

# ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS Y DE RESPUESTAS A LA SELECCION EN LA POBLACION DE ARROZ IRRIGADO CNA 1<sup>1</sup>

Ramón Eduardo Servellón<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Estimación de parámetros genéticos y de respuestas a la selección en la población de arroz irrigado CNA 1.** Los experimentos fueron conducidos en el año agrícola 1993/94 bajo condiciones de secano favorecido, en el campo experimental de la hacienda Palmital de EMBRAPA-CNPAF, en Goianira, Brasil. En estos se evaluaron 97 familias  $S_2$ , originarias de la población CNA 1, como testigos los cultivares BR IRGA 409 y Javaé y la población CNA 1/0/1. El diseño experimental utilizado fue un látice triple 10x10 con un área útil por parcela de 0.60 m<sup>2</sup>. El objetivo fue evaluar el potencial de la población CNA 1 para fines de mejoramiento, a través de la estimación de sus parámetros genéticos y de las respuestas directa e indirectas a la selección, así como también por el índice clásico de Smith (1936) y Hazel (1943). Los caracteres evaluados fueron: producción de granos, pircularia en hoja, floración, altura de planta, número de espiguetas por panícula, porcentaje de granos llenos y peso de 100 semillas. Los resultados obtenidos indicaron al carácter porcentaje de granos llenos como el principal responsable por el rendimiento y a los caracteres producción, pircularia en hoja, altura de planta, número de espiguetas por panícula y porcentaje de granos llenos con una alta variabilidad genética dentro de la población, evidenciada por los altos estimativos de los coeficientes de variación genética. Las mayores respuestas a la selección fueron obtenidas en los caracteres producción y altura de planta, tanto para selección directa o empleándose el índice de selección. Entretanto, la selección por el índice clásico de Smith y Hazel mostró mayor eficiencia en relación a la selección directa.

## ABSTRACT

**An estimated of genetic parameters responses to selection in a population of irrigatec rice CNA 1.** The experiments took place in the harvest year of 1993/1994 under rainfed lowland conditions, at the Experimental Field in Hacienda Palmital of the EMPRAPA-CNPAF, in Goianira, Brasil. We evaluated 97 families  $S_2$  originally from the CNA 1 population, using as checks the cultivars BR IRGA 409 and JAVAÉ, and the population CNA 1/0/1. The experimental design utilized was a 10 x 10 lattice, with an utilization lot area of 0.60 m<sup>2</sup>. The objective was to evaluate the potentials of the CNA 1 population with the goal of improvement through the estimation of its genetic parameters and its direct and indirect responses to selection, as well as determining the classic Smith(1936) and Hazel (1943) indexes. The traits considered in the evaluation were the following: grain yield, leaf blast, date of flowering, plant height, spikelet number per panicle, percentage of filled grain and dry weight of 100 seeds. The results indicated the trait percentage of filled grains was the main priority for yield and the traits of production, leaf blast, plant height, spikelet number per panicle and percentage of filled grains showed a high genetic variability in the population, this was evident because of the high estimates for coefficients of genetic variability. The highest responses for selection were obtained in the traits of production and plant height, both by direct selection or by utilization of the selection index. However, selection as per the classic Smith/Hazel index showed more efficiency in relation to direct selection.

---

## INTRODUCCION

Con el desarrollo de las denominadas variedades modernas de arroz irrigado en la década de 1960 por el International Rice Research Institute (IRRI), las ganancias genéticas para productividad, en cada nuevo ciclo de selección, se están volviendo mas difíciles de

obtener. En el Brasil, en la decada de 1980, las ganancias genéticas para productividad en relación a los mejores testigos (BR IRGA 409 en Río Grande del Sur y CICA 8 en los demás estados), cuando son obtenidos, fueron de pequeña magnitud, a pesar de los innúmeros cruzamientos sometidos a selección (Rangel *et al.*, 1992).

<sup>1</sup> Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

<sup>2</sup> CENTA-MAG. El Salvador.

