posiblemente entre cultivares; de igual manera, puede variar entre estadios de desarrollo o de acuerdo al proceso fisiológico que se considere (4). Tales unidades térmicas pueden ser calculadas para algunas de las etapas de desarrollo o para el ciclo completo, desde la siembra o emergencia hasta la madurez (3).

Así, teniendo en cuenta que para evaluar el crecimiento de la planta de arroz en las condiciones de Cuba se aplican patrones de comportamiento empíricos, que en la mayoría de los casos se sobreestima o subestima la duración de las fases de los cultivares y resulta imposible planificar las actividades de manejo en el momento más oportuno, por lo tanto, desarrolló este trabajo, con el objetivo de determinar la influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra en la variación de las fases fenológicas de cuatro cultivares de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la Unidad Científico-Tecnológica de Base "Los Palacios" (UCTB) en la provincia de Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Se utilizaron dos cultivares de ciclo corto (INCA LP-5 y Reforma) y dos de ciclo medio (INCA LP-2 y J-104), los cuales se sembraron en cuatro momentos (enero-2004, diciembre-2004, febrero-2005 y enero-2006), en la época poco lluviosa, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico (5).

Se empleó la tecnología de siembra directa, con una norma de 120 kg ha⁻¹. Las actividades fitotécnicas se desarrollaron, según lo recomendado por el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz (6). El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas o bloques, con parcelas experimentales de 25 m². Los datos de temperatura máxima y mínima diaria, durante el ciclo de los cultivares estudiados para cada fecha de siembra, se tomaron de la estación meteorológica "Paso Real", de San Diego, próxima al sitio de experimentación. Se calculó la duración en días de cada una de las fases de crecimiento, teniendo en cuenta lo reportado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que aparece en la Tabla I (7).

Cada fase fue decretada cuando más del 50 % de las plantas en las parcelas experimentales presentaron las características acordes a lo descrito. Los datos de duración de las diferentes fases y el ciclo por cultivar en cada fecha de siembra se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación doble, utilizando el programa STATGRAPHICS Plus sobre Windows versión 5.0 (8).

Las diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey al 95 %. Los datos de temperaturas se graficaron para su análisis, de conjunto con la duración de las fases fenológicas de cada cultivar.

La temperatura acumulada se determinó a partir de la sumatoria de los grados días de crecimiento (GDC) (3) mediante la ecuación; a las medias de los datos se les determinó el intervalo de confianza y se graficaron para su análisis.

Tabla I. Descripción de cada una de las diferentes fases del crecimiento en el cultivo del arroz (9)

Fases	Descripción de las fases
Vegetativa	Comienza después de la germinación de la semilla cuando emerge la primera hoja y termina cuando más del 50 % de las plantas madres (tallo principal) presentan el tercer entrenudo alargado y se ha iniciado la formación de la panícula
Reproductiva	Comienza con el inicio de la formación de la panícula y finaliza cuando se nota la salida de las anteras de apariencia blanquecina en el tercio medio y en el tercio inferior de la panícula, la punta de la panícula comienza a doblarse
Maduración	Comienza cuando se nota la salida de las anteras de apariencia blanquecina en el tercio medio y en el tercio inferior de la panícula y finaliza con la maduración completa del grano

^B Giambastiani, G. *ClimAgri 2.0: Programa de Simulación de Fenología de Cultivos con Fines Educativos* [en línea]. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, 2005, [Consultado: 21 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19115/Documento_completo_.pdf?sequence=1>.

$$GDC = \frac{T_{\text{máxima}} + T_{\text{mínima}} - T_{\text{base}}}{2}$$

donde:

$T_{\text{máxima}}$: temperatura máxima diaria del aire.

$T_{\text{mínima}}$: temperatura mínima diaria del aire.

T_{base} : temperatura base, que es la temperatura en la que el proceso de interés no progresa y se tomó en este caso 10 °C (1).

Se determinó el rendimiento mediante el sistema que se emplea en el cultivo del arroz en Cuba (9), en un área de 8 m²; estos datos se sometieron a un análisis de varianza con arreglo bifactorial.

