

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE ARROZ DE DIFERENTE PROCEDENCIA EN LA LOCALIDAD DE LOS PALACIOS

Sandra H. Díaz[✉] y R. Morejón

ABSTRACT. The agronomic behavior of 30 rice varieties was studied in Los Palacios location, which were seeded according to a randomized complete design with four replications. Agronomic and morphological characters were evaluated in this study. The data were subjected to Main Component, Cluster and Discriminant Analyses. Results showed the existence of strong correlations between full grains per panicle and 1000-grain weight with yield. The varieties were grouped in seven classes, to highlight INCA LP-2 variety from VII class for its yield followed by II class varieties. The correct classification of varieties was confirmed.

Key words: rice, *Oryza sativa*, varieties, plant breeding, classification, statistical analysis

RESUMEN. Se estudió el comportamiento agronómico de 30 variedades de arroz en la zona de Los Palacios, las que fueron sembradas de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado con cuatro réplicas y se evaluaron caracteres morfológicos y agronómicos. Los datos obtenidos se sometieron a Análisis de Componentes Principales, Conglomerados y Discriminante. Los resultados mostraron la existencia de correlaciones fuertes entre el rendimiento y los granos llenos por panícula y el peso de 1000 granos. Las variedades fueron agrupadas en siete clases, destacándose en cuanto al rendimiento agrícola la variedad INCA LP-2 de la clase VII, seguida de las que integraron la clase II. Se corroboró además la correcta clasificación de los genotipos estudiados.

Palabras clave: arroz, *Oryza sativa*, variedades, fitomejoramiento, clasificación, análisis estadístico

INTRODUCCIÓN

Los procesos naturales de evolución han causado en la planta de arroz 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. Por otra parte, se sabe que la extensión de este cultivo es un fenómeno sin interrupción, constituyendo la base alimenticia de los continentes de mayor población del mundo como Asia, África y América (1).

El aumento de la producción arroceras y sus rendimientos, la reducción de los costos y la satisfacción de las demandas de consumo son objetivos comunes de productores e investigadores en la actualidad. Cuba está inmersa en un proceso de recuperación de esta gramínea desde 1996 y debe todavía afrontar grandes retos en este sentido, particularmente en el terreno de los rendimientos. La producción arroceras nacional todavía dista de satisfacer la demanda interna, por lo que más

del 50 % de este producto para el consumo de la población es importado (2).

Por todo lo antes expuesto unido a la necesidad de contar con variedades de arroz de altos rendimientos, que se adapten a las condiciones agroclimáticas de la región, se realizó esta investigación, con la finalidad de estudiar el comportamiento agronómico de 30 variedades de arroz en la zona de Los Palacios, provincia de Pinar del Río.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en condiciones de aniego sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso (3), en el cual se sembraron 30 variedades de arroz de diferente procedencia (Tabla I).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro réplicas y las variedades fueron sembradas a chorrillo en parcelas de 4 m², realizándose las atenciones culturales de fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios según lo estipulado en el Instructivo técnico del cultivo del arroz (4).

Ms.C. Sandra H. Díaz y Ms.C. R. Morejón, Investigadores 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.

