

RELACIÓN DEL RENDIMIENTO CON OTROS CARACTERES EN CULTIVARES TRADICIONALES DE ARROZ COLECTADOS EN PINAR DEL RÍO

Relationship of yield with the other characters in rice traditional cultivars collected in Pinar del Río

Rogelio Morejón Rivera[✉] y Sandra H. Díaz Solís

ABSTRACT. The research was conducted with the objective of finding a relationship among the yield, their components and other characters and providing, to specialists in rice crop, useful information for breeding programs. Eleven traditional cultivars collected in Pinar del Río province were studied, as well as commercial cultivar INCA LP-5 that have very good acceptance among growers and they were evaluated seven morphoagronomics characters during the full season crop: cycle, full and vain grains per panicle, panicle length, panicle m², 1000 grains weight and yield. The quantitative data matrix obtained (genotypes x variables) is processed by statistical multivariate techniques of Principal Components and Multiple Linear Regression, through Statgraphics Plus v.5. The analysis revealed the existence of differences among the cultivars, constituting an important genetic source to be used in the Rice Breeding Program. The equation proposed by the multiple linear regression analysis allows, through the estimated coefficients, expressing the prospective change of the dependent variable yield for each unit of change of the studied independent variables.

Key words: plant breeding, *Oryza sativa* L., multivariate technical

RESUMEN. La investigación se desarrolló con el objetivo de encontrar una relación entre el rendimiento, sus componentes y otros caracteres y proporcionar a especialistas del cultivo del arroz, información útil para los programas de mejoramiento genético. Se estudiaron once cultivares tradicionales colectados en la provincia Pinar del Río, así como, el cultivar comercial INCA LP-5 que tiene muy buena aceptación entre los productores y fueron evaluados siete caracteres morfoagronómicos durante el ciclo de desarrollo del cultivo: ciclo, granos llenos por panícula, granos vanos por panícula, longitud de la panícula, panícula por m², masa de 1000 granos y rendimiento. La matriz de datos cuantitativos obtenidos (genotipos x variables) fue procesada por las técnicas multivariadas de Componentes Principales y Regresión Lineal Múltiple mediante el Statgraphics Plus v.5. El análisis reveló la existencia de diferencias entre los cultivares, constituyendo una importante fuente genética para ser utilizadas en el Programa de Mejoramiento de Arroz. El modelo propuesto por el análisis de regresión lineal múltiple permite, a través de los coeficientes estimados, expresar el cambio esperado de la variable dependiente rendimiento para cada unidad de cambio de las variables independientes estudiadas.

Palabras clave: mejoramiento genético de plantas, *Oryza sativa* L., técnicas multivariadas

INTRODUCCIÓN

El único cereal importante que se utiliza casi exclusivamente en la alimentación humana es el arroz. Se considera una de las principales fuentes de alimentación en el mundo y sustento para más de la mitad de la población global. Es uno de los granos domesticados más antiguos y está estrechamente asociado con los estilos de vida y la cultura (1,2).

La diversidad genética es la base en el progreso del mejoramiento genético vegetal y los recursos genéticos comprenden la diversidad contenida en los cultivares primitivos, tradicionales, parientes silvestres y mejorados que puedan ser utilizados ahora y en el futuro para la agricultura y la alimentación. Los recursos fitogenéticos que tienen una importancia vital están seriamente amenazados. A nivel mundial los cultivares tradicionales de arroz, así como las especies de arroz silvestre se están perdiendo por causa de la erosión genética.

Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Km 1 ½ carretera La Francia, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba.
[✉] rogelio@inca.edu.cu

Los agricultores con frecuencia adoptan nuevos cultivares de arroz, que producen más grano en menos tiempo y no siembran los tradicionales que habían cultivado durante generaciones. Las semillas de los cultivares antiguos a menudo quedan en el olvido y muchos de esos tradicionales se pierden. No obstante, en el futuro, los fitomejoradores necesitarán la variación genética que poseen los cultivares tradicionales y los géneros silvestres afines, para hacer frente a los numerosos factores adversos, tanto bióticos como abióticos, que ponen en riesgo la producción de arroz para esta generación y las futuras (3).

Mediante diversas estrategias, los Programas de Mejoramiento Genético del Arroz, se esfuerzan y buscan responder a la necesidad de incrementar constantemente el potencial de rendimiento del arroz. Las principales 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).