Los tratamientos están conformados por los cuatro momentos de siembra donde los factores son los cultivares INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y J-104 y las fechas de siembra fueron: enero-2004, diciembre-2004, febrero-2005 y enero-2006. Las diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey al 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla II 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 80 días, con excepción de INCA LP-5 y Reforma, cuando fueron sembradas en enero-2006.

La fase reproductiva, de manera general, fue mayor de 30 días, solo los cultivares INCA LP-2 y J-104, en enero-2004 mostraron los valores más bajos, con 28 y 27 días respectivamente. Cuando los cultivares fueron sembrados en diciembre-2004 mostraron una mayor duración de la fase reproductiva, con diferencias estadísticas significativas del resto de las siembras, excepto para los cultivares INCA LP-2 y Reforma, que no mostraron diferencias con las siembras de enero-2006.

La fase de maduración para todos los cultivares y fechas de siembra tuvo una duración entre 21 y 28 días; los valores más elevados se encontraron en la siembra de enero-2006 para los cultivares INCA LP-2, INCA LP-5 y Reforma, los que, además, fueron estadísticamente diferentes del resto de las fechas. El cultivar J-104 tuvo una mayor duración de la fase de maduración cuando se sembró en diciembre-2004, sin diferencias estadísticas significativas con la siembra de enero-2006. En cuanto a la duración del ciclo, hay que destacar que los cultivares sembrados en diciembre-2004 tuvieron una mayor duración que cuando se sembraron en el resto de los meses que se estudian, con diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Estos resultados no coinciden con lo que está establecido hasta el momento para el cultivo del arroz, ya que en la literatura se destaca que las fases reproductiva y de maduración no sufren variaciones en función de la fecha de siembra y tienen una duración de 30 días, solo la fase vegetativa es caracterizada por su variación (6, 10). Además, para las condiciones de Cuba también se establece que los ciclos del cultivo se definen como ciclo corto para cultivares con menos de 130 días y ciclo medio para aquellos cuya duración se encuentra entre 130 y 150 días en la época poco lluviosa (6). Sin embargo, los resultados de este trabajo, en cuanto a la duración de las fases reproductiva y de maduración, mostraron valores inferiores y superiores a los establecidos para estas fases y en cuanto a la duración del ciclo, los cultivares INCA LP-5 y Reforma (consideradas cultivares de ciclo corto) superaron los 130 días. Los cultivares INCA LP-2 y J-104, al ser sembrados en diciembre-2004, superaron los 150 días, incluso el cultivar J-104 mantuvo este comportamiento en la siembra de enero-2006.

A partir de estos resultados, cabe destacar que no se debe establecer un patrón regular en cuanto a la duración de las fases y del ciclo de los cultivares, pues esto depende, en gran medida, de las fechas de siembra en las épocas establecidas para el cultivo.

Tabla II. Resultados del Anova para la duración de las fases fenológicas y el ciclo (días) de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en diferentes fechas de siembra

Fechas de siembra	Fase vegetativa	Fase reproductiva	Fase maduración	Ciclo	Fase vegetativa	Fase reproductiva	Fase maduración	Ciclo
INCA LP-5				Reforma				
Enero 2004	87 a	35 b	21 c	143 b	87 a	30 b	21 c	138 b
Diciembre 2004	89 a	41 a	21 c	151 a	87 a	36 a	23 bc	146 a
Febrero 2005	83 b	31 c	25 b	139 c	80 b	30 b	25 b	135 c
Enero 2006	74 c	36 b	28 a	138 c	74 c	36 a	28 a	138 b
ESx	± 1,51	± 0,94	± 0,82	± 1,35	± 1,44	± 0,79	± 0,73	± 1,09
CV (%)	7,24	10,54	13,79	3,78	7,01	9,65	11,99	3,14
INCA LP-2				J-104				
Enero 2004	92 a	28 c	25 b	145 b	100 a	27 d	22 b	149 c
Diciembre 2004	94 a	36 a	24 b	155 a	101 a	41 a	25 a	167 a
Febrero 2005	88 b	32 b	24 b	144 b	95 c	30 c	22 b	147 c
Enero 2006	83 c	36 a	28 a	147 b	97 b	36 b	24 ab	157 b
ESx	± 1,12	± 0,89	± 0,49	± 1,22	± 0,64	± 1,42	± 0,41	± 2,04
CV (%)	5,00	10,79	7,72	3,31	2,59	16,92	7,11	5,28

