



# EVALUACIÓN DE NUEVAS LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) OBTENIDAS POR HIBRIDACIONES DENTRO DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CULTIVO EN CUBA

## Evaluation of new rice (*Oryza sativa* L.) lines obtained by hybridizations inside Genetic Improvement Program of this crop in Cuba

Sandra H. Díaz Solís<sup>1</sup>✉, Rogelio Morejón Rivera<sup>1</sup>, Odania Onicka Chisholm<sup>2</sup> y Rodolfo Castro Álvarez<sup>1</sup>

**ABSTRACT.** The research was conducted to evaluate the behavior of new rice lines (*Oryza sativa* L.) obtained by hybridization with the aim of increase yields and crop genetic diversity. fifteenth lines were studied from different hybrid combinations and two cultivars used as test and also as progenitors which were involved in some of the originated lines crossing. twenty two characters were considered, qualitative and quantitative one, which were measured in the stages of flowering, ripening and post-harvest of the crop, using a Completely Randomized design with five replications. The data obtained were subjected to univariate and multivariate statistical analyzes. The lines evaluated were similar in some qualitative characters and different in all quantitative characters; also it was possible to determine the most important variables for the characterization. The lines G/S-L1, G/S-L10, G/S-L13 that make up the group I were the best behavior, combining good plant erection, well emerged panicles, late or intermediate senescence and higher yield, beating the test used.

**Key words:** rice, germplasm, hybridization, descriptors, yield

**RESUMEN.** La presente investigación se llevó a cabo para evaluar el comportamiento de nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridaciones con el objetivo de incrementar los rendimientos y la diversidad genética del cultivo. Se estudiaron 15 líneas provenientes de diferentes combinaciones híbridas y dos cultivares empleados como testigos que intervienen como progenitores en algunos de los cruzamientos que originaron las líneas. Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con cinco repeticiones y en la evaluación se tuvieron en cuenta 22 caracteres, cualitativos y cuantitativos, los cuales fueron medidos en las etapas de floración, maduración y poscosecha del cultivo. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadísticos univariados y multivariados. En las líneas evaluadas se encontraron semejanzas en algunos caracteres cualitativos y diferencias en todos los caracteres cuantitativos; además fue posible determinar las variables más importantes para la caracterización. Las líneas G/S-L1, G/S-L10, G/S-L13 que conforman el grupo I resultaron ser las de mejor comportamiento, combinando buen porte, panículas bien emergidas, senescencia de intermedia a tardía y los mayores rendimientos, superando a los testigos utilizados.

**Palabras clave:** arroz, germoplasma, hibridación, descriptores, rendimiento

### INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial y, junto con el trigo, la carne y el pescado, constituyen la base

de la alimentación humana; el 75 % de la población mundial lo incluye en su dieta alimenticia diaria y puede superar, en algunos casos, el consumo de otros cereales<sup>A</sup>. Avances muy significativos se alcanzaron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas gracias al

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

<sup>2</sup> Ministerio de la Agricultura de Guyana, 18 Brickdam, Georgetown, Guyana.

✉ [shdiaz@inca.edu.cu](mailto:shdiaz@inca.edu.cu)

<sup>A</sup> Méndez, P. *Arroz: ¿Estabilidad o nueva alza de los precios mundiales?* [en línea], edit. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), 2011, [Consultado: 12 octubre 2011], Disponible en: <[http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20110305051805\\_15\\_ia0211es.pdf](http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20110305051805_15_ia0211es.pdf)>.

desarrollo de cultivares mejorados, utilización de prácticas más modernas de cultivo y a la mayor adopción de los nuevos cultivares por parte de los agricultores. Su cultivo en Cuba se ha extendido a casi todas las regiones del país y constituye la principal fuente de carbohidratos en la alimentación de la población, con un consumo aproximado de 670 000 toneladas al año y un per cápita nacional anual que supera los 70 kilogramos; sin embargo hasta el momento la producción nacional solo satisface un poco más del 50 % de las necesidades<sup>B</sup>, por esta razón los mejoradores de arroz trabajan en la búsqueda de nuevos cultivares que combinen buen rendimiento y tolerancia a factores bióticos y abióticos.

El primer carácter en el que el obtentor se fija más, en la actualidad, es el aumento de la capacidad productiva (1). Los cultivares de arroz cultivados han ido variando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de mejores características<sup>C</sup>. Sin embargo, los mejoradores han reconocido la situación de la estrecha base genética debida a la reducción de la diversidad genética, producto del mejoramiento de los cultivares modernos, lo cual ha resultado en cultivos genéticamente vulnerables ante factores abióticos y agentes bióticos. Se estima que los programas de mejoramiento genético de arroz solo están utilizando alrededor del 25 % de la variabilidad genética existente en la especie (2).

En programas de mejoramiento genético el fitomejorador debe formar nuevas poblaciones para crear variabilidad y realizar selección (3). Muchas son las herramientas utilizadas en este proceso, dentro de las que se encuentran las hibridaciones, siendo este el método que permite mayores resultados en la mejora vegetal, ampliando las posibilidades combinatorias por la unión entre individuos y genotipos bastante diferentes y de un origen geográficamente distinto. La hibridación y la sucesiva selección permiten tener la probabilidad de reunir, en un solo genotipo, los caracteres considerados útiles de otros distintos, o bien conseguir en el nuevo, una mejora en la manifestación real de algunas características ligadas a genes de acción aditiva (1).