Los métodos convencionales de mejoramiento de autógamias, de una manera general, conducen a una reducción progresiva e intensa de las oportunidades de recombinación genética, teniendo como consecuencia una disminución de la variabilidad genética, limitando las ganancias adicionales por selección. Además de esto, se ha verificado, un estrechamiento excesivo de la base genética de las poblaciones utilizadas.

Una de las alternativas para superar las dificultades provenientes de la baja frecuencia de recombinación y del estrechamiento de la base genética en los programas convencionales de mejoramiento de arroz irrigado, se basa en la sintetización de poblaciones de amplia base genética y en su conducción por medio de selección recurrente. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial de la población CNA 1 para fines de mejoramiento, a través de la estimación de sus parámetros genéticos y fenotípicos y de las respuestas directa e indirectas a selección, así como de las respuestas a través de los índices clásicos de selección (Smith, 1936; Hazel, 1943).

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fue desarrollado en el campo experimental de la hacienda Palmital, base física de la EMBRAPA-CNPAF, en el municipio de Goiania, Goiás, Brasil, en el año agrícola 1993/94, bajo condiciones de secano favorecido.

Se utilizaron en el ensayo 97 familias  $S_2$  provenientes de la población CNA 1, y tres testigos (BR IRGA 409, Javaé y CNA 1/0/1). La población CNA 1 que

posee el gen de macho esterilidad, fue sintetizada a partir de 70 plantas macho fértiles precoces, cosechadas en la población CNA-IRAT 4/0/5. Semillas en cantidades iguales de cada planta fueron mezcladas constituyendo la población original. Posteriormente fue realizada la introgresión de tres nuevos genotipos en la población, siendo dos fuentes de precocidad (Javaé y CNA 6860) y una fuente de calidad de grano (Bluebelle). Esta nueva población fue recombinada originando la población CNA 1, cuya constitución es presentada en el Cuadro 1. La población fue sembrada y fueron cosechadas individualmente semillas de 97 plantas macho fértiles. Las 97 familias  $S_1$  fueron sembradas en parcelas de dos surcos de 5.00 m. En época de madurez, las semillas de cada familia fueron cosechadas en "bulk", originando las familias  $S_2$  utilizadas en el ensayo.

El diseño experimental utilizado fue látice triple 10x10. Cada parcela se constituyó de tres surcos de 4,00 m espaciados a 0,20 m con un área por parcela de 2,40 m<sup>2</sup>. El área útil de la parcela fue representada por el surco central, eliminando 0,50 m de cada extremo, teniéndose así, un área útil de 0,60 m<sup>2</sup>. La siembra fue realizada directamente al surco, en densidad de 100 semillas por metro lineal.

En cuanto a los caracteres evaluados, conforme metodologías propuestas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, fueron: incidencia de pircularia en hoja, floración media (50% de emisión de panículas), altura de planta, número de espiguetas por panícula, porcentaje de granos llenos por panícula, peso de 100 granos y producción de granos por parcela, siendo éste último, corregido al 13% de humedad.

**Cuadro 1.** Progenitores y participación relativa de las variedades/líneas componentes de la población CNA 1. Goianira, Goiás, Brasil. 1994.

Variedades/líneas	Progenitores	Participación relativa (%)
BG 90-2	IR 262/REMADJA	6,25
CNA 7	T 141/IR 665-1-1-75-3	6,25
CNA 3815	CICA 4/BG 90-2//SML 5617	6,25
CNA 3848	IR 26/CICA 7//5461	6,25
CNA 3887	BG 90-2/TETEP//4440	6,25
COLOMBIA 1	NAPAL/TAKAO IKU 18	6,25
ELONI	IR 454/SML KAPURI//SML 66410	6,25
NANICAO	CULTIVAR TRADICIONAL	6,25
UPR 103.80.1.2	IR 24/CAUVERY	6,25
IR 36 (ms ms)	MUTANTE DE IR 36	18,75
JAVAE	P 3085//IR 5853-118-5/IR 19743-25-2-2-3-1	8,33
CNA 6860	LEMONT/Q 65101//P 2015-F4-66-B-B	8,33
BLUEBELLE	CI 9214// CENTURY PATNA/CI-9122	8,33

Fueron realizados los análisis de variancia para todas las características de acuerdo con el delineamiento experimental de látice 10x10, conforme método presentado por Cochran y Cox (1980). El Cuadro 2 muestra el esquema de análisis de variancia, con las respectivas esperanzas de los cuadrados medios, en que las familias fueron consideradas factor aleatorio.

