

COMPORTAMIENTO Y SELECCIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) OBTENIDAS POR EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO EN LOS PALACIOS

Behavior and selection of rice advanced lines (*Oryza sativa* L.) obtained by Breeding Program in Los Palacios

Sandra H. Díaz✉, Rogelio Morejón y Noraida de J. Pérez

ABSTRACT. Low yields, climate change effects and heterogeneous culture conditions are some reasons for the development of new rice cultivars. This trial was developed with the objective of studying the behavior of sixteen advanced lines of rice under flooded conditions and to select the best for moving on to a higher stage. A Completely Randomized Design with three replications was used, the genotypes constituted the treatments and four commercial control were used. The available information was processed statistically by the combination of univariate and multivariate analysis. Results showed correlation of the yield with all their components, the cluster analysis detected that the maximum genetic diversity between types V and VI and the minimum was detected between types I and II and the regression indicated that the model had a good adjustment (93.5 %). The combination of statistical analyses used allowed to select five more promissory lines and to propose its validation.

Key words: rice, cultivars, correlations, plant breeding, yield performance

RESUMEN. Los bajos rendimientos, los efectos del cambio climático y las heterogéneas condiciones de cultivo son algunas de las razones que justifican la obtención de nuevos cultivares de arroz. Este ensayo se desarrolló con el objetivo de estudiar el comportamiento de dieciséis líneas avanzadas de arroz en condiciones de aniego y seleccionar las mejores para pasar a una fase superior. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones, los genotipos constituyeron los tratamientos y se utilizaron cuatro testigos comerciales. La información disponible fue procesada mediante la combinación de análisis univariados y multivariados. Los resultados mostraron correlación del rendimiento con todos sus componentes, el análisis de conglomerado detectó que la máxima diversidad genética se presentó entre las clases V y VI y la mínima fue detectada entre las clases I y II y la regresión indicó que el modelo tuvo un buen ajuste (93.5 %). La combinación de los análisis estadísticos utilizados permitió seleccionar las cinco líneas más promisorias y proponer su validación.

Palabras clave: arroz, cultivares, correlaciones, fitomejoramiento, rendimiento

INTRODUCCIÓN

El arroz es una de las principales fuentes de alimentación en el mundo donde la creciente demanda está a la espera de la producción que se realiza en muchas partes de Asia, África y América Latina (1). Es uno de los granos domesticados más antiguos y está estrechamente asociado con los estilos de vida y la cultura (2). Este cultivo cubre el 9 % de la tierra arable, proporciona el 21% de la energía humana global per cápita y provee el 15 % per cápita de proteína.

Los Programas de Mejoramiento Genético del Arroz se esfuerzan y buscan mediante diversas estrategias responder a la necesidad de incrementar constantemente el potencial de rendimiento del arroz. Sin embargo, no hubo grandes avances en el rendimiento del arroz desde 1990 (3). Las limitaciones están relacionadas con la estrecha base genética pues el ritmo y la magnitud de mejoramiento genético dependen generalmente de la cantidad de diversidad genética presente en el germoplasma (4).

Ante la necesidad de alcanzar la autosuficiencia alimentaria para prescindir de la dependencia de los mercados foráneos, tan variables y cada vez más inseguros,

Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios"

✉ shdiaz@inca.edu.cu

Cuba apuesta por incrementar la producción nacional de granos y con ese fin se diversifican las formas de producción y se estimulan a pequeña y mediana escala, así como se entregan tierras en usufructo para dedicarlas a esos cultivos en aras de sustituir importaciones. El alza de los precios y las afectaciones cada vez más frecuentes de los fenómenos climatológicos adversos, obliga a trazar políticas nacionales que contribuyan a lograr la autosuficiencia alimentaria en la producción de arroz, frijol, maíz y otros granos. La ciencia cubana tiene un papel protagónico en este empeño y las instituciones científicas tributan para alcanzar esa meta. Se impone liberar nuevos cultivares, más resistentes y productivos, establecer mecanismos de defensa ante los factores bióticos y abióticos adversos e implementar sistemas de producción más eficientes, sostenibles y no agresivos al medio ambiente (5).