En Cuba, los programas de mejoramiento del arroz, se han sustentado principalmente en las hibridaciones, mediante las cuales se han obtenido la mayoría de los cultivares comerciales que se siembran en este momento. El Programa Nacional de Mejoramiento desarrollado ha permitido la obtención de un grupo importante de cultivares que han beneficiado la estructura varietal en el país; no obstante, los avances logrados, es necesario continuar trabajando de forma intensiva en este sentido para

enriquecer aún más la misma con cultivares superiores que posean diversas fuentes genéticas y capaces de adaptarse a las heterogéneas condiciones de cultivo.

Como parte del proceso de selección de materiales superiores se realizan evaluaciones morfológicas y agronómicas; además, se hace necesario realizar descripciones varietales de las líneas próximas a ser liberadas, para tener un registro de características que indiquen diferencias, similitudes, así como las ventajas y desventajas de cada material fenotípico.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, este trabajo tiene como objetivo evaluar morfoagronómicamente 15 líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridaciones, mediante descriptores cualitativos y cuantitativos para determinar las variables más importantes en su caracterización. Además permitirá seleccionar las mejores combinaciones híbridas y las líneas de mejor comportamiento con posibilidades de avanzar a una fase de evaluación semicomercial para su posterior validación y difusión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) "Los Palacios", perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (4).

### MATERIAL VEGETAL

El material vegetal estudiado está constituido por un total de 17 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.), de ellos 15 son líneas en generación F8, obtenidas por el método de hibridaciones y como resultado de un proceso de selección mediante el método genealógico o pedigrí, además se incluyeron como testigos los cultivares INCA LP-5 (ciclo corto) e INCA LP-4 (ciclo medio), con buen comportamiento agronómico y que intervienen como progenitores en algunos de los cruces que originaron las líneas en evaluación (Tabla I).

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con cinco repeticiones y las líneas constituyeron los tratamientos. Las líneas fueron sembradas en el campo de forma directa, a chorrillo, en parcelas de 2 m de largo por 2 m de ancho (4 m<sup>2</sup>), 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<sup>D</sup>.

<sup>B</sup> Instituto de Investigaciones de Granos. *Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz*, edit. Ministerio de la Agricultura, 2011.

<sup>C</sup> InfoAgro. *El cultivo del arroz. 1ª parte*. [en línea], [Consultado: 4 abril 2015], Disponible en: <<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>>.

<sup>D</sup> Instituto de Investigaciones del Arroz. *Instructivo Técnico del Arroz*, Ministerio de la Agricultura, 2008, p. 113.

**Tabla I. Relación de genotipos estudiados y su procedencia.**

Tratamiento	Líneas	Cruzamiento
T1	G/S-L1	INCA LP-5 / VN 2084
T2	G/S-L2	IR1529 / INCA LP-5
T3	G/S-L3	<i>Oryza glaberrima</i> / Amistad 82
T4	G/S-L4	VN 2084 / INCA LP-5
T5	G/S-L5	INCA LP-5 / IR 1529
T6	G/S-L6	China / INCA LP-5
T7	G/S-L7	China / VN 2084
T8	G/S-L8	VN 2084 / INCA LP-2
T9	G/S-L9	INCA LP-5 / J-104
T10	G/S-L10	INCA LP-4 / VN 2084
T11	G/S-L11	VN 2084 / <i>Oryza glaberrima</i>
T12	G/S-L12	VN 2084 / INCA LP-2
T13	G/S-L13	Bolito / INCA LP-4
T14	G/S-L14	VN 2084 / China
T15	G/S-L15	Amistad 82 / <i>Oryza glaberrima</i>
T16 *	INCA LP-4	6066 / IR759-54-2-2
T17 *	INCA LP-5	2077 / CPI-C8

\* Testigo

**TOMA DE MUESTRAS Y CARACTERES EVALUADOS**

Fueron evaluados 22 caracteres en diferentes etapas del cultivo (floración, maduración y postcosecha) que incluyeron tanto caracteres cualitativos como cuantitativos (Tabla II). Dicha caracterización o descripción varietal se efectuó sobre el fenotipo mediante los descriptores seleccionados y cuyas escalas aparecen de forma detallada en las siguientes metodologías:

- ◆ Sistema de Evaluaciones Estándar para Arroz del International Rice Research Institute<sup>E</sup>.
- ◆ Formulario de Descripción Varietal para Arroz del Ministerio de la Agricultura<sup>F</sup>.
- ◆ Descriptores Varietales del Centro Internacional de Agricultura Tropical<sup>G</sup>.