Fueron estimadas la variancia del error efectivo ( $\sigma^2_E$ ); Variancia genotípica entre medias de familias ( $\sigma^2_G$ ); Variancia fenotípica entre media de familias ( $\sigma^2_E$ ); Coeficiente de variación genético (CVG); Coeficiente de variación experimental (CVE); Índice de variación (b) y Heredabilidad en sentido amplio entre media de familias ( $h^2$ ) con base en el esquema presentado en el Cuadro 2.

Fueron determinadas las variancias asociadas a las estimativas de los parámetros variancia genética y heredabilidad, utilizando las expresiones propuestas por Vello y Vencovsky (1974).

Los productos medios entre cada par de caracteres fueron estimados a través de fórmulas propuestas por KEMPTHORNE (1967) y los coeficientes de correlación conforme Kempthorne (1973) y Mather (1965).

Se realizaron pruebas de significancia para las estimativas de coeficiente de correlación genética con modelos propuestos por Vencovsky y Barriga (1992) y para los coeficientes de correlación fenotípico y ambiental, conforme modelo presentado por Gomes (1977).

Las estimativas de las ganancias por selección directa e indirecta fueron obtenidas utilizando el programa estadístico-genético denominado GENES, desarrollado en la Universidad Federal de Viáosa, Brasil por Cosme D. Cruz.

Se empleó el índice clásico de Smith (1936) y Hazel (1943) considerando floración(FLO), altura de planta (ALT), número de espiguetas por panícula (NE/P), porcentaje de granos llenos(%GLL) y peso de 100 semillas(P100), como caracteres auxiliares, con coeficientes genéticos nulos. A los caracteres producción de granos (PROD) y pircularia en hoja (PH), fueron atribuidos coeficientes genéticos de 100 y -500, respectivamente, obtenidos experimentalmente conforme Morais (1992).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las estimativas de las variancias genotípicas y ambientales, de los coeficientes de variación genética, de las heredabilidades y de los índices de variación referentes a los siete caracteres evaluados, son presentados en el Cuadro 3.

Las estimativas de las variancias genotípicas mostradas por los caracteres PH, ALT, PROD, NE/P y % GLL, fueron de 0,424; 267,2262; 951454,7500; 169,1579 y 39,3951 respectivamente, todos ellos con pequeños errores asociados a las estimativas, indicando la presencia de variabilidad, favoreciendo la selección. La variancia genotípica para P100 fue la de menor magnitud (0,01), en relación a los demás caracteres con elevado error (60%) asociado, indicando una baja precisión a esta estimativa. Según Vello y Vencovsky (1974), esto puede llevar a la obtención de parámetros genéticos no totalmente representativos, tornando relativamente dudosa las predicciones de éxito esperado en la selección. Las estimativas obtenidas para los CVG's de los caracteres PH, ALT, PROD, NE/P y %GLL, presentaron valores que variaron de 9,33 a 20,50%. Los caracteres FLO y P100, presentaron estimativas de 4,07 y 4,21%, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Esquema de análisis de variación con las medias de los tratamientos ajustados y las respectivas esperanzas de los cuadrados medios. Población de arroz CNA1. Goías, Brasil. 1994.

F.V.	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Repeticiones	r-1=2	—	—
Bloques/repeticiones	r(k-1)=27	—	—
Tratamientos (ajustados)	k <sup>2</sup> -1=99	—	—
Testigos (T)	t-1=2	—	—
Familias (F)	f-1=96	Q <sub>1</sub>	$\sigma^2_E + r \sigma^2_G$
Grupos	1	—	—
Error efectivo	(k-1)(rk-k-1)=171	Q <sub>2</sub>	$\sigma^2_E$

**Cuadro 3.** Estimativas de las variancias genotípicas ( $\sigma^2_G$ ) y ambientales ( $\sigma^2_E$ ) coeficientes de variación genética ( $CV_G$ ), índice de variación (b) y heredabilidad ( $h^2_x$ ) referente a las siete características evaluadas. Población de arroz CNA1. Goianira, Goías, Brasil. 1994.