En el país se han logrado avances en los últimos años relacionados con la obtención y registro de cultivares de arroz de altos rendimientos para diferentes condiciones, resultantes del Programa de Mejoramiento Genético, que han beneficiado la estructura varietal en el país. Sin embargo, aún es insuficiente por lo que se precisa fortalecer las capacidades e incrementar las acciones encaminadas a la obtención de cultivares superiores que posean diversas fuentes genéticas y capaces de adaptarse a las heterogéneas condiciones de cultivo.

Teniendo como punto de partida los antecedentes enunciados, esta investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de dieciséis líneas avanzadas de arroz comparadas con cuatro testigos comerciales, en condiciones de aniego y seleccionar las de mayores posibilidades para avanzar a una fase superior.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló, durante el período poco lluvioso 2013-2014, en la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) Los Palacios, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en condiciones de aniego y sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (6). En el mismo se estudiaron 16 líneas avanzadas de arroz resultantes del programa de mejora de este cultivo que implementa el INCA, así como cuatro testigos comerciales, entre ellos INCA LP-5 e INCA LP-7 obtenidos en la propia institución donde se realizó el estudio, así como IACuba-31 e IACuba-32 obtenidos en el Instituto de Investigaciones de Granos. Los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta sus buenas características y el alto porcentaje de área que ocupan estos cultivares a nivel nacional.

Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones y las líneas/cultivares constituyeron los tratamientos. La siembra se realizó en el campo de forma directa a chorrillo, en parcelas de 6 m², a una distancia de 15 cm entre surcos y 50 cm entre parcelas.

Las labores culturales que se realizaron durante el ciclo del arroz (preparación del terreno, siembra, fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios) se efectuaron, según lo que establece el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz (7).

Teniendo en cuenta el Sistema de Evaluaciones Estándar para Arroz del International Rice Research Institute (IRRI) y Formulario de Descripción Varietal para Arroz del Ministerio de la Agricultura de Cuba, Los siguientes caracteres cuantitativos se evaluaron previo a la cosecha:

- ◆ Altura de la planta: A (cm)
- ◆ Número de hijos fértiles: NH
- ◆ Longitud de la hoja bandera: LHB (cm)
- ◆ Ancho del limbo de la hoja bandera: AHB (cm)
- ◆ Longitud de la panícula: LP (cm)
- ◆ Número de granos llenos por panícula: Gll
- ◆ Número de granos vanos por panícula: Gv
- ◆ Masa de 1.000 granos paddy: Mg (g)
- ◆ Número de panículas por m²: Pm²
- ◆ Rendimiento: R (t ha⁻¹)
- ◆ Ciclo al 50 % de floración: C (días)

Las panículas por metro cuadrado también se muestrearon una vez por parcela, en un marco de 0,25 m². Los restantes componentes (granos llenos/panícula y masa de 1000 granos), así como los granos vanos por panícula se determinaron en 20 panículas centrales tomadas al azar. El rendimiento agrícola del cultivo al 14 % de humedad fue calculado en un área de 1 m² y el resto de los caracteres se evaluaron en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela.

La información disponible fue procesada mediante Análisis de Varianza de Clasificación Simple para efectos fijos y se docimaron las medias por Pruebas de Rangos Múltiples de Duncan. La matriz de datos (genotipo x variable) fue procesada mediante la técnica multivariada de Análisis de Conglomerados (empleando la distancia Euclidiana al cuadrado), las correlaciones de Pearson y una Regresión Múltiple, para evaluar la magnitud y dirección de la relación del rendimiento (variable dependiente) con las variables restantes, utilizando en todos los casos el paquete estadístico Minitab versión 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico (ANOVA) mostró diferencias significativas entre los genotipos evaluados para todos los caracteres (Tabla I), resultados similares obtuvieron otros autores al evaluar la variabilidad en el genoplasma de arroz (8).