<sup>E</sup> IRRI. *Standard Evaluation System for Rice*, Manila, 2002, p. 51.<sup>F</sup> Dirección de Certificación de Semillas. Registro de Variedades Comerciales. *Formulario de Descripción Varietal para Arroz (*Oryza sativa* L.)*, Ministerio de la Agricultura, 1998, p. 12.<sup>G</sup> Muñoz, A.G.; Giraldo, G. y Fernández de Soto, J. *Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo*, CIAT, Cali, Colombia, 1993, pp. 1-5.**Tabla II. Caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados en diferentes etapas del cultivo a las líneas en estudio.**

Cualitativos	Cuantitativos
Porte de la planta (PP)	Longitud del limbo de la hoja bandera (LH) (cm)
Intensidad del color verde de la hoja (IH)	Ancho del limbo de la hoja bandera (AH) (cm)
Pigmentación antocianina (PA)	Longitud de la panícula (LP) (cm)
Forma de la lígula (FL)	Número de granos llenos por panícula (GL)
Aristas (AR)	Número de granos vanos por panícula (GV)
Excursión de la panícula (EP)	Altura de planta (A) (cm)
Resistencia al acame (AC)	Número de hijos (NH)
Resistencia al desgrane (DG)	Número de panículas por m <sup>2</sup> (PM)
Senescencia de la hoja (SS)	Masa de 1000 granos paddy (MG) (g)
Color del grano paddy (CG)	Rendimiento (RT) (t.ha <sup>-1</sup> )
Vigor de la planta (V)	Ciclo del cultivo (C) (días)

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 m<sup>2</sup>. 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 al 14 % de humedad fue calculado en un área de 1 m<sup>2</sup>.

**ANÁLISIS DE DATOS Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

Al finalizar el conteo y medición de las variables se procedió a la tabulación y ordenamiento de los datos obtenidos por cada unidad experimental, para proceder a su análisis mediante el programa estadístico STATGRAPHICS Plus v.5 el cual permitió realizar análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), además se docimaron las medias con la Prueba de Tukey al 5 %. Sobre la base de la divergencia encontrada, la matriz de datos cuantitativos obtenidos (genotipos en estudio x variables analizadas) también fue sometida a Análisis Multivariados de Componentes Principales y Conglomerados con la ayuda del programa estadístico SPSS v.17, se determinaron también las Correlaciones de Pearson. Las variables cualitativas se presentan en forma de tabla y se describen para facilitar la comparación entre las líneas estudiadas.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La Tabla III muestra la caracterización de las líneas, de acuerdo a los caracteres cualitativos, en la misma se aprecia que hubo semejanzas en cinco de los once caracteres evaluados.

**Tabla III. Resultados de la evaluación de los caracteres cualitativos en líneas de arroz obtenidas por hibridaciones.**

No.	Genotipos	PP	IH	PA	FL	AR	EP	AC	DG	SS	CG	V
1	G/S-L1	I	VO	AU	H	AU	BE	R	DF	T	PJ	MV
2	G/S-L2	E	VO	AU	H	AU	ME	R	I	T	PJ	MV
3	G/S-L3	A	VO	AU	H	PR	BE	R	FA	TP	PJ	V
4	G/S-L4	I	VO	AU	H	PR	BE	R	FA	T	PJ	V
5	G/S-L5	I	VO	AU	H	AU	ME	R	I	I	PJ	V
6	G/S-L6	A	VO	AU	H	PR	ME	R	I	T	PJ	V
7	G/S-L7	A	VO	AU	H	PR	ME	R	I	TP	PJ	V
8	G/S-L8	I	VO	AU	H	PR	ME	R	I	I	PJ	V
9	G/S-L9	I	VO	AU	H	PR	BE	R	I	I	PJ	V
10	G/S-L10	E	VO	AU	H	AU	BE	R	DF	T	PJ	MV
11	G/S-L11	I	VO	AU	H	PR	ME	R	I	T	PJ	V
12	G/S-L12	E	VO	AU	H	AU	ME	R	DF	T	PJ	MV
13	G/S-L13	E	VO	AU	H	AU	BE	R	DF	I	PJ	MV
14	G/S-L14	I	VO	AU	H	PR	ME	R	I	I	PJ	V
15	G/S-L15	I	VO	AU	H	PR	BE	R	FA	TP	PJ	V
16	INCA LP-4	E	VO	AU	H	AU	BE	R	DF	T	PJ	MV
17	INCA LP-5	E	VO	AU	H	AU	BE	R	DF	T	PJ	MV

Abierto/a A; Erecto E; Intermedio/a I; Tardía T; Paja PJ; Muy vigorosa MV; Verde oscuro VO; Fuerte F; Temprana TP; Ausente AU; Presente PR; Hendida H; Vigorosa V; Bien Emergida BE; Moderadamente Emergida ME; Difícil DF; Fácil FA; Resistente R; Normal N

Todas las líneas se caracterizaron por una coloración verde oscuro en sus hojas, carencia de pigmentación antocianica (no se observó en ningún órgano de la planta), lígulas del tipo hendida, color paja del grano paddy y resistencia al acame. Se encontraron diferencias para el resto de las características. En otros ensayos de caracterización de arroz realizados en Cuba tampoco se encontraron diferencias entre los cultivares evaluados para los caracteres cualitativos color de la hoja, pigmentación antocianica y la forma de la lígula<sup>H</sup>. En este sentido, otros autores, al analizar la diversidad genética de cultivares de arroz cubanos, basados en caracteres morfológicos, su genealogía y polimorfismo de ADN, enfatizaron en la necesidad de diversificar los progenitores en los programas de mejoramiento con el objetivo de ampliar la base genética del cultivo (5).

