

# ASOCIACIÓN DE CARACTERES EN GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) SELECCIONADOS PARA TOLERANCIA A LAS BAJAS TEMPERATURAS

R. Morejón<sup>✉</sup> y Sandra H. Díaz

**ABSTRACT.** In “Los Palacios” Rice Research Station areas, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences, the present work was developed, with the objective of carrying out an association analysis of 12 characters evaluated in early cold sowing to a group of genotypes selected for cold tolerance. For statistical data analysis, multivariate statistical techniques of Principal Components and Cluster were used. The best associations were given by panicle length, full grains per panicle and yield, and between height 20 and 30 days after germination. Also, along with the previous variables, empty grains and shoot number 60 days after germination were the most important characters for the analysis, such associations constituting an essential information for cold tolerant material selection in rice breeding programs.

*Key words:* rice, genotypes, agronomic characters, cold tolerance

**RESUMEN.** En áreas de la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo de realizar un análisis de asociación de 12 caracteres evaluados en siembra temprana de frío, a un grupo de genotipos seleccionados para tolerancia a las bajas temperaturas. Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron las técnicas estadísticas multivariadas de Componentes Principales y Conglomerados. Las mejores asociaciones estuvieron dadas por la longitud de la panícula, granos llenos por panícula y rendimiento, así como entre la altura a los 20 y 30 días después de la germinación (ddg). Además, junto a las variables anteriores, los granos vanos y el número de hijos a los 60 ddg fueron los caracteres de mayor importancia para el análisis, constituyendo las asociaciones descritas una información esencial, para la selección de materiales tolerantes a las bajas temperaturas en los programas de mejoramiento genético en el cultivo del arroz.

*Palabras clave:* arroz, genotipos, carácter agronómico, tolerancia al frío

## INTRODUCCIÓN

Se estima que las plantas superiores poseen un poco más de 400 000 genes con funciones particulares dentro de la especie y un buen número de ellos ha creado variantes por efectos evolutivos y del medio ambiente (1).

En el caso específico de la planta de arroz, los procesos naturales de evolución han causado una alta variabilidad genética, demostrada por el gran número de variedades que hoy existen; asimismo, está considerado como el cultivo más versátil, pues las 120 000 variedades conocidas se adaptan a diferentes climas, suelos y condiciones hídricas (2).

En Cuba, el arroz es el cereal de mayor consumo; sin embargo, la producción nacional ha estado afectada por diversos factores bióticos y abióticos (3). Las bajas temperaturas están entre los factores abióticos, que constituyen una barrera para el rendimiento agrícola. Estas producen un retardo en el crecimiento y desarrollo de las

plantas, y en la fase reproductiva incrementan la esterilidad con la consiguiente disminución del número de granos llenos por panícula (4).

Debido al interés económico de este cultivo, la necesidad de proporcionar materiales mejorados a los productores y la importancia que tiene para ello el conocimiento de las asociaciones de caracteres, se decidió realizar el presente trabajo, con el objetivo de conocer la relación existente entre 12 variables evaluadas en siembra temprana de frío, a un grupo de genotipos seleccionados para tolerancia a las bajas temperaturas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En áreas de la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se desarrolló el presente trabajo sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso (5) en condiciones de aniego, donde se sembraron 40 accesiones de arroz, 28 de diferentes generaciones procedentes de distintas combinaciones híbridas y 12 que incluyen variedades resistentes a las bajas temperaturas.

La siembra se realizó primeramente en placas petri el 24 de octubre de 2003 y 10 días después se hizo el

Ms.C. R. Morejón y Ms.C. Sandra H. Díaz, Investigadores Agregados de la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700.

✉ sanroge2006@yahoo.es, shdiaz@inca.edu.cu

transplante en condiciones de campo, en surcos de 2 m con distancia de plantación de 15x15 cm. Las atenciones culturales de fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios se efectuaron según lo estipulado en el Instructivo técnico del cultivo del arroz (6).