Tabla I. Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para cada una de las variables evaluadas

No.	Genotipos	A	NH	LHB	AHB	LP	GII	Gv	Mg	Pm ²	R	C
1	66	92,8 g	12,2 bcdef	29,1 hij	1,03 abcde	27,6 defg	101,1 fgh	23,0 b	30,8 bcd	356,0 gh	6,06 h	109,00 cd
2	83	101,9 f	14,9 a	28,5 ijk	1,20 ab	29,5 bc	109,7 defg	18,5 bcdef	29,0 k	337,3 hi	6,20 gh	108,33 d
3	90-2	114,3 b	12,2 bcdef	38,2 bc	1,04 abcde	32,1 a	154,1 a	12,0 g	31,6 a	381,3 fgh	8,16 b	112,67 b
4	105-1	110,2 cd	13,5 b	34,0 def	1,22 a	27,2 efg	105,3 fg	22,7 b	30,8 bcd	350,7 gh	6,53 defgh	110,33 bcd
5	117 a	109,8 cd	12,8 bcde	28,3 ijk	0,85 e	24,3 h	94,9 gh	18,3 bcdef	29,0 jk	364,0 gh	6,41 fgh	109,00 cd
6	S 74	107,8 de	13,0 bcd	27,3 jk	0,84 e	29,1 bcd	150,0 a	15,0 efg	30,5 cdefg	378,7 fgh	7,11 cd	111,67 bc
7	S 76	104,6 ef	12,5 bcdef	29,4 ghij	0,96 cde	29,2 bcd	107,7 efg	19,0 bcde	30,0 efghi	473,3 bc	7,06 cde	111,00 bcd
8	S 88-1	105,4 ef	11,7 cdef	30,8 fghi	0,95 cde	29,6 b	156,0 a	13,0 g	30,1 defgh	296,0 ij	6,80 cdefg	111,67 bc
9	S 81 a	110,7 bcd	11,6 def	32,4 efgh	1,03 abcde	29,5 bc	115,9 cdef	13,5 fg	29,6 hijk	445,3 bcd	7,95 b	110,67 bcd
10	S 80-1a	107,3 de	11,8 cdef	31,6 efghi	1,02 abcde	23,9 h	109,3 defg	14,7 efg	29,3 ijk	456,0 bcd	7,15 cd	113,00 b
11	S 91 -3	106,8 de	11,1 f	32,1 efgh	0,96 cde	27,9 bcdef	122,4 cd	13,6 fg	29,1 jk	452,0 bcd	6,48 efgh	112,33 b
12	S 99 -2	109,9 cd	13,1 bc	34,3 de	0,92 de	29,4 bc	120,3 cde	16,7 cdefg	29,9 fghi	444,0 bcd	7,98 b	113,00 b
13	SDB	112,5 bc	13,1 bc	32,2 efgh	1,15 abc	28,4 bcde	136,6 b	12,8 g	30,9 abc	552,0 a	8,93 a	112,67 b
14	S 112	114,5 b	11,4 ef	25,7 k	1,09 abcd	28,3 bcde	127,9 bc	14,7 efg	31,4 ab	293,3 ij	6,68 cdefg	108,33 d
15	S 110-2	94,4 g	12,3 bcdef	39,8 ab	1,00 abcde	26,4 fg	69,6 j	28,8 a	27,3 l	445,3 bcd	4,95 i	99,33 e
16	S 110	127,4 a	12,8 bcde	42,0 a	0,94 cde	27,8 cdef	79,3 ij	21,7 bc	26,4 m	282,7 j	3,73 j	98,67 e
17	INCALP-5*	75,9 i	12,7 bcde	35,7 cd	1,15 abc	26,0 g	105,7 fg	15,7 defg	29,8 ghij	492,0 b	7,18 c	111,33 bcd
18	INCALP-7*	85,9 h	12,9 bcde	32,8 defg	1,12 abcd	28,6 bcde	127,0 bc	12,4 g	30,2 cdefgh	496,0 b	7,96 b	121,00 a
19	IACuba-31*	96,1 g	12,1 bcdef	29,0 hij	1,00 bcde	28,6 bcde	107,7 efg	16,0 defg	30,5 cdef	421,3 cde	7,02 cdef	110,33 bcd
20	IACuba-32*	102,4 f	11,9 cdef	30,5 ghij	1,11 abcd	24,1 h	89,8 hi	20,6 bcd	30,6 cde	405,3 efg	6,70 cdefg	112,67 b
	Media General	104,5	12,48	32,20	1,02	27,88	114,51	17,11	29,82	406,13	6,85	110,35
	Error Estándar	1,4518	0,1382	0,5692	0,0180	0,2846	3,0544	0,6461	0,1680	9,9219	0,1495	0,6301