Asimismo, en Venezuela, cuando caracterizaron 13 cultivares de arroz, detectaron que 13 caracteres cualitativos no permitieron la diferenciación entre ellos, lo que atribuyen al hecho de que la base genética de los mismos es estrecha (6); sin embargo, difiere de los resultados de un estudio realizado en la India donde la mayoría de los caracteres mostraron variación en las accesiones evaluadas (7).

Respecto a la variabilidad en el porte de la planta se observa predominio de los portes intermedios (53,3 %), solo cuatro líneas (G/S-L2, G/S-L10, G/S-L12 y G/S-L13) mostraron porte erecto similar a los cultivares testigos INCALP-4 e INCALP-5 y en tres de estas combinaciones aparecen indistintamente como progenitores los testigos, ya sea como femenino o como masculino.

<sup>H</sup> Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) colectadas en fincas de productores de la provincia de Pinar del Río [Trabajo de Diploma], Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba, 2012, p. 73.

Solo tres de las quince líneas evaluadas clasificaron con porte abierto y dos comparten al cultivar China como progenitor femenino. No hubo porte disperso, lo que confirma la importancia que le atribuyen los mejoradores a este carácter en el momento de la selección, pues el porte erecto mejora el potencial fotosintético de la planta, lo cual contribuye al aumento de la capacidad productiva de los cultivares (1). Generalmente la selección se dirige hacia plantas con hábitos de crecimiento erecto e intermedio, cuyos ángulos de abertura están entre los 10 y 30° con respecto a una línea perpendicular imaginaria que pasa por centro de la planta. Resultados similares obtuvieron otros autores al evaluar la variabilidad en el germoplasma de arroz (7, 8).

De las 15 líneas evaluadas, nueve presentaron aristas, generalmente cortas y en granos terminales, solo en las líneas provenientes de cruzamientos donde intervino *Oryza glaberrima* (G/S-L3, G/S-L11 y G/S-L15) fueron más abundantes y pronunciadas. Estudios realizados en el Centro Africano del Arroz (WARDA, por sus siglas en inglés) sobre los cultivares mejorados, en especial el NERICA, indican que estas combinan el potencial de alta productividad del arroz asiático (*Oryza sativa*) con la resistencia a los factores de estrés del arroz africano (*Oryza glaberrima*) (9).

La arista apenas contribuye en algo al llenado del grano, no lo protege de las aves y, aparentemente, no cumple una función útil. En su mayoría, los cultivares de arroz no tienen granos con aristas o sólo unos pocos muestran aristas pequeñas, de modo que este carácter rara vez constituye un problema en el mejoramiento (10). Se plantea que su presencia está condicionada por tres genes dominantes, donde los recesivos producen genotipos absolutamente míticos,

mientras que la interacción entre ellos determina un grado diferente de longitud y la presencia de arista, teniéndose en cuenta que la influencia de los factores climáticos regula la amplitud del fenómeno, tanto en longitud como en intensidad (1).

Con respecto a la excreción predominante de la panícula, ocho de las líneas presentaron panículas moderadamente emergidas, mientras que las siete restantes tuvieron un comportamiento similar a los testigos INCA LP-4 e INCA LP-5 con panículas bien emergidas. Las panículas deben emerger completamente de la vaina de la hoja bandera y se acepta que el carácter de panícula completamente emergida es dominante sobre el de la panícula parcialmente encerrada, aunque la temperatura del aire y, posiblemente, la sombra que recibe la planta modifican notablemente la expresión del carácter. En muchas líneas y cultivares, las panículas sobresalen completamente si el tiempo atmosférico es cálido después de su iniciación, pero si es un poco frío, la emergencia de las panículas es incompleta (10). Este se considera un carácter importante en la selección de cultivares, por lo que generalmente es tenido en cuenta en los trabajos de caracterización (7, 11).

En relación al desgrane, cuatro líneas clasificaron como de difícil desgrane con unos pocos granos desprendidos, mientras que ocho se comportaron como intermedias con porcentajes entre 25 y 50 y tres resultaron de fácil desgrane con porcentajes mayores de 50 %. Entre las líneas de fácil desgrane se encuentran G/S-L3 y G/S-L15, ambas comparten el progenitor *Oryza glaberrima* el cual pudiera contribuir a este carácter pues se plantea que el arroz nativo africano es fuerte y resistente pero poco productivo, entre otros motivos por la tendencia de las plantas a doblarse cuando las espigas maduran y sufrir un proceso de "desgranado" que las induce a perder el grano antes de la cosecha (9). Este carácter (desgrane) es de importancia económica y es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético, porque produce pérdidas de rendimiento de grano en el campo, además está influenciado por las condiciones ambientales. Se conoce que los cultivares del grupo Japónica y algunos del grupo Índica son muy resistentes al desgrane; el arroz "rojo", en cambio, es muy susceptible. La mayoría de los cultivares del grupo Índica tienen una resistencia intermedia entre esos dos extremos (10).