Caracter	Parámetros				
	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_E$	$CV_G$ (%)	b	$h^2_x$ (%)
PROD	951454.750( $\pm 1.58 \times 10^5$ )	494053,094	20,50	1,39	85,24( $\pm 2.61$ )
PH	0.042( $\pm 0.012$ )	0,121	11,71	0,59	51,23( $\pm 8.60$ )
FLO	14.344( $\pm 3.376$ )	26,121	4,07	0,74	62,22( $\pm 6.68$ )
ALT	267.226( $\pm 39.368$ )	37,125	13,20	2,68	95,57( $\pm 0.78$ )
NE/P	169.158( $\pm 51.688$ )	520,272	11,09	0,57	49,37( $\pm 8.96$ )
%GLL	39.295( $\pm 11.396$ )	110,052	9,33	0,59	51,71( $\pm 8.55$ )
P100	0.011( $\pm 0.006$ )	0,073	4,21	0,39	31,35( $\pm 14.67$ )

Este coeficiente de variación genético indica la cantidad de variabilidad genética entre familias en relación a las medias poblacionales respectivas. En maíz para las condiciones brasileñas, algunos autores consideran valores para este coeficiente arriba de 7%, como indicador de buen potencial genético de las poblaciones en las cuales fueron obtenidas (Lima *et al*, 1974 y Santos y Naspolinifilho, 1986). Puede inferir, por tanto, que en función de los elevados CVG's la población evaluada presenta alta variabilidad genética, para las características PROD, PH, ALT, NE/P y %GLL, y posibilidades de obtenerse ganancias expresivas por selección. Las bajas estimativas de CVG presentados por los caracteres FLO y P100, son originados de los bajos valores de variancia genética obtenidos para ambos caracteres en la población, en relación a las estimativas de sus medias.

Los valores obtenidos referente al índice de variación (b), oscilaron de 0,39 a 2,68. Según VENCOSKY (1987), el índice de variación cuantifica la proporción de variabilidad genética en relación a la variabilidad ambiental, y que en experimentación con progenies de maíz, cuando b vale uno o mas, se tiene una situación muy favorable a la selección. En la población evaluada, mayores respuestas a la selección podrán ser obtenidas para las características ALT y PROD, que presentaron estimativas de 2,68 y 1,39, respectivamente.

La principal función de la heredabilidad, según Falconer (1987) es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como estimador del valor genético, de tal forma que cuanto mayor es la heredabilidad, mayor la ganancia genética por selección. En el presente trabajo, las familias fueron evaluadas en un solo local y en un solo año. Esto puede

llevar a la superestimación de la heredabilidad, ya que según ALLARD (1971), solamente la suma  $\sigma^2_G + \sigma^2_{GL} + \sigma^2_{GA} + \sigma^2_{GLA}$  puede ser estimada como siendo la variancia genotípica, o sea la  $\Sigma^2G$  es inflacionada por las variancias de las interacciones familias x locales, familias x años y familias x locales x años.

Para los caracteres ALT y PROD, que presentaron las mayores estimativas de heredabilidad (95,57 y 85,24%, respectivamente) la media de la población seleccionada predice, con menores errores, la media de la población mejorada.

El caracter P100 presentó la menor estimativa de heredabilidad (31,35%) con elevado error (47%) asociado (Cuadro 3), evidenciando una baja precisión para este parámetro genético. Esto nos lleva a concluir que en el trabajo en pauta, las inferencias genéticas al respecto del caracter P100, deben ser vistas con cautela.

Morais (1992), encontró una correlación de 0,86 (con 18 grados de libertad) entre las estimativas del índice de variación y de la heredabilidad, evidenciando según el autor, la redundancia de esos dos parámetros, que se puede tornar todavía mayor, si se considera la heredabilidad en el sentido amplio. Tales afirmativas fueron también observadas en el presente estudio para las características ALT y PROD, que presentaron mayores heredabilidades y mayores índices de variación.