Medias con letras comunes no difieren significativamente entre si $p < 0,05$ según prueba de Tukey ($n=4$)

Al respecto, otros resultados (1, 11), destacan que los cultivares de ciclo corto se comportan como los de ciclo medio en la época poco lluviosa e incluso existen cultivares que han sido introducidos en el país, cuyo ciclo se alarga entre unos seis a diez días más de los establecidos para los cultivares cubanos. Este aspecto está influenciado por el comportamiento del clima, el cual varía a partir de la fecha de siembra (12).

En este sentido, la Figura 1 muestra el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas diarias, durante todo el ciclo del cultivo y se observan diferencias en estas variables climatológicas para las diferentes fechas de siembra. De forma general, las plantas sembradas en diciembre-2004 fueron expuestas a menores valores de temperatura durante todo su ciclo, al compararlas con el resto de las fechas de siembra; sin embargo, las de febrero-2005 fueron sometidas a los valores más elevados de esta variable y alcanzaron un ciclo más precoz.

Al respecto, estudios realizados con el cultivar Fe de arroz en Colombia, mostraron que cuando este se sembró, en condiciones de temperatura entre 20 y 36 °C, el periodo de desarrollo tuvo un rango de 127 a 135 días, mientras que cuando las temperaturas oscilaron entre 16 y 32 °C, este periodo tuvo una duración de 140 a 150 días (13).

También cabe destacar que existen reportes donde se resalta que la temperatura tiene una marcada influencia en el crecimiento de los cultivos (14, 15). En el caso del arroz se resalta la fase vegetativa, sobre todo en la etapa de inicio de ahijamiento (10); además, se ha demostrado el efecto de estas en la producción de tallos (10). Estos autores encontraron que, en un rango de 24,1 a 27,4 °C de temperatura media, aumentó el número de tallos por m² en el orden de 453 a 689. Con valores de temperatura por encima de los anteriores, no existieron incrementos en el número de tallos de las plantas. La temperatura es una variable agrometeorológica que incide en el cultivo, desde la germinación de la semilla, hasta la cosecha y guarda relación, incluso, con la calidad del grano que es cosechado (16).