Se evaluaron 12 caracteres durante el ciclo de desarrollo del cultivo:

↻ Altura a los 10 ddg (cm)	[A10]
↻ Altura a los 20 ddg (cm)	[A20]
↻ Altura a los 30 ddg (cm)	[A30]
↻ Número de hijos a los 60 ddg (no.)	[H60]
↻ Número de hijos a los 80 ddg (no.)	[H80]
↻ Altura final de las plantas (cm)	[AP]
↻ Número de panículas por planta (no.)	[PP]
↻ Granos vanos por panícula (no.)	[Grv]
↻ Peso de 1000 granos (g)	[Pgr]
↻ Granos llenos por panícula (no.)	[Grll]
↻ Longitud de la panícula (cm)	[LP]
↻ Rendimiento agrícola (t.ha <sup>-1</sup> )	[R]

El sistema de evaluación estándar y el formulario de descripción varietal para el arroz fueron las metodologías empleadas para realizar las evaluaciones. La matriz de datos obtenida (genotipos x variables) fue procesada mediante las técnicas multivariadas de Componentes Principales y Conglomerados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla I muestra la matriz de correlaciones fenotípicas para las 12 variables en estudio. Los valores superiores a 0.5974 se consideran estadísticamente significativos ( $p \geq 0.001$ ).

Los granos llenos por panícula y el número de panículas por planta fueron los componentes del rendimiento que se correlacionaron fuerte y positivamente con este. Las mismas relaciones se encontraron cuando se evaluó el comportamiento de variedades comerciales de arroz en épocas de frío en Pinar del Río (7).

Igual comportamiento hubo entre el rendimiento y la longitud de la panícula, coincidiendo con otras investigaciones que estudiaron el comportamiento de variedades de arroz de diferente procedencia en Los Palacios y la aplicación de técnicas multivariadas en la clasificación morfoagronómica de genotipos de arroz obtenidos en este mismo lugar, respectivamente (8, 9).

Otras relaciones estadísticamente directas estuvieron dadas entre la longitud de la panícula con la altura final y los granos llenos por panícula. Inversa fue la interrelación entre los granos llenos y vanos por panícula. Resultados similares se obtuvieron al clasificar morfoagronómicamente genotipos de arroz usando técnicas multivariadas (9).

Por otra parte, se plantea que la combinación de alto ahijamiento y granos por panícula no es factible, debido a las correlaciones genéticas y fenotípicas negativas que existen entre ambos componentes del rendimiento. El ahijamiento es un carácter cuantitativo, cuyo mecanismo hereditario ha sido objeto de diversas interpretaciones. En todos los casos el estudio de su herencia se complica, por el gran número de factores que afectan su expresión (10).

Otras correlaciones directamente significativas fueron las que se establecieron entre la altura a los 10 ddg con la altura a los 20 ddg y de esta última con la altura a los 30 ddg; además, entre el número de hijos a los 60 y 80 ddg y del primero con la altura a los 30 ddg.

En otros trabajos se encontró que el número de hojas por plántula tuvo un débil pero positivo efecto sobre el vigor de ellas (biomasa); sin embargo, una relación fuerte fue apreciada entre la altura y biomasa de las plántulas en las líneas estudiadas (11).

Los valores propios, el porcentaje de contribución y acumulado de los componentes y las correlaciones de estos con las variables originales, según el Análisis de Componentes Principales, aparecen en la Tabla II.

Siguiendo el criterio de considerar aceptables los componentes, cuyos valores propios explican un 70 % o más de la varianza total, se seleccionaron los dos primeros componentes (12).

El primer componente contribuyó con el 40 % de la varianza total explicada y las correlaciones con las variables originales indican que la altura a los 20 y 30 ddg fueron los caracteres que más aportaron de forma positiva y negativa a los granos llenos, la longitud de la panícula y el rendimiento. El segundo componente contribuyó con más del 34 % de la varianza total y es explicado por el carácter número de hijos a los 80 ddg.