Medias con letras iguales no difieren entre sí (p≤0,05) * Testigos

Se puede apreciar que los mejores genotipos en cuanto al carácter rendimiento fueron las líneas 13, 3, 9, 12 y el testigo INCA LP-7, con diferencias significativas entre la línea 13 y las otras, las cuales no difirieron entre ellas. Estos cinco genotipos también mostraron buenas características para los componentes del rendimiento panículas por metro cuadrado y masa de 1000 granos y están entre las de mayor ciclo junto a los demás testigos incluidos en el ensayo. La utilización de cultivares mejorados de alto potencial de rendimiento es una vía importante para reducir el hambre y la inseguridad alimentaria en los países en desarrollo (9). Hoy en día, alrededor de 80 súper variedades de arroz han sido liberadas y algunas de ellas muestran altos rendimientos de grano de 12-21 t ha⁻¹ en un m² en experimentos de campo. Las principales razones de los altos rendimientos de las súper variedades de arroz, en comparación con los de los cultivares convencionales, están relacionados con más espiguillas por panoja y mayor número de espiguillas por metro cuadrado; índice de área foliar, duración de la hoja verde, tasa de fotosíntesis, resistencia al acamado, acumulación de materia seca antes de la etapa de paniculación, removilización de carbohidratos almacenados previamente desde los tallos y las hojas a los granos durante el período de llenado del grano; así como sistema radical más grande y mejor actividad de las raíces (10).

También presentan los valores más altos para altura final de la planta, excepto la línea 12 y el testigo INCA LP-7, que se encuentran entre los de talla más pequeña; tienen a su vez las hojas más anchas, excepto la línea 12; poseen el mayor número de hijos fértiles, excepto las líneas 3 y 9 y los menores valores para el carácter granos vanos por panícula, excepto la línea 12.

El rendimiento más bajo caracterizó a la línea 16, la cual mostró diferencias significativas con todas las demás, a su vez resultó ser el genotipo más alto y de mayor longitud de hoja bandera.

En cuanto a altura de la planta el rango estuvo entre 85,9-124,4 cm y una media de 104,5 cm. Solo cinco genotipos clasificaron como enanos con menos de 100 cm y entre ellos tres de los testigos, el resto son de tipo semienanos (100-130 cm). Lo cual sugiere que la selección realizada para este carácter ha sido exitosa. En análisis de variabilidad del germoplasma de arroz en otro contexto detectaron un amplio rango de variación (73-190 cm) y más de 50 % de las accesiones resultaron ser plantas altas en el rango de 131-150 cm, muy pocas accesiones clasificaron como semienanas (11). Un estudio sobre la biología de la altura de la planta reveló que el último entrenudo fue el más determinante en la altura del tallo, las de talla alta tienen los entrenudos en orden ascendente en cuanto a la longitud y que las plantas enanas resultaron ser muy bajas especialmente para la cosecha mecanizada (2).

En el caso de la longitud de la panícula el valor de la media fue de 27,88 cm y el menor y mayor valor para este carácter resultó ser 23,9 y 32,1 cm respectivamente. En un ensayo realizado en China detectaron una amplia variación genética para este carácter y el rango estuvo comprendido entre 14,0 cm a más de 41,0 cm (12). Asimismo, se plantea que esta variable contribuye, pero no es la única responsable de los altos rendimientos en el arroz e informan un rango de valores de 19-34 cm y una media de 27,13 cm de longitud (11).

Es importante destacar que para el número de granos vanos por panículas la variación estuvo entre 12 y 29 la mayoría de los genotipos (70 %) estuvieron por debajo del 15 % de vaneos, que es el valor aceptable para cultivares de tipo indica. Solo seis líneas y el testigo IACuba-32 tuvieron porcentajes mayores. Sin embargo, debe acotarse que en las últimas campañas de siembra realizadas en la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios la producción de arroz se ha visto afectada por una mayor incidencia de patógenos que dañan la calidad de los granos y que se contempla que esto pudiera estar relacionado con la variabilidad climática, entre otros factores.

La matriz de correlaciones entre cada par de caracteres se presenta en la Tabla II. En la misma se puede apreciar que en este caso los caracteres altura de la planta, número de hijos fértiles, así como longitud y ancho de la hoja bandera no mostraron correlaciones con ningún otro carácter evaluado. En un estudio de caracterización de líneas isogénicas de arroz, tampoco el ancho de la hoja bandera se correlacionó con ningún otro carácter^A. Aunque otros autores han informado correlaciones de esta variable con el rendimiento (12).