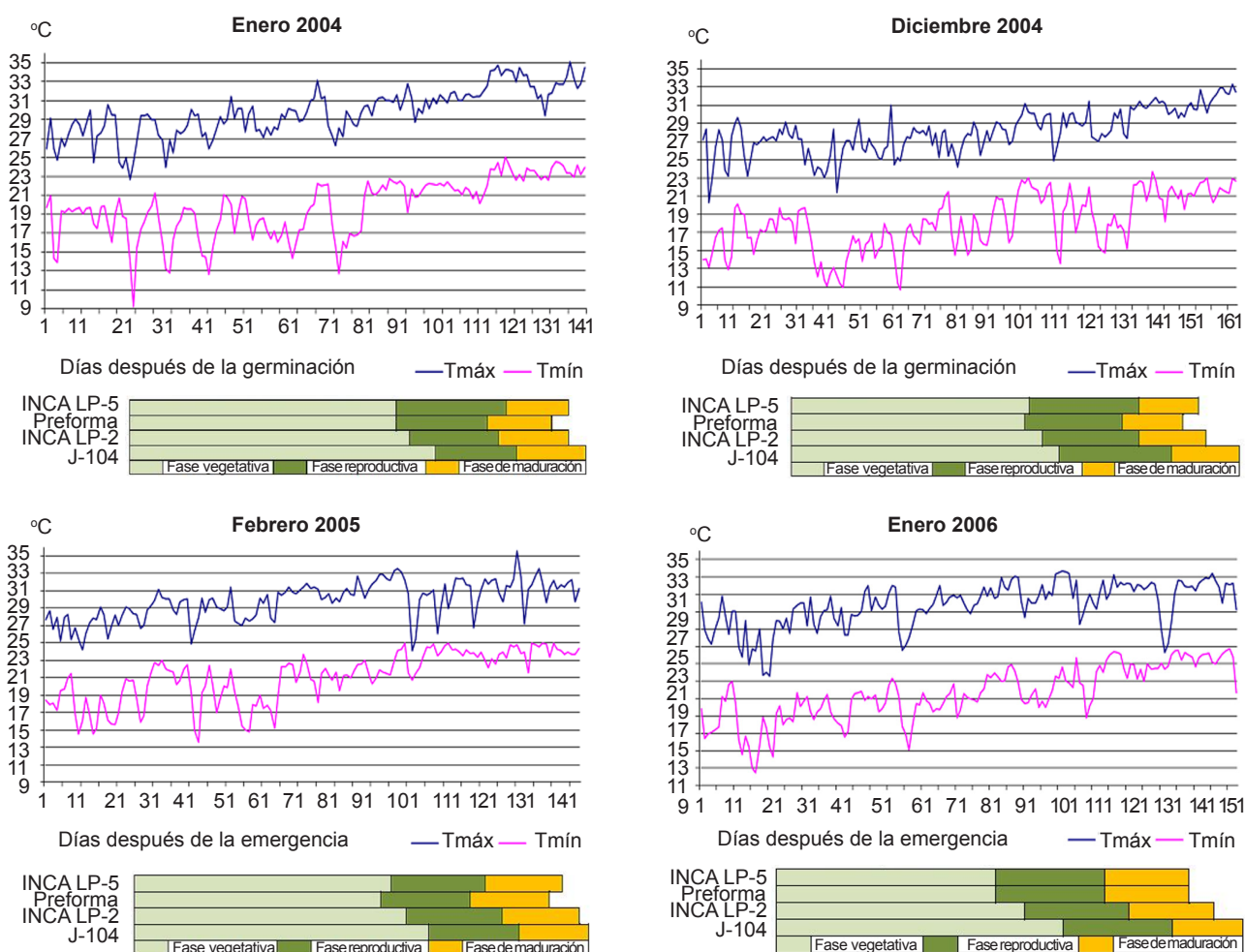


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas máxima y mínima del aire durante el periodo de establecido el cultivo, en las fechas de siembra

A partir los resultados anteriores, se puede destacar que existe una amplia variación en la duración de las fases del cultivo del arroz en las fechas de siembras establecidas, debido a la influencia de la temperatura, por lo que resulta evidente que cada fase de desarrollo de un cultivo requiere de un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y pasar a la fase siguiente (Figura 2).

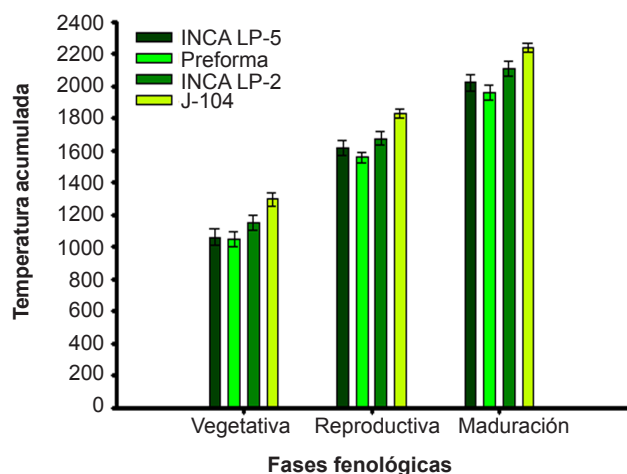


Figura 2. Comportamiento de las diferentes fases fenológicas en los cultivares evaluados y su relación con la temperatura acumulada ($p < 0,05$)

Al determinar la temperatura acumulada a partir de los grados días de crecimiento (GDC, °C-día), no se encontraron diferencias marcadas entre las fechas de siembra, aspecto que ha sido destacado por otros autores (17). Sin embargo, se notan diferencias entre cultivares, ya que J-104 difiere del resto en todas las fases del cultivo y el INCA LP-5 no muestra diferencias con Reforma e INCA LP-2, aunque estos dos últimos sí difieren significativamente en cada una de las fases.