En siete líneas la senescencia resultó tardía, similar a los cultivares INCA LP-4 e INCA LP-5, el resto se comportó como intermedia, con excepción de G/S-L3, G/S-L9 y G/S-L15 que tuvieron una senescencia temprana. Se plantea que hay que tener en cuenta que la senescencia lenta es el resultado de un equilibrio entre la conservación del aparato fotosintético y la degradación de proteínas requeridas para el llenado del grano. Cuando no hay

nitrógeno (N) disponible, la planta necesita degradar las proteínas de las hojas; por consiguiente, para que haya senescencia lenta, es muy importante que la planta continúe absorbiendo N hasta la etapa final del llenado del grano. El sistema radical desempeña aquí un papel clave y frecuentemente esta característica se asocia con el rendimiento de los cultivares (12). En el Centro Internacional de Agricultura Tropical se han estado seleccionando líneas de arroz que presentan como características de las hojas una senescencia lenta y sanidad hasta el momento de la cosecha (10), también en otros estudios de caracterización se han identificado genotipos con senescencia lenta (12).

La mayoría de las líneas (66,7 %) fueron clasificadas como vigorosas y cinco como muy vigorosas, con similar comportamiento con los dos cultivares testigos. El vigor vegetativo inicial es una característica de la planta que le permite llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos en el terreno en que crece. El carácter es deseable si no conduce a un crecimiento excesivo de la planta y, por ende, al sombreado que se hacen mutuamente las hojas después de que empiezan a formarse las panículas (10).

El análisis de varianza realizado mostró diferencias significativas para todos los caracteres cuantitativos evaluados y se utilizó el Análisis de Componentes Principales para tratar de agrupar los individuos, atendiendo a la representación gráfica de éstos en el plano formado por los dos primeros componentes. Este análisis se combinó con análisis de Conglomerados, que se emplea con excelentes resultados en los programas de mejoramiento con el propósito de establecer grupos de individuos con características similares.

En la Tabla IV aparecen las correlaciones que se establecen entre las variables cuantitativas evaluadas.

Se puede apreciar que en este caso los caracteres ciclo, longitud y ancho de la hoja bandera no mostraron correlaciones con ningún otro carácter evaluado. Tampoco en una investigación donde se trabajó en la caracterización de líneas isogénicas resistentes a la Piriculariosis se detectaron correlaciones del ciclo, longitud y ancho de la hoja bandera con ningún otro carácter<sup>1</sup>.

La longitud de la panícula aparece correlacionada fuerte y positivamente con los caracteres altura y granos llenos por panícula, también otros autores constataron estas relaciones (17); mientras que se correlacionó fuerte pero inversamente con los granos vanos por panícula.

<sup>1</sup> Pérez, 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, Mayabeque, Cuba, 2012, p. 118.

**Tabla IV. Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables cuantitativas en líneas de arroz obtenidas por hibridaciones.**

	LH	AH	LP	GL	GV	A	NH	PM	C	RT
AH	0,096									
LP	-0,160	-0,214								
GL	-0,143	0,112	0,693**							
GV	0,433	-0,119	-0,583*	-0,780***						
A	-0,379	-0,011	0,542*	0,135	-0,355					
NH	0,451	0,192	-0,197	0,247	0,082	-0,576*				
PM	-0,122	0,231	0,476	0,638**	-0,761***	0,307	0,179			
C	-0,199	-0,166	0,178	0,118	0,036	0,337	-0,030	-0,082		
R	-0,004	0,075	0,570*	0,837***	-0,732***	0,142	0,380	0,815***	0,021	
MG	0,278	0,024	0,452	0,628**	-0,511*	-0,057	0,578*	0,658**	0,096	0,807***

\* La correlación es significativa al nivel 0,05; \*\* La correlación es significativa al nivel 0,01; \*\*\* La correlación es significativa al nivel 0,001.

Los granos llenos por panícula mostraron una correlación fuerte y directa con las panículas por metro cuadrado y la masa de 1000 granos, igualmente fuerte pero indirecta con los granos vanos. Resultados similares se han encontrado en diversos estudios<sup>E</sup> (13).

Asimismo, los granos vanos se correlacionaron de forma indirecta con panículas por metro cuadrado y la masa de 1000 granos. Las panículas por metro cuadrado también se correlacionaron fuerte y de forma directa con la masa de 1000 granos, el mismo resultado se obtuvo cuando se realizó la evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río<sup>E</sup>.