Las estimativas de los tres parámetros, coeficiente de variación genética, índice de variación y heredabilidad, presentados en el Cuadro 3, evidencian que en la población evaluada, mayores respuestas a selección deben ser obtenidas para las características PROD y ALT.

Las estimativas de los coeficientes de correlación genotípica, fenotípica y ambiental, son presentadas en Cuadro 4.

De manera general, las correlaciones genotípicas y fenotípicas fueron superiores a las ambientales en la mayoría de los pares de caracteres evaluados, resultados semejantes fueron obtenidos por SOARES (1987), SOUSA (1983), RANGEL (1979) y SOUSA (1988). Tales resultados indican que el ambiente no influyó decisivamente en la expresión de esos caracteres. Además de las diferencias en magnitud de las correlaciones genotípicas y ambientales, ellas también presentaron con alguna frecuencia diferencia en señales entre ellas. Esas diferencias en señales, sugieren según Falconer (1987), que las causas de variación genética y de ambiente influyen a los caracteres por medio de mecanismos fisiológicos diferentes.

Porcentaje de granos llenos presentó correlación genotípica positiva y de alta magnitud con producción. Considerando que el conocimiento de la magnitud y de la dirección de las correlaciones genotípicas entre caracteres, es de fundamental importancia para el mejorador formular estrategias de selección simultánea en varios caracteres, podríamos indicar a %GLL, como el

principal responsable la producción y prioritario en un programa de mejoramiento genético, objetivando obtener genotipos mas productivos. Resultados semejantes fueron obtenidos por Sousa (1983), Soares (1987), Morais (1980) y Rangel (1979).

Los caracteres FLO y ALT presentaron coeficientes de correlación genotípica y fenotípica negativas con la producción. Tales resultados indican que en la población evaluada es posible obtener genotipos productivos, precoces y de porte bajo. Estas afirmativas son fortalecidas por las correlaciones negativas entre el componente primario de producción, porcentaje de granos llenos, con floración y altura de planta, (Cuadro 4).

En la selección directa, se considera la selección de apenas una característica principal durante un determinado número de generaciones. Esta característica frecuentemente es la producción de granos, siendo, fundamental en ese tipo de selección, el conocimiento de la magnitud de las respuestas correlacionadas esperadas en otras características, determinar la importancia práctica de la selección directa a favor de aquella característica principal. Las estimativas de las respuestas directas a selección para cada una de las

**Cuadro 4.** Estimativa de los coeficientes de correlación genotípica ( $r_G$ ), ambiental ( $r_E$ ) y fenotípica ( $r_F$ ) para siete características evaluadas en la población de arroz CNA 1. Goiás, Brasil. 1994.

Caracter		PH	FLO	ALT	NE/P	%GLL	P100
PROD	$r_G$	-0.18	-0,35 <sup>2</sup>	-0,37 <sup>2</sup>	0,05	0,67 <sup>2</sup>	0,49 <sup>2</sup>
	$r_E$	0,23 <sup>2</sup>	-0,13	-0,00	0,16 <sup>2</sup>	0,05	0,07
	$r_F$	-0,05	-0,29 <sup>2</sup>	-0,33 <sup>2</sup>	0,01	0,46 <sup>2</sup>	0,27 <sup>2</sup>
PH	$r_G$		0,12	-0,07	-0,01	-0,11	0,49
	$r_E$		-0,06	-0,26 <sup>2</sup>	-0,09	0,13	-0,04
	$r_F$	0,04	-0,09	-0,05	0,01	0,17	
FLO	$r_G$	0,27 <sup>1</sup>	0,40 <sup>1</sup>	-0,16	-0,39 <sup>2</sup>		
	$r_E$			0,27 <sup>2</sup>	-0,20 <sup>2</sup>	-0,18 <sup>2</sup>	-0,06
	$r_F$		0,25 <sup>1</sup>	0,14	-0,17	-0,21 <sup>1</sup>	
ALT	$r_G$				0,45 <sup>2</sup>	-0,37 <sup>2</sup>	-0,42 <sup>1</sup>
	$r_E$				-0,11	-0,07	-0,02
	$r_F$				0,30 <sup>2</sup>	-0,27 <sup>2</sup>	-0,23 <sup>2</sup>
NE/P	$r_G$					-0,42 <sup>1</sup>	-0,23
	$r_E$					-0,14	-0,16 <sup>1</sup>
	$r_F$					-0,28 <sup>2</sup>	-0,18
%GLL	$r_G$						0,30
	$r_E$						0,34 <sup>2</sup>
	$r_F$						0,31**