En este sentido, se plantea que la selección para tolerancia a frío es relativamente fácil en el estado de plántula; sin embargo, en el estado reproductivo resulta costosa, debido a que se requiere mayor espacio con

**Tabla I. Matriz de correlaciones fenotípicas**

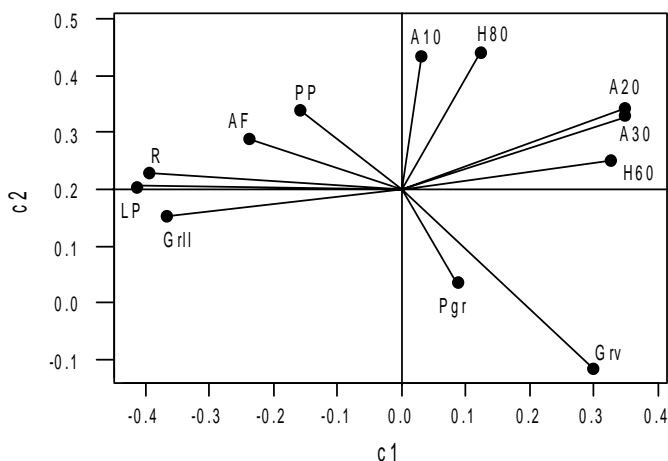
	A10	A20	A30	H60	H80	AF	PP	Grv	PGr	Grll	LP
A20	<b>0.676</b>										
A30	0.481	<b>0.821</b>									
H60	0.127	0.460	<b>0.688</b>								
H80	0.381	0.409	0.437	<b>0.699</b>							
AF	0.234	-0.090	-0.061	-0.085	0.389						
PP	0.241	0.107	-0.019	0.122	0.373	0.260					
Grv	-0.167	0.328	0.149	0.090	-0.044	-0.162	-0.089				
PGr	0.007	0.261	0.014	-0.017	0.026	-0.068	0.077	0.420			
Grll	0.071	-0.262	-0.139	-0.225	0.024	0.265	0.250	<b>-0.785</b>	-0.319		
LP	0.269	-0.266	-0.292	-0.395	0.026	<b>0.602</b>	0.350	-0.533	0.119	<b>0.660</b>	
R	0.238	-0.176	-0.309	-0.338	0.005	0.584	<b>0.762</b>	-0.307	0.290	<b>0.717</b>	<b>0.858</b>

condiciones ambientales controladas, tiempo consumido por las plantas para completar su ciclo de vida, entre otros. Los resultados de investigaciones realizadas recientemente, sugieren que la tolerancia de los cultivares al frío en las etapas de plántula y reproductiva esta significativamente relacionada (11).

**Tabla II. Valores propios, porcentaje de contribución y acumulado de los componentes y las correlaciones de estos con las variables originales**

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valores propios	3.5948	2.9377	1.4943	1.0549	0.8076
% contribución	0.400	0.345	0.125	0.088	0.037
% acumulado	0.400	<b>0.745</b>	0.870	0.958	0.995
A10	0.032	0.435	-0.016	0.492	-0.126
A20	<b>0.348</b>	0.342	-0.135	0.311	0.071
A30	<b>0.348</b>	0.329	0.155	0.262	-0.003
H60	0.326	0.249	0.237	-0.388	0.191
H80	0.123	<b>0.440</b>	0.102	-0.423	-0.151
AF	-0.237	0.288	-0.068	-0.266	-0.712
PP	-0.159	0.338	-0.204	-0.354	0.530
Grv	0.300	-0.115	-0.454	-0.162	-0.166
PGr	0.087	0.036	-0.673	0.045	0.129
GrII	<b>-0.365</b>	0.154	0.313	0.122	0.235
LP	<b>-0.411</b>	0.204	-0.163	0.153	-0.091
R	<b>-0.393</b>	0.228	-0.246	0.010	0.156

La Figura 1 muestra la ubicación de las variables originales sobre el plano conformado por los componentes 1 y 2. La proyección opuesta del peso de 1 000 granos y los granos vanos sobre el primer eje, respecto a los granos llenos, la longitud de la panícula y el rendimiento reflejan su relación inversa, es decir, en la medida que los genotipos tengan un mayor número de granos llenos, una panícula más grande y altos rendimientos, el peso de sus granos y el número de granos vanos por panícula serán menores.