La longitud de la panícula aparece correlacionada fuerte y positivamente con los granos llenos por panícula. Mientras que los granos llenos por panícula mostraron una correlación fuerte y directa con la masa de 1000 granos, coincidiendo con lo encontrado en estudios del mismo tipo donde se realizaron análisis de correlación y conglomerado a veinte cultivares de arroz (13). Igualmente, esta variable se correlacionó fuerte pero indirectamente con los granos vanos.

Correlaciones fuertes y positivas mostró el rendimiento con sus componentes (granos llenos por panícula, masa de 1000 granos y panículas por metro cuadrado), resultados similares han obtenido otros autores al analizar las correlaciones entre el rendimiento y sus componentes (14, 15). También expresó una relación fuerte, pero inversa con los granos vanos por panícula.

^APérez, N. *Obtención de cultivares de arroz (Oryza sativa L.) resistentes a Pyricularia grisea Sacc. con buen comportamiento agronómico*. Tesis de Doctorado, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2012, Mayabeque, Cuba, 118

Tabla II. Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables

	A	NH	LHB	AHB	LP	GII	Gv	Mg	Pm ²	R
NH	-0,061 0,797									
LHB	0,099 0,679	0,045 0,850								
AHB	-0,303 0,194	0,325 0,162	0,047 0,844							
LP	0,214 0,364	0,123 0,605	0,063 0,793	-0,041 0,864						
GII	0,137 0,563	-0,106 0,657	-0,310 0,184	-0,081 0,734	0,634 0,003					
Gv	-0,079 0,741	0,233 0,324	0,287 0,220	0,036 0,879	-0,402 0,079	-0,813 0,000				
Mg	-0,123 0,607	-0,132 0,580	-0,536 0,015	0,283 0,226	0,288 0,218	0,642 0,002	-0,482 0,031			
Pm ²	-0,438 0,053	-0,027 0,911	0,103 0,665	0,170 0,474	-0,113 0,635	0,010 0,968	-0,232 0,324	0,104 0,662		
R	-0,143 0,548	-0,036 0,880	-0,304 0,192	0,190 0,422	0,317 0,174	0,672 0,001	-0,725 0,000	0,728 0,000	0,588 0,006	
C	-0,316 0,175	-0,058 0,810	-0,411 0,072	0,185 0,436	0,138 0,562	0,606 0,005	-0,702 0,001	0,681 0,001	0,456 0,044	0,819 0,000

Contenido de la celda: Correlación de Pearson / Valor P

Otro carácter que se correlacionó significativamente y de forma directa fue el ciclo con el rendimiento y sus componentes, de igual manera lo hizo con los granos vanos, pero indirectamente.

En investigaciones del mismo tipo, otros autores han informado que tampoco el número de hijos fértiles mostró correlaciones con los caracteres altura de la planta, longitud de panícula, granos por panículas y el peso o masa de 1000 granos. Asimismo, no se correlacionó el ciclo con la altura de la planta y la longitud de la panícula (13).

Para efectuar un estudio general se utilizó un Análisis de Conglomerados con la matriz de datos conformada por las medias de cada uno de los genotipos para cada variable estudiada. El dendrograma correspondiente aparece en la Figura y las medias y distribución de los genotipos por clases se presentan en la Tabla III.

Los veinte cultivares se agruparon en seis clases y el análisis reveló que la máxima diversidad genética se presentó entre las clases V y VI y la mínima diversidad genética fue detectada entre las clases I y II. Este tipo de valoración ha sido informada en investigaciones afines (13).

Las clases II y V concentran las tres líneas con las características más sobresalientes del material estudiado (3, 6, 14), superiores a la clase III donde se ubicaron los cuatro testigos en cuanto al rendimiento y sus componentes, excepto en panículas por metro cuadrado en el caso de las líneas 3 y 6.