<sup>1</sup> Significativo al 5% de probabilidad, por la prueba de t.

<sup>2</sup> Significativo al 1% de probabilidad, por la prueba de t.

características y las respuestas esperadas en las demás, utilizándose una intensidad de selección del 25%, son presentadas en Cuadro 5. Al efectuarse selección directa en la producción de granos, se obtuvieron ganancias expresivas de 23,98%, pero en consecuencia, las ganancias para resistencia a piricularia en hoja fueron indeseables (0,45%).

De manera general, al practicarse selección directa en los caracteres PH, FLO, ALT, NE/P, %GLL e P100, se obtuvieron respuestas indirectas en la producción de granos de magnitud muy inferior al realizarse selección directa en este carácter (Cuadro 5).

Uno de los puntos negativos de la selección directa se refiere a la obtención frecuente de respuestas indirectas indeseables en algunas características importantes. Para minimizar esas consecuencias negativas, se ha sugerido alternar las características consideradas principales y objeto de selección directa durante los sucesivos ciclos de selección (Turner y Young, citados por Morais, 1992). En el caso del presente trabajo, se podría seleccionar para porcentaje de granos llenos por un o algunos ciclos, consiguiendo ganancias indirectas para resistencia a la piricularia en hoja, menores ciclos y altura de planta y mayor rendimiento, conseguidos por un período de selección directa para productividad. Durante la fase inicial de selección directa para porcentaje de granos llenos, se deberán asegurar tamaños efectivos convenientes para las poblaciones seleccionadas, con el objetivo de evitar pérdidas de genes favorables en las otras características.

Cabe resaltar que las respuestas esperadas por selección están superestimadas, debido al hecho de que en sus estimativas se utilizaron las heredabilidades en el sentido amplio, que se encuentran inflacionadas principalmente por las interacciones genotipos x ambientes.

En la selección directa la mayoría de las características estuvieron por lo menos parcialmente correlacionadas entre sí, al seleccionarse directamente para una dada característica. Esto indica cambios no deseables pueden ocurrir en otras características, en mayor o menor magnitud. Naturalmente, es deseable, en cualquier programa de selección, conseguir respuestas favorables en todas las características útiles (Morais, 1992).

En el Cuadro 6 son presentadas las ganancias obtenidas, por selección directa en la producción y basadas en el índice clásico.

Al establecerse el índice de selección, las características FLO, ALT, NE/P, %GLL y P100 fueron consideradas como características auxiliares, con coeficientes genéticos iguales a cero. Participan del índice apenas para auxiliar en la selección para la producción de granos y piricularia en hoja, que presentan repuestas a la selección en sentido indeseado, al seleccionarse directamente para productividad (Cuadro 5). A estas dos características fueron atribuidos coeficiente genéticos de 100 y -500, respectivamente.

Analizando el Cuadro 6, se verifica que las ganancias para producción fueron semejantes en los dos métodos. Entretanto, en la selección basada en el índice se obtuvo respuesta para piricularia en hoja de -0,36%, evidenciando la posibilidad de aumentar simultáneamente la productividad y la resistencia a esta enfermedad, en la población mejorada.

La media de los individuos seleccionados para el carácter FLO, de 91,44 días, se aproxima bastante de la floración media que se busca en la población mejorada, que es de 90 días. Considerándose la respuesta esperada de -1,04%, con dos ciclos de selección la población llegará a la floración media deseada.