El sector cooperativo y campesino en Cuba incluye los tradicionales dentro de la amplia gama de cultivares que siembra. La aspiración de los mejoradores que trabajan en el arroz con vistas a incrementar el genofondo nacional existente, es la colecta de estos cultivares locales que tradicionalmente han sembrado y conservado los productores. La selección que han hecho los propios productores de forma rudimentaria y casi inconsciente ha generado la existencia de muchos de ellos que se explotan en ese sector y que poseen genes apropiados para las diferentes condiciones bióticas y abióticas (5).

Basado en los planteamientos anteriores, este trabajo tiene como objetivo buscar una relación entre el rendimiento, sus componentes y otros caracteres en cultivares tradicionales y proporcionar, a especialistas, información útil para los programas de mejoramiento genético en el cultivo del arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) se llevó a cabo este ensayo, sobre un suelo Gley Nodular Petroférrico (6).

El material vegetal estudiado está constituido por un total de 12 genotipos, de ellos 11 cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de tres localidades de la provincia Pinar del Río y, además, se incluyó un cultivar mejorado obtenido en la institución científica donde se realizó el estudio (Tabla I).

Tabla I. Relación de cultivares estudiados y su procedencia

No	Cultivares	Procedencia
1	¾ Pulla	Mantua
2	Pulla	Mantua
3	Caracol Dima	Mantua
4	Caracol	Mantua
5	Estrella Roja Especial	Mantua
6	Agustín 1	La Palma
7	Agustín 2	La Palma
8	220	La Palma
9	Andrés	La Palma
10	Frances	San Juan y Martínez
11	Bluebonnet	San Juan y Martínez
12	INCA LP-5	UCTB Los Palacios

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones y los cultivares constituyeron los tratamientos. Los mismos fueron sembrados en el campo de forma directa a chorrillo, en parcelas de 2 x 1,5 m (3 m²) a una distancia de 15 cm entre surcos y con 50 cm entre parcelas.

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

Durante el ciclo de desarrollo del cultivo fueron evaluados siete caracteres cuantitativos, utilizando las metodologías: Sistema de Evaluaciones Estándar para Arroz, Descriptores Varietales del CIAT y Formulario de Descripción Varietal para Arroz.

- ◆ Ciclo al 50 % de floración, C (días).
- ◆ Granos llenos por panícula, Gll.
- ◆ Granos vanos por panícula, Gv.
- ◆ Longitud de la panícula, LP (cm).
- ◆ Panícula por m², Pm².
- ◆ Masa de 1000 granos, Mg (g).
- ◆ Rendimiento agrícola, R (t ha⁻¹).

Las observaciones se realizaron en 10 plantas seleccionadas al azar en cada parcela. Para las variables cualitativas se tomó el valor de la moda y para las variables de tipo cuantitativo se les asignó el valor de la media de las mediciones realizadas.

Las panículas por metro cuadrado también se muestrearon una vez por parcela, en un marco de 0,1 m². Los restantes componentes (granos llenos/panícula y masa de 1000 granos) se determinaron en 20 panículas centrales tomadas al azar y el rendimiento agrícola del cultivo fue calculado en un área de 1 m².

La matriz de datos cuantitativos obtenidos (genotipos en estudio x variables analizadas) fue procesada mediante los Análisis Multivariados de Componentes Principales (empleando la distancia Euclidiana al cuadrado), Regresión Lineal Múltiple (considerando el rendimiento como la variable dependiente y el resto como independientes) y las correlaciones de Pearson, todos con la ayuda del paquete estadístico Statgraphics Plus v.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla II se muestran las correlaciones fenotípicas (correlaciones de Pearson) existentes entre las variables analizadas.