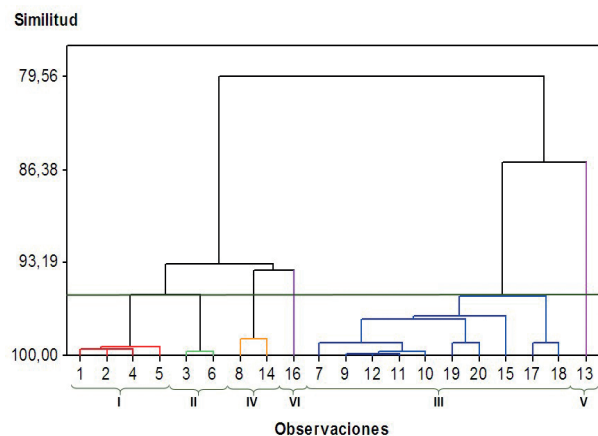


Figura. Dendrograma obtenido según el Análisis de Conglomerados

Además fueron las de mayor ciclo, con los valores más bajos en el carácter granos vanos y las plantas más altas, solo superadas por la línea 16, ubicada en la clase IV. Se plantea que los componentes que determinan el rendimiento son el número de panículas por unidad de área, el número de granos por panícula y el peso de 1000 granos (16). Asimismo, algunos autores informan que el rendimiento del arroz y los caracteres relacionados con él son regulados por múltiples genes, que están influenciados significativamente por el medio ambiente (17, 18).

Junto a los testigos (INCA LP-5, INCA LP-7, IACuba-31 e IACuba-32) se encuentran en la clase III las líneas 7,9,10,11,12,15 con excelentes características en cuanto a rendimiento y sus componentes, granos vanos y muestran también la menor altura. Este último carácter se relaciona con el acamado del arroz y algunos autores sugieren que la reducción de la altura puede mejorar la tolerancia y disminuir las pérdidas en el rendimiento asociadas a este carácter (11).

La clase VI, integrada por la línea 16, presentó el peor comportamiento con relación a los caracteres rendimiento y sus componentes, también resultó tener la mayor altura y cantidad de granos vanos.

Diversos autores han utilizado el análisis de conglomerados en arroz con diferentes objetivos y excelentes resultados (4, 13, 19, 21).

Tabla III. Distribución de genotipos en efectivos y medias por clases, según el Análisis de Conglomerados

CLASES	A	NH	LHB	AHB	LP	GI1	Gv	Mg	Pm ²	R	C
I	103,68	13,38	29,98	1,07	27,15	102,74	20,61	29,88	352,00	6,30	109,17
II	111,07	12,58	32,74	0,94	30,61	152,05	13,50	31,03	380,00	7,64	112,17
III	99,41	12,19	32,78	1,03	27,36	107,54	17,09	29,62	453,07	7,04	111,47
IV	109,95	11,53	28,25	1,02	28,97	141,93	13,83	30,74	294,67	6,74	110,00
V	112,47	13,13	32,24	1,15	28,40	136,62	12,83	30,89	552,00	8,93	112,67
VI	127,40	12,80	42,05	0,94	27,85	79,33	21,67	26,40	282,67	3,73	98,67
CLASES	LÍNEAS		EFECTIVOS								
I	1,2,4,5		4								
II	3,6		2								
III	7,9,10,11,12,15,17,18,19,20		10								
IV	8,14		2								
V	13		1								
VI	16		1								

Tabla IV. Resultados del Análisis de Regresión Lineal Múltiple donde el rendimiento es la variable dependiente

Parámetros	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	P-Valor	
Constante	-14,571	5,850	-2,49	0,034	
A	0,01166	0,01123	1,04	0,326	
NH	0,1887	0,1453	1,30	0,226	
LHB	0,00914	0,03310	0,28	0,789	
AHB	-0,558	1,267	-0,44	0,670	
LP	0,01268	0,07246	0,18	0,865	
GI1	0,00154	0,01174	0,13	0,899	
Gv	-0,07971	0,05473	-1,46	0,179	
Mg	0,4661	0,1702	2,74	0,023	
Pm ²	0,007593	0,001812	4,19	0,002	
C	0,01792	0,04723	0,38	0,713	
Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	23,3214	10	2,3321	12,89	0,0000
Residuo	1,6278	9	0,1809		
Total	24,9492	19			
R ²	93,5 %				

En la Tabla IV se muestran los resultados del análisis de regresión lineal múltiple, donde el rendimiento es la variable dependiente y ciclo, altura de la planta, granos llenos por panícula, longitud de la panícula, masa de 1000 granos y cantidad de panículas por metro cuadrado fueron las variables independientes, por ser estas las que mayor correlación mostraron con el carácter dependiente.