**Cuadro 5.** Estimativas de las respuestas a la selección directa e indirecta expresadas en porcentaje de las medias, referentes a las siete características evaluadas en la población de arroz CNA 1. Goias, Brasil. 1994.

Selección directa en	Media de las familias	Respuesta a la selección (%)						
		PROD	PH	FLO	ALT	NE/P	%GLL	P100
PROD (Kg/ha)	4755,95	23,98	0,45	-1,15	-5,01	0,77	3,03	0,89
PH (1-9)	1,76	-1,18	-9,85	-0,47	0,25	-0,55	-0,04	-0,92
FLO (días)	92,99	6,94	0,38	-3,52	-1,79	-1,86	1,37	0,58
ALT (cm)	123,76	5,83	2,66	-1,18	-18,16	-2,83	2,23	1,03
NE/P (nß)	117,20	-1,07	-3,28	0,41	5,35	10,07	-2,79	-0,84
%GLL	67,16	11,28	-0,91	-1,21	-5,55	-2,09	7,92	1,07
P100 (gr)	2,50	8,25	0,25	-0,58	-1,87	-2,08	3,57	2,98

**Cuadro 6.** Estimativas de la media original, media de los individuos seleccionados (M.S.I.), vector de coeficientes genéticos utilizados (a), vector de pesos fenotípicos estimados (b), respuesta esperada en cada característica con la selección basada en el índice (RS<sub>x</sub>), y respuesta esperada con la selección directa (RS), empleándose una intensidad de selección del 25%, en la población de arroz CNA 1.

Caracter	Media original	M.S.I.	a	b	RS <sub>x</sub>	RS (%)
PROD (kg/ha)	4755,95	6086,13	100	80,18	23,84	23,98
PH (1-9)	1,76	1,75	-500	-30289,72	-0,36	0,45
FLO (días)	92,99	91,44	0	108,87	-1,04	-1,15
ALT (cm)	123,76	116,88	0	-326,32	-5,32	-5,01
NE/P (nB)	117,20	119,59	0	-65,74	1,00	0,77
%GLL	67,16	72,39	0	697,78	4,03	3,03
P100 (g)	2,50	2,59	0	8966,28	1,13	0,89

En el caso de ALT, considerándose la ganancia esperada de -5,32 cm (Cuadro 6) necesitaríamos de cuatro ciclos de selección para obtener una población mejorada con altura media de 90 a 100 cm, sin alterar la respuesta a selección para el caracter PROD.

Además de esto, la ganancia de selección para %GLL paso de 3,03% en la selección directa para 4,03% cuando se utilizó el índice (Cuadro 6). En la población evaluada, esta característica es el componente de rendimiento de mayor importancia en la determinación de la productividad. Esto es evidenciado por la alta correlación genotípica observada (Cuadro 4).

Morais (1992), evaluando la población de arroz irrigado CNA-IRAT 4/0/3, detectó ventajas comparativas del índice de selección sobre la selección en tandem. El autor verificó que fue posible obtener respuesta esperada a la producción de granos similar a la obtenida por la selección directa, pero reduciendo, por otro lado, el porte de las plantas en la población mejorada en relación al porte de la población original, a pesar de que la correlación entre estas dos características era positiva.

## CONCLUSIONES

Para las condiciones en que fue realizado este trabajo se puede concluir:

1. De las 97 familias S2:0 evaluadas, siete superaron en producción de granos a los testigos Javaé y once superaron a BR IRGA 409, destacándose la familia CNA 1/0/1S2058.

2. Las características de producción, piricularia en hoja, altura de planta, número de espiguetas por panícula y porcentaje de granos llenos, mostraron alta variabilidad genética, evidenciado por las estimativas de los coeficientes de variación genética.
3. Porcentaje de granos llenos, presentó correlación genotípica positiva de alta magnitud con producción de granos, siendo el principal responsable por el rendimiento y considerado prioritario en un programa de mejoramiento genético, visualizando obtener genotipos más productivos.
4. Los caracteres floración y altura de planta presentaron coeficientes de correlación genotípicos y fenotípicos negativos con la producción de granos, indicando la posibilidad de obtener genotipos productivos, precoces y de porte bajo.
5. Las mayores ganancias esperadas con selección fueron obtenidos para las características producción de granos y altura de planta.
6. La selección directa en la producción de granos conllevará a ganancias expresivas en este caracter (del orden del 24%), pero asociado a la reducción de la resistencia a piricularia en hoja.
7. La selección directa en las características PH, FLO, ALT, NE/P, %GLL y P100 llevaran a obtener respuestas en la producción de granos de magnitud inferior a la de la selección directa en este caracter.
8. Las ganancias esperadas por selección directa o basadas en el índice de selección fueron de magnitud