Es de destacar que INCA LP-5, Reforma e INCA LP-2 requieren de un rango de temperatura acumulada para completar su ciclo biológico, que oscila entre 1900 y 2150 °C, mientras que J-104 requiere de 2200 a 2260 °C.

En cuanto al rendimiento, los resultados del Anova arrojaron que existió interacción entre los diferentes niveles de los factores estudiados (Tabla III).

El mejor comportamiento ocurrió en diciembre-2004 y en enero-2006, lográndose los mayores valores con los cultivares INCA LP-5 y Reforma, en diciembre-2004, con 6,2 y 6,1 t ha⁻¹, respectivamente y 6,6 y 6,3 t ha⁻¹ en estos mismos cultivares en enero-2006, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Sin embargo, los rendimientos más bajos fueron alcanzados por INCA LP-2 y J-104 en enero-2004 y en enero-2005. Esto está relacionado con los resultados de la Tabla II sobre el alargamiento de la fase reproductiva alcanzada por los cultivares al ser sembrados en esas dos fechas (diciembre-2004 y enero-2006).

Al respecto, estudios realizados en otros cereales, en condiciones de Cuba, reportan una relación directa entre el rendimiento y la duración de la etapa de paniculación (17). Esto demuestra la importancia de la fase reproductiva para la obtención de buenos rendimientos, sobre todo cuando existe un mayor periodo de intercepción de la radiación solar por el cultivo en esta fase, que facilita una mayor productividad (3). Alargar el periodo en el que la productividad por unidad de superficie de la planta es alta, permite lograr mayor producción de masa seca y mayores rendimientos por planta (17).

CONCLUSIONES

- Atendiendo a los resultados de esta investigación, se puede concluir que la mayor duración de la fase vegetativa y reproductiva de los cultivares se alcanzó en las fechas de siembra de diciembre-2004 y enero-2006, que se corresponde con los valores más bajos de temperatura reportados.
- La temperatura acumulada necesaria para poder completar el ciclo biológico de los cultivares INCA LP-5, Reforma e INCA LP-2 está comprendida en un rango de 1900 a 2150 °C, mientras que para la J-104 es de 2200 a 2260 °C.
- Los mayores rendimientos agrícolas se corresponden con la mayor duración de la fase reproductiva, para todos los cultivares estudiados.

Tabla III. Resultados del Anova con arreglo bifactorial para el rendimiento agrícola (t ha⁻¹) al 14 % de humedad del grano de los cultivares en cada fecha de siembra

	Enero 2004	Diciembre 2004	Febrero 2005	Enero 2006
INCA LP-5	5,9 bcd	6,2 abc	5,3 efg	6,6 a
Reforma	5,5 def	6,1 abc	5,2 efgh	6,3 ab
INCA LP-2	5,0 gh	5,8 bcde	4,8 gh	5,6 cdef
J-104	5,1 fgh	5,0 gh	4,7 h	5,7 bcd
ESx	±0,07			

Medias con letras comunes no difieren significativamente entre sí $p < 0,05$ según prueba de Tukey ($n=4$)

BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz, S. S. H.; Cristo, V. E.; Castro, Á. R.; Shiraishi, M.; Dhanapala, M. P. y Keisuke, A. "Análisis de la estructura productiva y comportamiento del rendimiento de cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) de diferentes orígenes en la prefectura de Ibaraki, Japón". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 1, marzo de 2013, pp. 42-50, ISSN 0258-5936.
2. 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*, vol. 31, no. 1, marzo de 2010, pp. 54-61, ISSN 0258-5936.
3. Quintero, C. E. *Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos*. 1.ª ed., edit. Fundagro-Fundación para el Desarrollo Agropecuario, Paraná, 2009, 180 p., ISBN 978-987-25076-1-9.
4. Confalonieri, R.; Bellocchi, G.; Bregaglio, S.; Donatelli, M. y Acutis, M. "Comparison of sensitivity analysis techniques: A case study with the rice model WARM". *Ecological Modelling*, vol. 221, no. 16, 10 de agosto de 2010, pp. 1897-1906, ISSN 0304-3800, DOI 10.1016/j.ecolmodel.2010.04.021.
5. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M. y León, A. *La historia de la clasificación de los suelos de Cuba*. edit. Félix Varela, La Habana, Cuba, 2006, 98 p., ISBN 959-07-0145-0.
6. Instituto de Investigaciones del Arroz. *Instructivos Técnicos para el cultivo del arroz*. edit. MINAG, La Habana, 2008, 115 p., ISBN 959-246-037-X.
7. Centro Internacional de Agricultura Tropical. *Arroz Investigación y producción. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz*. edit. CIAT, Palmira, 1985, 19-100 p.
8. Statistical Graphics Crop. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
9. Martínez, J.; Rodríguez, L.; Deus, J. y Rodríguez, M. "Ensayos preliminares del rendimiento de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) desarrollado en 1976". *Agrotecnia de Cuba*, vol. 11, no. 2, 1980, pp. 109-124, ISSN 2079-3472.
10. Degiovanno, V.; Martínez, R. C. P. y Motta, F. *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* [en línea]. vol. 1, edit. CIAT, Colombia, 2010, 513 p., ISBN 978-958-694-102-0, [Consultado: 21 de marzo de 2016], Disponible en: <<https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=vdw-JYBkra8C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Producci%C3%B3n+Eco-eficiente+del+Arroz+en+Am%C3%A9rica+Latina&ots=zC7lu9575-&sig=8kXi9L439tuMoJLY49npaKB5Fko>>.
11. Polón, P. R.; Castro, Á. R.; Ruiz, S. M. y Maqueira, L. L. A. "Práctica de diferentes alturas de corte en el rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, diciembre de 2012, pp. 59-62, ISSN 0258-5936.
12. Jerez, M. E. y Martín, M. R. "Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, 2012, pp. 53-58, ISSN 1819-4087.
13. Salive, A. "Fenología de las nuevas variedades Fedearroz 2000 y Colombia XXI". *Revista Arroz*, vol. 49, no. 429, 2000, pp. 16-17, ISSN 0120-1441.
14. Valdez, T. J. B.; Soto, L. F.; Osuna, E. T. y Báez, S. M. A. "Phenological prediction models for white corn (*Zea mays* L.) and fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith)". *Agrociencia (Montecillo)*, vol. 46, no. 4, 2012, pp. 399-410, ISSN 1405-3195.
15. Jiang, L. L.; Hui, W. Z.; Hong, Y. Z.; Ping, A. Z. y Ying, J. H. "Comparative proteomic analysis of differentially expressed proteins in the early milky stage of rice grains during high temperature stress". *Journal of Experimental Botany*, vol. 65, no. 2, 2 de enero de 2014, pp. 655-671, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/ert435.
16. Madan, P.; Jagadish, S. V. K.; Craufurd, P. Q.; Fitzgerald, M.; Lafarge, T. y Wheeler, T. R. "Effect of elevated CO2 and high temperature on seed-set and grain quality of rice". *Journal of Experimental Botany*, vol. 63, 20 de marzo de 2012, pp. 3843-3852, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/ers077.
17. Hernández, C. N. y Soto, C. 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*, vol. 34, no. 2, junio de 2013, pp. 24-29, ISSN 0258-5936.

Recibido: 28 de enero de 2015

Aceptado: 22 de diciembre de 2015