La ecuación de regresión es:

$$R = -14,6 + 0,0117 A + 0,189 NH + 0,0091 LHB - 0,56 AHB + 0,0127 LP + 0,0015 GII - 0,0797 Gv + 0,466 Mg + 0,00759 Pm^2 + 0,0179 C$$

Dado que el p-valor en el análisis de varianza es inferior a 0,01; existe una relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99 %. El coeficiente de regresión (R^2) indica que el modelo explica un 93,5 % de la variabilidad en el rendimiento, determinando que la combinación lineal de las variables independientes, para estudios en condiciones similares, sea un predictor óptimo del rendimiento.

La combinación de los análisis uni y multivariado facilitó la identificación de las líneas más promisorias por lo que se sugiere seleccionar a 3, 6 y 13 que se ubicaron en las mejores clases según el conglomerado; y considerar los resultados del análisis de varianza para incluir las líneas 9 y 12 que también tuvieron excelente comportamiento en cuanto al rendimiento y algunos de sus componentes. Estas superan a tres de los testigos incluidos en el estudio, por lo que se propone pasar estas cinco líneas a fase de validación. Los resultados evidencian la efectividad del Programa de Mejoramiento, la utilización de variabilidad genética y la técnica de selección empleada permitió la obtención de nuevas líneas de arroz de alto potencial productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Subathra, D. A.; Krishnasamy, V.; Raveendran, M.; Senthil, N. y Manonmani, S. "Molecular and genetic dissection of peduncle elongation in rice". *Electronic Journal of Plant Breeding*, vol. 2, no. 1, 2011, pp. 1-7, ISSN 0975-928X.
- Baderinwa-Adejumo, A. O. "Potentials of agrobotanical characters of some local rice germplasm (*Oryza sativa* Linn) for improved production in nigeria". *Journal of Science and Science Education*, vol. 3, no. 1, 2012, pp. 111-117, ISSN 0795-1353.
- Zhang, H. G.; Zhu, G. Y.; Feng, Z. Q.; Xu, M.; Ji, J. A.; Pei, Y.; Qian, K.; Tang, S. Z. y Gu, M. H. "Analysis on yield and quality of the late-maturity medium japonica rice varieties released in Jiangsu Province in the last 30 years". *Chinese Journal Rice Science*, vol. 28, no. 3, 2014, pp. 327-334, ISSN 1001-7216.
- Kumbhar, S. D.; Kulwal, P. L.; Patil, J. V.; Sarawate, C. D.; Gaikwad, A. P. y Jadhav, A. S. "Genetic Diversity and Population Structure in Landraces and Improved Rice Varieties from India". *Rice Science*, vol. 22, no. 3, 2015, pp. 99-107, ISSN 1672-6308, DOI 10.1016/j.rsci.2015.05.013.
- Díaz, M. V *Encuentro Internacional de Arroz*. Especial ed., Ed. Revista Cubana del Arroz, 2011, La Habana, Cuba, ISSN 1607-6273.
- Hernández, J. A.; Pérez, J. M.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Ruíz, J.; Salgado, E. J.; Marsán, R.; Obregón, A.; Torres, J. M.; Gonzáles, J. E.; Orellana, R.; Paneque, J.; Ruiz, J. M.; Mesa, A.; Fuentes, E.; Durán, J. L.; Pena, J.; Cid, G.; Ponce de León, D.; Hernández, M.; Frómata, E.; Fernández, L.; Garcés, N.; Morales, M.; Suárez, E. y Martínez, E. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Ed. AGROINFOR, 1999, La Habana, Cuba, 64 p., ISBN 959-246-022-1.
- Rivero, L. L. E. y Suárez, C. E. *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz*. 1.ª ed., Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 17 de marzo de 2015, La Habana, Cuba, 77 p., ISBN 978-959-7210-86-3.
- Parikh, M.; Motiramani, N. K.; Rastogi, N. K. y Sharma, B. "Agro-Morphological Characterization and Assessment of Variability in Aromatic Rice Germplasm". *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol. 37, no. 1, 2012, pp. 1-8, ISSN 2408-8293, DOI 10.3329/bjar.v37i1.11168.
- Ghimire, R.; Wen-chi, H. y Shrestha, R. B. "Factors Affecting Adoption of Improved Rice Varieties among Rural Farm Households in Central Nepal". *Rice Science*, vol. 22, no. 1, 2015, pp. 35-43, ISSN 1672-6308, DOI 10.1016/j.rsci.2015.05.006.
- Fu, J. y Yang, J. "Research Advances in High-Yielding Cultivation and Physiology of Super Rice". *Rice Science*, vol. 19, no. 3, 2012, pp. 177-184, ISSN 1672-6308, DOI 10.1016/S1672-6308(12)60038-9.
- Sarawgi, A. K.; Subba-Rao, L. V.; Parikh, M.; Sharma, B. y Ojha, G. C. "Assessment of Variability of Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm using Agro-morphological Characterization". *Journal of Rice Research*, vol. 6, no. 1, 2013, pp. 15-28, ISSN 2375-4338.
- Zhang, B.; Ye, W.; Ren, D.; Tian, P.; Peng, Y.; Gao, Y.; Ruan, B.; Wang, L.; Zhang, G.; Guo, L.; Qian, Q. y Gao, Z. "Genetic analysis of flag leaf size and candidate genes determination of a major QTL for flag leaf width in rice". *Rice*, vol. 8, no. 1, 2015, p. 39, ISSN 1939-8425, DOI 10.1186/s12284-014-0039-9.
- Rashid, K.; Kahliq, I.; Farooq, M. O. y Ahsan, M. Z. "Correlation and Cluster Analysis of some Yield and Yield Related Traits in Rice (*Oryza Sativa*)". *Journal of Recent Advances in Agriculture*, vol. 2, no. 8, 2014, pp. 290-295, ISSN 2322-1534.
- Castillo, A.; Rodríguez, S.; Castillo, A. M. y Peña, R. "Rendimiento y sus componentes en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) IIACuba-20 con relación a la fertilización nitrogenada y densidad de población en primavera". *Centro Agrícola*, vol. 38, no. 3, 2011, pp. 17-22, ISSN 0253-5785.
- Díaz, S. H.; Morejón, R.; David, D. y Castro, R. "Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 2, 2015, pp. 131-141, ISSN 0258-5936.
- Dushyantha, K. B. M.; Shadakshari, Y. G. y Krishnamurthy, S. L. "Genotype x Environment interaction and stability analysis for grain yield and its components in Halugidda local rice mutants". *Electronic Journal Plant Breeding*, vol. 1, no. 5, 2010, pp. 1286-1289, ISSN 0975-928X.