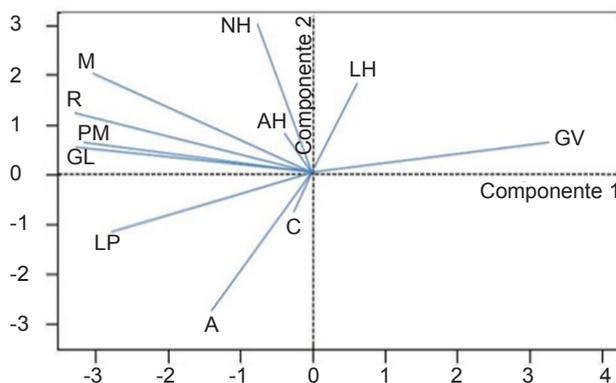
La altura se relacionó también inversamente con el número de hijos, mientras que este último lo hizo pero de forma positiva con la masa de 1000 granos.

Las correlaciones más altas las mostró el rendimiento con sus componentes, este se correlacionó fuerte y positivamente con la longitud de la panícula, los granos llenos por panícula y las panículas por metro cuadrado. También expresó una relación fuerte, pero inversa con los granos vanos por panícula. Se encontraron coincidencias en otros trabajos donde se analizó la correlación entre variables<sup>E, F</sup> (13, 14).

En investigaciones recientes se encontró correlación positiva y significativa entre el rendimiento y las panículas por metro cuadrado y el rendimiento y los granos llenos por panícula<sup>C</sup>. Estos componentes, por la influencia que ejercen sobre el rendimiento, son considerados por muchos autores como marcadores para la selección, en generaciones tempranas de cultivares de alto rendimiento (15).

Del Análisis de Componentes Principales, la Figura 1 muestra la ubicación de las variables originales sobre el plano conformado por los componentes 1 y 2. Las de menor contribución, por estar más cercanas del origen, resultaron ser la longitud y ancho de la hoja bandera, así como el ciclo. Este criterio, junto a los resultados expuestos en la matriz de correlaciones fenotípicas, donde estos caracteres no mostraron

correlaciones con el resto de los evaluados (Tabla IV), condujo a la decisión de no incluirlos en los Análisis de Componentes Principales y Conglomerados.



**Figura 1. Distribución de las variables cuantitativas sobre el plano conformado por los componentes 1 y 2 según el Análisis de Componentes Principales.**

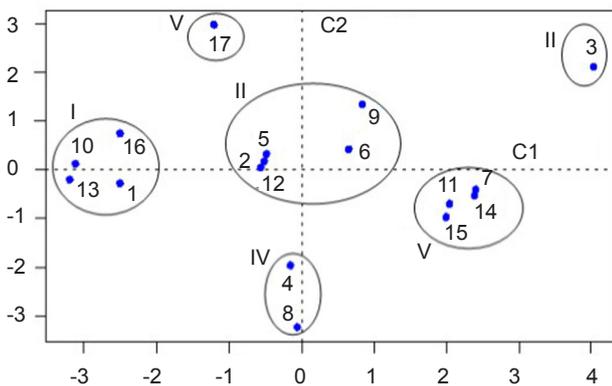
La elección de las variables es un aspecto importante a tener en cuenta. En tal sentido es conveniente puntualizar que resulta sumamente económico hacer un estudio previo de las variables, para eliminar del análisis a todas aquellas que no ofrecen diferencias entre los individuos, así como tampoco es conveniente considerar características que ofrezcan un comportamiento demasiado diferenciado; de esta forma, resulta prácticamente imposible poder establecer cualquier reagrupamiento<sup>J</sup>.

Las variables de mayor contribución, por estar más distantes del origen, resultaron ser: rendimiento, masa de 1000 granos, panículas por metro cuadrado, granos llenos y vanos por panículas, encontrándose coincidencias con un ensayo similar llevado a cabo

<sup>J</sup> Varela, M. *Análisis multivariado de datos, aplicación a las ciencias agrícolas*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba, 1998, p. 56.

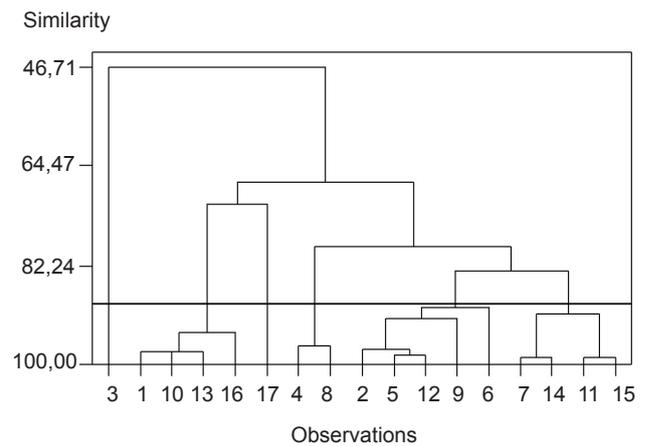
en Venezuela donde aparecen con mayor contribución las variables longitud de panícula, número de granos vanos por panícula, peso de 1 000 granos, número de granos por panícula y número de panículas por planta; además, se plantea que las características cuantitativas son las mejores para diferenciar materiales de arroz (6).