Tabla II. Matriz de correlaciones fenotípicas

	Gll	Gv	LP	Mg	Pm ²	R
C	-0,2274 0,4772	-0,0290 0,9288	0,0177 0,9564	0,0553 0,8645	0,0162 0,9602	-0,0445 0,8908
Gll		-0,5206 0,0827	0,2576 0,4188	0,5585 0,0591	0,3900 0,2101	0,7434 0,0056**
Gv			-0,1233 0,7026	-0,4921 0,1041	-0,5385 0,0708	-0,7076** 0,0100
LP				0,0945 0,7702	-0,3363 0,2851	0,1253 0,6980
Mg					0,6213* 0,0310	0,8195** 0,0011
Pm ²						0,8156** 0,0012

Contenido de la celda: Correlación de Pearson, Valor P

* La correlación es significativa al nivel 0,05

** La correlación es significativa al nivel 0,01

El rendimiento se correlacionó fuerte y positivamente con sus componentes (panícula por metro cuadrado, granos llenos por panícula y masa de 1000 granos) y de forma negativa con los granos vanos por panícula, otros autores han obtenido resultados similares (8–10). El carácter rendimiento y los relacionados con él son regulados por múltiples genes, que están influenciados significativamente por el medio ambiente (11,12).

Fuerte y positiva, es además, la correlación entre las panículas por metro cuadrado y la masa de 1000 granos. Otros autores han planteado que la masa de 1000 granos es propia de la variedad, aunque destacan cierta variabilidad intracultivar y señalan que un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano (13).

Tabla III. Resultado del Análisis de Componentes Principales para las variables estudiadas

	C1	C2
Valores Propios	3 ,52047	1 ,29409
% contribución	50 ,292	28 ,487
% acumulado	50 ,292	78 ,779
C	0,0288	-0,2309
Gll	-0,4124	0,3281
Gv	0,4127	-0,0440
LP	-0,0482	0,7977
Mg	-0,4483	-0,0235
Pm ²	-0,4254	-0,4473
R	-0,5238	0,0041

En la Tabla III se muestran los resultados obtenidos del Análisis de Componentes Principales y la selección de las nuevas variables para esta técnica se realizó a partir del Criterio de Cliff que indica que se deben considerar como aceptables los componentes cuyos valores propios expliquen un 70 % o más de la varianza total.

Se detectó una varianza acumulada de 78,77 % en las dos primeras componentes. Las variables que mejor explicaron la varianza en la primera componente (50,3 %) fueron el rendimiento, el número de granos llenos y vanos por panícula y la masa de 1 000 granos, las cuales estuvieron relacionadas entre sí de forma negativa; mientras que el segundo componente extrajo una varianza de 28,48 %, la que estuvo explicada por los caracteres longitud de la panícula (de forma positiva) y las panículas por m², de forma negativa.

En la Figura se aprecia una gran dispersión en la ubicación de los genotipos, que pudiera estar dada por la diversidad de estos materiales, no permitiendo la realización de ningún tipo de agrupación.

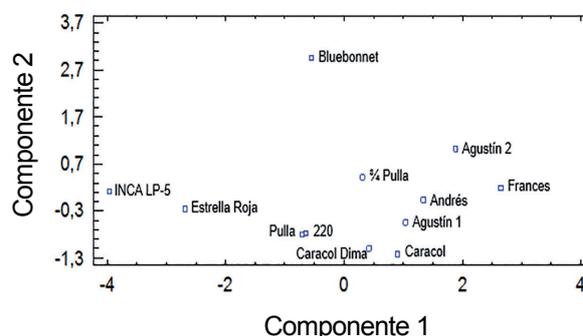


Figura. Distribución de los genotipos estudiados para los dos primeros componentes

Según la distribución de los cultivares, en el extremo izquierdo del componente 1 donde se encuentran los individuos con mayores valores en cuanto a rendimiento, masa de 1000 granos y granos llenos por panícula y que además tienen menor cantidad de granos vanos por panícula, están el cultivar INCA LP-5 y Estrella Roja. Por el contrario, los genotipos que se encuentran en el otro extremo alcanzaron los mayores valores para la variable granos vanos por panícula.

La variabilidad en los rendimientos fue amplia, con valores entre 1,70 y 6,10 t ha⁻¹, para los cultivares Frances e INCA LP-5 respectivamente. Igualmente, mostraron buen comportamiento los cultivares Estrella Roja, Pulla y 220, el resto presentó valores bajos para este carácter. Esto pudiera deberse a la diversidad de su constitución genética. Además, las condiciones climáticas como precipitación, temperatura, brillo solar, específicamente en el momento de la floración, pueden disminuir los rendimientos de las variedades de arroz (5).

Bluebonnet, alejada del resto en el extremo superior del componente 2, presenta las panículas más largas. La longitud de la panícula presentó una media de 22,19 cm, los mínimos y máximos fueron 18,57 y 32,35.