17. Huang, R.; Jiang, L.; Zheng, J.; Wang, T.; Wang, H.; Huang, Y. y Hong, Z. "Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known". *Trends in Plant Science*, vol. 18, no. 4, 2013, pp. 218-226, ISSN 1878-4372, DOI 10.1016/j.tplants.2012.11.001.
18. Ikeda, M.; Miura, K.; Aya, K.; Kitano, H. y Matsuoka, M. "Genes offering the potential for designing yield-related traits in rice". *Current Opinion in Plant Biology*, vol. 16, no. 2, 2013, (ser. Genome studies molecular genetics), pp. 213-220, ISSN 1369-5266, DOI 10.1016/j.pbi.2013.02.002.
19. Rahman, M. M.; Hussain, A.; Syed, M. A.; Ansari, A. y Mahmud, M. A. A. "Comparison among Clustering in Multivariate Analysis of Rice Using Morphological Traits, Physiological Traits and Simple Sequence Repeat Markers". *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, vol. 11, no. 6, 2011, pp. 876–882, ISSN 1818-6769.
20. Futakuchi, K.; Sié, M. y Saito, K. "Yield Potential and Physiological and Morphological Characteristics Related to Yield Performance in *Oryza glaberrima* Steud". *Plant Production Science*, vol. 15, no. 3, 2012, pp. 151-163, ISSN 1343-943X, 1349-1008, DOI 10.1626/pp.15.151.
21. Mao-bai, L.; Hui, W. y Li-ming, C. "Evaluation of Population Structure, Genetic Diversity and Origin of Northeast Asia Weedy Rice Based on Simple Sequence Repeat Markers". *Rice Science*, vol. 22, no. 4, 2015, pp. 180-188, ISSN 1672-6308, DOI 10.1016/j.rsci.2015.02.001.

Recibido: 3 de diciembre de 2015

Aceptado: 1 de julio de 2016