**Figura 1. Distribución de las variables originales sobre el primero y segundo componente principal en la caracterización de una colección de arroz**

Por otra parte, se ha examinado la relación entre la tolerancia al frío y el tipo de planta o habilidad productiva. Las líneas F3 derivadas de un cruce, en el cual *Somewake*, un cultivo nativo con muy alta tolerancia al frío, fue usado como uno de los progenitores, exhibió las siguientes relaciones: una correlación significativamente positiva entre la tolerancia al frío y el ciclo, la longitud de la panícula y el número de granos por panícula y correlaciones significativamente negativas entre la tolerancia al frío y el número de hijos y panículas (13).

Además, se conoce que la longitud de la panícula correlacionada estrechamente con la longitud final del tallo, depende de la temperatura experimentada por la planta antes de la iniciación floral o durante el período de alargamiento internodal; el crecimiento de la paja se acelera con un descenso de la temperatura antes de la iniciación floral (14).

Por otra parte, el peso del grano es un carácter muy estable en buenas condiciones de cultivo y depende fundamentalmente de la variedad (15).

Según la separación angular de los caracteres, las mejores asociaciones están dadas por:

- longitud de la panícula, granos llenos por panícula y rendimiento
- altura a los 20 y 30 ddg.

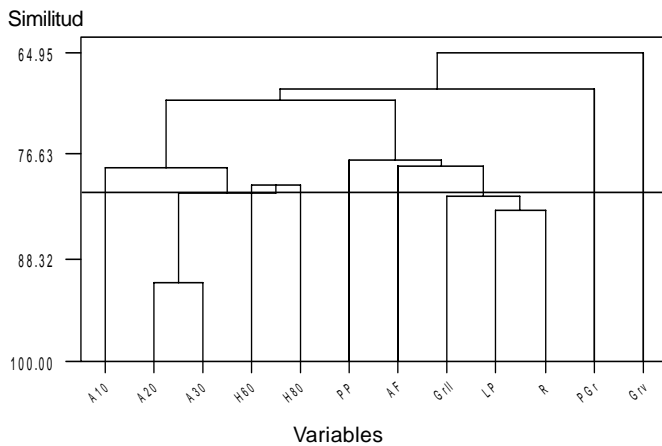
En numerosas investigaciones se ha demostrado que las condiciones de temperatura afectan las plantas de arroz durante todo el ciclo de vida; las variaciones intraespecíficas pueden ser observadas en cada contexto en el estado de crecimiento vegetativo, tales como la dormancia de la semilla, germinación, el establecimiento y crecimiento de las plántulas, ahijamiento, la elongación de los entrenudos y formación de la semilla (16).

También se conoce que el rendimiento del arroz está en función de sus componentes y en ocasiones depende de las condiciones climáticas y composición varietal empleada; de ahí que existan diversas opiniones en cuanto a las correlaciones que se establecen entre el rendimiento y sus componentes, recomendándose el estudio de las causas de la variación para cada situación dada (15).

De acuerdo con la distancia de los caracteres con el origen de las coordenadas, las variables más importantes en el análisis son: longitud de la panícula, rendimiento, granos llenos, granos vanos, altura a los 20 y 30 ddg y número de hijos a los 60 ddg.