tud semejante para producción de granos. Entre tanto, con selección basada en el índice se espera una respuesta favorable para resistencia a la piricularia en hoja; al contrario de la selección para producción de granos solamente, evidenciando esto la posibilidad de mejorarse simultaneamente tanto la productividad como la resistencia a la piricularia.

## LITERATURA CITADA

- ALLARD, M. W.; GRAFIUS, J. E. 1971. Yield component compensation alternative interpretations. *Crop Science*, Madison, v.11, n.1, p.33-35.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1975. Sistema evaluación estandar para arroz. Cali. 62p.
- COCHRAN, W.G.; COX, G. M. 1980. Diseños experimentales. Mexico: Trillas. 661p.
- FALCONER, D.S. 1987. Introdução à genética quantitativa. Viçosa: UFV. 279p.
- GOMES, F.P. 1997. Iniciação à estatística experimental. 7º ed. Sao Paulo: Nobel. 211p.
- HAZEL, L.N. 1943. The genetic basic for constructing selection indexes. *Genetics*, Bethesda, v.33, p.476-490.
- KEMPTHORNE, O. 1967. An introduction to genetic statistics. New York, J. Willey. 545p.
- KEMPTHORNE, O. 1973. An introduction to genetic statistics. Ames: University Press. 454p.
- LIMA, M.; PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. 1974. Avaliação de progênies de meios irmãos no segundo ciclo de seleção em dois compostos de milho. Piracicaba: ESALQ. p.78-85. (Relatório Científico do departamento de genética, 8).
- MATHER, W.B. 1965. Principles of quantitative genetics. U.S.A. Burgess. 152p.
- MORAIS, O.P. 1992. Análise multivariada da divergência genética dos progenitores, índices de seleção e combinada numa população de arroz oriunda de inter cruzamentos, usando macho-esterilidade. Viçosa: UFV. P.37-48. Tese de doutorado.
- MORAIS, O.P. 1980. Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.). Viçosa: UFV. 70p. Tese de mestrado.
- RANGEL, P.H.N. 1979. Correlações fenotípicas de ambiente de coeficientes de trilha, em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) Viçosa: UFV. 44p. Tese de mestrado.
- RANGEL, P.H.N.; ZIMMERMANN, F.J.P.; NEVES, P. 1992. El CNPAF investiga: decrece en Brasil el rendimiento de arroz de riego?. *Arroz en las Américas*, Cali, v.13, n.1, p.2-4.
- SANTOS, M.S.; NASPOLINI FILHO, V. 1986. Estimativas de parâmetros genéticos em três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays* L.) dentado composto nordeste. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.19, n.2, p.307-319.
- SMITH, H.F. 1936. A discriminant function for plant selection. *ANN EUGENICS*. v.7. p.240-250.
- SOARES, P.C. 1987. Correlações, coeficientes de trilha e respostas indiretas à seleção em genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivados em condições de irrigação por inundação contínua e em várzea úmida. Viçosa: UFV. 72p. Tese Mestrado.
- SOUSA, N.R. 1988. Divergência genética e correlações em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em diferentes níveis de competição com plantas daninhas. Viçosa: UFV. 83p. Tese Mestrado.
- VELLO, N.A.; VENCOVSKY, R. 1974. Variâncias associadas às estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. Piracicaba: ESALQ. 238-248p.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. 1987. (Eds) Melhoramento e produção de milho. Campinas: Fundação Cargill. v.1, p.135-214.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. SBG, Ribeirão Preto: 486p.