La cantidad de granos llenos fluctuó entre 53 y 81, siendo INCA LP-5 la de mejor comportamiento. Este componente es considerado muy importante para obtener buenos rendimientos y las condiciones climáticas pueden ser las causas de que se formen un mayor número de ellos (5).

Los cultivares Frances, Agustín 2, Andrés y Agustín 1 presentaron la mayor cantidad de granos vanos por panícula. Se conocen varias causas que inciden en el vaneo de los granos de arroz, entre éstas están las relacionadas con la sanidad vegetal (diferentes agentes causales, empleo de herbicidas hormonales en la etapa de fecundación y llenado del grano),

pero además aparecen las agroquímicas (insuficiencia o exceso de nitrógeno, déficit de micronutrientes), genéticas (emersión no total de las panículas y capacidad de fecundación) y el clima (humedad relativa, vientos fuertes y secos, la sequía y la temperatura).

INCA LP-5 y Estrella Roja exhibieron los mayores números de panículas por metro cuadrado, superiores a 300. Este componente del rendimiento es el más variable y ha sido la principal causa que lo ha limitado en las condiciones de Cuba. Sus valores están muy relacionados a la calidad de la preparación del suelo y la siembra, la norma de siembra, la capacidad de ahijamiento de los cultivares, el manejo del agua y la fertilización nitrogenada.

Respecto al ciclo, la media fue de 145 días, el periodo más corto fue de INCA LP-5 y Andrés, diferenciándose del resto.

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

El modelo propuesto por el análisis de regresión lineal múltiple permite, a través de los coeficientes estimados, expresar el cambio esperado de la variable dependiente rendimiento para cada unidad de cambio de las variables independientes estudiadas. 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 %. La variable ciclo de la planta presenta un p-valor de 0,8841; el más alto en las variables independientes, siendo así la que menos información aporta al modelo.

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

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	P-Valor	
Constante	-4,78126	2,02686	-2,35895	0,0648	
C	-0,00137155	0,00894442	-0,153341	0,8841	
Gll	0,0391833	0,01567	2,50053	0,0545	
Gv	-0,0228881	0,0201331	-1,13684	0,3071	
LP	0,0703946	0,0325113	2,16523	0,0826	
Mg	0,10714	0,0517588	2,06998	0,0932	
Pm ²	0,00845627	0,00188705	4,48121	0,0065	
Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P-Valor
Modelo	16,5516	6	2,75859	27,58	0,0011
Residuo	0,500105	5	0,100021		
Total	17,0517	11			
R ²	97,0671				

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 97,06 % 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. En diferentes investigaciones otros autores han utilizado este análisis con buenos resultados (14).

En caracterizaciones de genotipos realizadas en Japón (15), Bluebonnet expresa valores que induce a pensar que se trata del mismo cultivar que se encuentra en Pinar del Río. Durante la década del 50 los cultivares de arroz predominantes eran del tipo americano y entre los más cultivados estaban Bluebonnet 50, Bluebelle, Century Patna, entre otros. Investigaciones similares han desarrollado otros autores, confirmando la existencia de gran diversidad genética (16,17).

La ecuación de predicción del modelo es:

$$R = -4,78126 - 0,00137155 * C + 0,0391833 * GII - 0,0228881 * Gv + 0,0703946 * LP + 0,10714 * Mg + 0,00845627 * Pm^2.$$

Los cultivares nativos y tradicionales han sido cultivados por largos periodos de tiempo por los agricultores y han desarrollado capacidades adaptativas a las condiciones locales, por lo que varios autores han coincidido en la importancia de este tipo de estudio para mejoradores y agricultores, ya que permite identificar y seleccionar genes beneficiosos para el mejoramiento del cultivo. La extensión a gran escala de cultivares modernos de alto rendimiento ha reemplazado a los cultivares tradicionales en el arroz irrigado, reduciendo su base genética e incrementando su vulnerabilidad (5,18).