Las plantas solo crecen bajo un estrecho rango de condiciones ambientales. Existe un nivel óptimo para cada uno de estos factores: la temperatura es precisamente uno de los más estudiados. Cuando el nivel óptimo para cada variedad se ve alterado, el crecimiento se deprime, pero más importante aún, las plantas pueden sufrir daño por condiciones desfavorables, particularmente cuando estas son extremas (16).

Otra vía para corroborar las asociaciones de caracteres fue a través del Análisis de Conglomerados. La Figura 2 muestra el dendrograma para las 12 variables originales, observándose que las agrupaciones coinciden con la lectura que se realizó en la Figura 1.



**Figura 2. Dendrograma según el Análisis de Conglomerados**

Los resultados sugieren que modificando o mejorando un carácter podría a su vez modificarse otro relacionado con él.

Se plantea que aunque la disminución en algunos de los componentes se compensa en parte con pequeños incrementos de los valores de los restantes, se debe procurar que las variedades alcancen sus valores óptimos para cada uno de los componentes del rendimiento, a fin de lograr la máxima producción (17).

De esta forma, las asociaciones descritas constituyen una información importante para la selección de materiales tolerantes a las bajas temperaturas en los programas de mejoramiento genético en el cultivo del arroz.

## REFERENCIAS

- Hidalgo, R. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. *Boletín Técnico IPGRI*, 2003, no.8, p. 2.
- Havener, R. Sharing the responsibility. Biodiversity maintaining the balance. Manila: IRRI, 1998. 61 p.
- González, M. C.; Pérez, N. y Cristo, E. Selección de nuevos somaclones de arroz tolerantes a la salinidad y al ácaro blanco. En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005. p. 10.
- Díaz, S. H. Obtención de líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) tolerantes a las bajas temperaturas. Informe Final Proyecto 0128. Estación Experimental del Arroz, Los Palacios, Cuba. 2005. 50 p.
- Cuba-MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos. La Habana: Agrinfor, 1999.
- Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico del arroz. La Habana: Instituto de Investigaciones del Arroz, 2002.
- Morejón, R.; Díaz, S. H. y Hernández, J. J. Comportamiento de variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) en cuatro granjas del complejo agroindustrial arrocero Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 4, p. 77-81.
- Díaz, S. H. y Morejón, R. Comportamiento de variedades de arroz de diferente procedencia en la localidad de Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 63-67.
- Morejón, R.; Díaz, S. H. y Pérez, N. Aplicación de técnicas multivariadas en la clasificación morfoagronómica de genotipos de arroz obtenidos en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 1, p. 43-48.
- Pérez, J.; Fuchs, A.; Lima, H.; Tellhem, E.; Rodríguez, A.; Cornide, M. T.; Espinosa, E.; Gálvez, A. Genética y mejoramiento de plantas tropicales. La Habana. Empes, 1991, T 1, 193 p.
- Budapati, N.; Gunawardena. T. y Fukai, S. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. University of Queensland, School of Land and Food Sciences. RIRDC. Australia. 2005. 20 p.
- Morejón, R. y Díaz, S. H. Análisis de asociación de caracteres en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) empleando técnicas multivariadas. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 1, p. 77-81.
- Toriyama, N. Tolerance for environmental stress. Inheritance of resistance. En: Differentiation and inheritance of characters. Tokyo: Science of the Rice Plant Genetics. 1962. t. 3.
- Angladette, A. El arroz. Barcelona: Ed. Blume, 1969. 867 p.
- López, L. Arroz. Cultivos herbáceos. Cereales. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1991. 419 p.
- Takahashi, N. Intraspecific differentiation as affected by environmental conditions. Differentiation of ecotypes in cultivated rice. En: Origin and differentiation of rice. 1997. 127 p.
- Cremé, Y.; Suárez, D.; Hernández, J. y González, S. Análisis del comportamiento en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajas temperaturas. En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005, p. 84-85.

Recibido: 19 de octubre de 2005

Aceptado: 16 de febrero de 2006