En la Figura 2 se muestra la representación gráfica de dichos componentes, los cuales explican 80,9 % de la variación total. El primer componente contribuyó con más del 55,9 % de la varianza total explicada y el segundo contribuyó con el 25,0 %. La posición que ocupan las 13 líneas evaluadas permitió la formación de seis grupos. Con el objetivo de lograr mayor precisión en la agrupación de los genotipos se realizó un Análisis de Conglomerados y se encontró coincidencia en la agrupación que se presenta en la Figura 2 y el resultado de este nuevo análisis. Las medias por variables y los genotipos pertenecientes a cada grupo se presentan en la Tabla V y el dendrograma correspondiente aparece en la Figura 3.



**Figura 2. Distribución de los genotipos para los componentes 1 y 2 según el Análisis de Componentes Principales.**

El grupo I ubicado en el extremo izquierdo de la componente 1 está caracterizado por poseer los individuos con mayores valores en cuanto a rendimiento, masa de 1000 granos, granos llenos por panícula, longitud de panículas y panículas por metro cuadrado, además tienen menor cantidad de granos vanos por panícula. Por su posición cercana al grupo I, el VI posee características similares a este y lo secundó en caracteres como rendimiento, masa de 1000 granos, granos llenos por panícula, panículas por metro cuadrado y granos vanos por panícula, además presenta el mayor número de hijos y menor altura y longitud de panículas.



**Figura 3. Dendrograma obtenido a través del Análisis de Conglomerados para agrupar los genotipos en clases.**

En los programas de mejora se ha considerado el número de hijos como elemento a tener en cuenta para el diseño de un tipo de planta muy productivo<sup>K</sup>. Se plantea que la producción de hijos está muy relacionada con el rendimiento. También la altura es un carácter importante y el predominio de genotipos semienanos ha sido informado en diversos estudios de caracterización (16).

Por el contrario, el grupo III quedó alejado del resto, mostrando los mayores valores para la variable granos vanos por panícula, así como la menor cantidad de granos llenos por panículas, panículas por metro cuadrado y el menor rendimiento. El grupo V se caracterizó por presentar la menor masa de 1000 granos. Los cultivares más altos y con menor cantidad de hijos son los del grupo IV, mientras que los genotipos del grupo II tuvieron un buen comportamiento, con los rendimientos más altos después de los grupos I y VI.

Los grupos formados se caracterizan por la variabilidad entre líneas que proceden de cruces diferentes, aunque en todos existe una tendencia general al agrupamiento de líneas que comparten un progenitor. Algunas líneas provenientes de cruces recíprocos se ubicaron en el mismo grupo (G/S-L2 y G/S-L5 en el II; G/S-L7 y G/S-L14 en el V), mientras que otras lo hicieron en grupos diferentes (G/S-L1 en I y G/S-L4 en IV; G/S-L3 en III y G/S-L15 en V). Asimismo, existe variabilidad entre las líneas que proceden del mismo cruce, algunas comparten más características con líneas de otros cruces y se sitúan en grupos diferentes (G/S-L8 en IV y G/S-L12 en II).

<sup>K</sup> Martínez, E.M.T. *Caracterización y optimización del ahijado del arroz en el Delta del Ebro* [Tesis de Doctorado], Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2010, p. 296.

**Tabla V. Medias de los caracteres cuantitativos y distribución de los genotipos por clases, según el Análisis de Conglomerados.**

GRUPOS	LP	GL	GV	A	NH	PM	RT	MG
I	28,72	102,07	9,58	85,80	9,02	446,00	8,12	31,96
II	26,54	90,26	13,40	80,72	9,04	393,20	6,42	29,44
III	23,60	72,30	21,80	68,80	9,20	272,00	4,92	28,19
IV	28,40	91,30	10,20	87,70	6,80	402,50	6,04	27,29
V	23,76	79,70	15,20	84,40	8,15	351,00	5,45	26,67
VI	22,50	101,03	9,66	68,51	10,00	445,00	7,92	30,12
GRUPOS	GENOTIPOS						EFECTIVOS	
I	G/S-L1, G/S-L10, G/S-L13, INCA LP-4						4	
II	G/S-L2, G/S-L5, G/S-L6, G/S-L9, G/S-L12						5	
III	G/S-L3						1	
IV	G/S-L4, G/S-L8						2	
V	G/S-L7, G/S-L11, G/S-L14, G/S-L15						4	
VI	INCA LP-5						1	