CONCLUSIONES

- ◆ Los resultados revelaron la existencia de diferencias entre los cultivares, constituyendo una importante fuente genética para ser utilizadas en el Programa de Mejoramiento de Arroz, especialmente los cultivares Andres, Bluebonnet, Estrella Roja y Caracol que muestran caracteres de interés como precocidad y longitud de la panícula, utilizados como progenitores pudieran contribuir a obtener progresos en la descendencia. El genotipo Estrella Roja tuvo mayores semejanzas con el cultivar mejorado INCA LP-5 incluido en el estudio.
- ◆ Se recomienda utilizar los cultivares tradicionales de arroz en el Programa de Mejoramiento para incrementar las fuentes diversas de progenitores y la variabilidad en los genotipos mejorados e incorporarlos al Banco de Germoplasma para garantizar su conservación y futuro empleo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baderinwa AA. Potentials of agrobotanical characters of some local rice germplasm (*Oryza sativa* Linn) for improved production in Nigeria. *Journal of Science and Science Education*. 2012;3(1):111-7.
2. Ghimire R, Wen-chi H, Shrestha RB. Factors Affecting Adoption of Improved Rice Varieties among Rural Farm Households in Central Nepal. *Rice Science*. 2015;22(1):35-43. doi:10.1016/j.rsci.2015.05.006
3. Hamilton RS, McNally K, Guzmán F, Reano R, Almazan S, Alcántara A, et al. Conservación de los recursos genéticos del arroz. 2011.[en línea].[Consultado: 24 de diciembre de 2011] [Internet]. Disponible en: <https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php/crops-mainmenu-367/rice-mainmenu-304/conservation-mainmenu-305>
4. Kumbhar SD, Kulwal PL, Patil JV, Sarawate CD, Gaikwad AP, Jadhav AS. Genetic Diversity and Population Structure in Landraces and Improved Rice Varieties from India. *Rice Science*. 2015;22(3):99-107. doi:10.1016/j.rsci.2015.05.013
5. Díaz, S.H, Morejón, R, David, D, 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*. 2015;36(2):131-41.
6. Hernández A, Pérez J, Castro N, Bosch D. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA; 2015. 91 p.
7. MINAG. Instructivo Técnico del Arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz.; 2008. 113 p.
8. Castillo A, Rodríguez S, Castillo AM, Peña R. Rendimiento y sus componentes de la variedad de arroz IIAC-20 con relación a la fertilización nitrogenada y densidad de población en primavera. *Centro Agrícola*. 2011;38(3):17-22.
9. Díaz SH, Morejón R, Pérez N de J. Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por el Programa de Mejoramiento en Los Palacios. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):81-8.
10. Morejón R, Díaz SH. Combinación de las técnicas estadísticas multivariadas y el diseño aumentado modificado (DAM) en la selección de líneas de prueba en el programa de mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*. 2013;34(3):52-61.
11. Villalba J, Jarma A, Combatt E. Respuesta fisiológica a diferentes épocas de siembra en cultivares de arroz en Córdoba Colombia. *Temas Agrarios*. 2017;22(2):10. doi:10.21897/rta.v22i2.940
12. Orona Castro F, Medina Méndez J, Tucuch Cauch FM, Soto Rocha JM, Almeida León IH. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. *Phyton (Buenos Aires)*. 2013;82(2):255-61.
13. Quintero CE. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina [Tesis de Doctorado]. [España]: Universidade da Coruña; 2009. 167 p. .
14. Chakrabarty SK, Joshi MA, Singh Y, Maity A, Vashisht V, Dadlani M. Characterization and evaluation of variability in farmers' varieties of rice from West Bengal. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding (The)*. 2012;72(2):136-42.

15. Rao, L, Shiva Prasad, G, Chiranjivi, M, Chaitanya, U, Surendhar R. DUS Characterization for Farmer varieties of rice. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2013;4(5):35-43.
16. Bosetti F, Imaculada Zucchi M, Baldin Pinheiro J. Molecular and morphological diversity in Japanese rice germplasm. *Plant Genetic Resources*. 2011;9(02):229-32. doi:10.1017/S1479262111000360
17. Pérez, Noraida de Jesús, González, MC, Castro R.I, Aguilar M. Nuevos genotipos de arroz resistentes a la Piriculariosis obtenidos por cultivo de anteras. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2012;14(1):256-70.
18. Sarawgi AK, Subba Rao LV, Parikh M, Sharma B, Ojha GC. Assessment of variability of Rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using agro-morphological characterization. *Journal of Rice Research*. 2013;6(1):14.

Recibido: 21 de octubre de 2016

Aceptado: 22 de diciembre de 2017