## CONCLUSIONES

De forma general, la evaluación permitió seleccionar líneas promisorias superiores a los testigos, lo cual confirma la efectividad del método de hibridación en la obtención de cultivares de arroz. Las variables rendimiento y sus componentes resultaron ser las de mayor contribución en la caracterización. Las mejores combinaciones híbridas resultaron ser INCA LP-5 / VN 2084, INCA LP-4 / VN 2084 y Bolito / INCA LP-4. Los caracteres cuantitativos clasificaron las líneas de arroz en seis grupos, compartiendo características similares las que integran los mismos. Las líneas G/S-L1, G/S-L10 y G/S-L13 que integran el grupo I tuvieron mejor comportamiento, combinando buen porte, panículas bien emergidas, senescencia de intermedia a tardía y los mayores rendimientos. Estas superan a los testigos utilizados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Franquet, B.J.M. y Borràs, P.C. *Economía del arroz: Variedades y mejora* [en línea], edit. Universidad Internacional de Cataluña y Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña, Cataluña, España, 2004, p. 441, ISBN 84-930364-1-2, [Consultado: 4 de abril de 2015], Disponible en: <[http://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=3qn\\_-1Js9\\_sC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Econom%C3%ADa+del+Arroz:+Variedades+y+mejora&ots=vKpJSZXB8L&sig=2VoEAhnMDnuOK8jdgVwNI-OYu0k&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Econom%C3%ADa%20del%20Arroz%3A%20Variedades%20y%20mejora&f=false](http://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=3qn_-1Js9_sC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Econom%C3%ADa+del+Arroz:+Variedades+y+mejora&ots=vKpJSZXB8L&sig=2VoEAhnMDnuOK8jdgVwNI-OYu0k&redir_esc=y#v=onepage&q=Econom%C3%ADa%20del%20Arroz%3A%20Variedades%20y%20mejora&f=false)>.
2. Martínez, C.P.; Borrero, J.; James, S.; Correa, F.; Sanabria, Y. y Duque, M. "Aprovechamiento de la variabilidad genética escondida en las especies silvestres de arroz", En: *Encuentro Internacional del Arroz*, La Habana, Cuba, 2008, pp. 102–103, ISBN 978-959-282-076-0.
3. Acevedo, M.; Torres, E.; Moreno, O.; Alvarez, R.; Torres, O.; Castrillo, W.; Torrealba, G.; Reyes, E.; Salazar, M. y Navas, M. "Base genética de los cultivares de arroz de riego liberados en Venezuela", *Agronomía Tropical*, vol. 57, no. 3, 2007, pp. 197–204, ISSN 0002-192X.
4. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
5. Fuentes, J.L.; Cornide, M.T.; Alvarez, A.; Suarez, E. y Borges, E. "Genetic diversity analysis of rice varieties (*Oryza sativa* L.) based on morphological, pedigree and DNA polymorphism data", *Plant Genetic Resources*, vol. 3, no. 03, diciembre de 2005, pp. 353–359, ISSN 1479-263X, DOI 10.1079/PGR200588.
6. Montoya, M.; Rodríguez, N.; Almeida, I.P.; Cova, J. y Alemán, L. "Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas", *Agronomía Tropical*, vol. 57, no. 4, 2007, pp. 299-311, ISSN 0002-192X.
7. Sarawgi, A.K.; Rao, L.S.; 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, p. 15, ISSN 2375-4338.
8. Parikh, M.; Motiramani, N.; Rastogi, N. y Sharma, B. "Agro-Morphological Characterization and Assessment of Variability in Aromatic Rice Germplasm", *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol. 37, no. 1, 11 de julio de 2012, ISSN 0258-7122, 0258-7122, DOI 10.3329/bjar.v37i1.11168, [Consultado: 4 de abril de 2015], Disponible en: <<http://www.banglajol.info/index.php/BJAR/article/view/11168>>.
9. Africa Rice Center, Cotonou, Benin *New breeding directions at AfricaRice: Beyond NERICA* [en línea], Cotonou, Benin, 2010, p. 24, ISBN 978-92-9113-339-0, [Consultado: 4 de abril de 2015], Disponible en: <[http://www.africaricecenter.org/publications/Beyond\\_NERICA.pdf](http://www.africaricecenter.org/publications/Beyond_NERICA.pdf)>.
10. Degiovanni, V.; Martínez, R., César. y Motta, F. *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina*, edit. CIAT, Colombia, 2010, p. 487, ISBN 978-958-694-102-0.

11. Moukoumbi, Y.D.; Sie, M.; Vodouhe, R.; N'dri, B.; Toulou, B.; Ogunbayo, S.A. y Ahanchede, A. "Assessing phenotypic diversity of interspecific rice varieties using agro-morphological characterization", *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, vol. 3, no. 5, 2011, pp. 74–86, ISSN 2006-9758.
12. García, A.; Dorado, M.; Pérez, I. y Montilla, E. "Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.)", *Interciencia*, vol. 35, no. 1, 2010, pp. 47-54, ISSN 0378-184.
13. Morejón, R. y Díaz, S.H. "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*, vol. 34, no. 3, septiembre de 2013, pp. 65-70, ISSN 0258-5936.
14. Castillo, A.; Rodríguez, S.; Castillo, A.M. y Peña, R. "Rendimiento y sus componentes en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) IICuba-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.
15. Wattoo, J.I.; Khan, A.S.; Ali, Z.; Babar, M.; Naeem, M.; Hussain, N. y others "Study of correlation among yield related traits and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.)", *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 46, 2010, pp. 7853–7856, ISSN 1684-5315, DOI 10.5897/AJB10.1273.
16. Olusola, B.A.A. "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.

Recibido: 13 de enero de 2014

Aceptado: 10 de diciembre de 2014

#### ¿Cómo citar?

Díaz Solís, Sandra H.; Morejón Rivera, Rogelio; Onicka Chisholm, Odania y Castro Álvarez, Rodolfo. Evaluación de nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridaciones dentro del Programa de Mejoramiento Genético del cultivo en Cuba. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 115-123. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <-----/>.