✉ palacios@inca.edu.cu

Tabla I. Variedades estudiadas, progenitores y procedencia

No.	Nombre del genotipo	Origen	Procedencia
1	Naylamp	IR-8/IR12-178-2-3	Perú
2	Perla de Cuba	IR 1529-430/VNIIR 3223	Cuba
3	INCA LP 1	J-104/Amistad 82	Cuba
4	Ceysvoni	SML 997/AWAI	Surinam
5	Century Patna	Tejas Patna/Rexoro/IR Blurssa	USA
6	Lemont	Desconocido	Desconocida
7	J-104	IR 880-5-2/IR 930-16-1	Perú
8	IR 36	IR 1561-228//4 ⁺ IR 24/O. Niv.///CR 94-13	Filipinas
9	IR 20	(Peta ³ /TN-1) / TKM 6	Filipinas
10	IR 46	IR 1814 // IR1366-120-3-1/IR1539-37-3-1	Filipinas
11	IR 1529-430	Sigadis 2/ TN-1/IR 24	Filipinas
12	IR 42	IR1561-228// 4 ⁺ IR 24/O. Niv.///CR 94-13	Filipinas
13	Pokkali	Desconocido	Sri Lanka
14	Tetep	Desconocido	Desconocida
15	Enano	Desconocido	Desconocida
16	IR 759-54-2-2	IR-8/ (Peta/3 x Dawn)	Filipinas
17	IR 837	IR 262-43-8-11/ Niaw San Pahtawng	Filipinas
18	CICA-8	Cica 4/ F1 IR 665/ Tetep	Colombia
19	INCA LP 2	IR 759-54-2-2/ 6066	Cuba
20	INCA LP 3	Cica 8/CP 1- C8	Cuba
21	INCA LP 4	6066/IR 759-54-2-2	Cuba
22	INCA LP 5	2077/ CP 1- C8	Cuba
23	INCA LP 6	2077/ CP 1- C8	Cuba
24	INCA LP 7	Somaclón de Amistad 82	Cuba
25	INCA LP 8	Somaclón de Amistad 82	Cuba
26	INCA LP 9	Somaclón de Amistad 82	Cuba
27	IR 880	Desconocido	Filipinas
28	Oryzica-1	P1223 / P1225	Colombia
29	2084 Vietnamita	Selección en línea vietnamita	Cuba
30	Newbomnet	Desconocido	U. S. A.

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

- X1. ciclo del cultivo (50 % de floración)
- X2. altura final de las plantas (cm)
- X3. longitud de la hoja (cm)
- X4. ancho de la hoja (cm)
- X5. longitud de la panícula (cm)
- X6. número de panículas por metro cuadrado
- X7. número de granos llenos por panícula
- X8. número de granos vanos por panícula
- X9. peso de 1000 granos (g)
- X10. rendimiento agrícola (t.ha⁻¹)
- X11. longitud del grano (mm)
- X12. ancho del grano (mm).

Metodologías empleadas para realizar las evaluaciones:

- ★ Sistema de Evaluación Estándar para Arroz (5).
- ★ Formulario de Descripción Varietal para Arroz (6).

Tabla II. Matriz de correlaciones fenotípicas

	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8	X 9	X 10	X 11
X 2	0.546										
X 3	0.377	0.675									
X 4	0.013	-0.295	0.036								
X 5	0.210	0.595	0.597	-0.091							
X 6	-0.264	-0.273	-0.298	0.142	-0.427						
X 7	0.204	0.484	0.272	-0.264	0.628	-0.451					
X 8	-0.187	-0.076	0.164	-0.056	-0.038	0.061	-0.198				
X 9	0.116	0.150	0.207	-0.283	0.600	-0.319	0.447	0.195			
X 10	0.087	0.366	0.364	-0.231	0.758	-0.255	0.712	-0.094	0.713		
X 11	-0.111	0.190	0.210	-0.155	0.675	-0.309	0.441	0.138	0.717	0.736	
X 12	0.500	0.196	0.127	0.038	-0.004	0.257	0.072	0.026	0.167	0.022	-0.271

El rendimiento agrícola y sus componentes fueron evaluados con la ayuda del sistema tradicional empleado en el cultivo del arroz (7, 8); para ello las panículas por metro cuadrado se muestrearon una vez por parcela en un área de 0.1 m² y los granos llenos y vanos por panícula junto al peso de 1000 granos se determinaron en 20 panículas centrales tomadas al azar, asimismo el rendimiento agrícola fue calculado en un área de 1 m².

La matriz de datos obtenidas (genotipos x variables) fue procesada mediante las Técnicas Multivariadas de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados; además, con las clases resultantes de este último se realizó un Análisis Discriminante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La asociación de los caracteres evaluados se presenta en la Tabla II. Se evidencian correlaciones significativas a partir de 0.4638 (0.05 %) y como puede apreciarse un gran número de variables aparecen correlacionadas entre sí; no obstante, es necesario destacar las que se establecen entre el rendimiento y sus componentes por la importancia que estas revisten. En este caso el rendimiento aparece correlacionado fuerte y positivamente con los granos llenos por panícula, coincidiendo estos resultados con los obtenidos por diversos autores en investigaciones de este tipo (7, 8). En este sentido, se señala que el rendimiento del arroz se establece en función de sus componentes: número de panículas, número de espiguillas por panícula, porcentaje de espiguillas llenas y peso de los 1000 granos; sin embargo, en algunos casos y en ciertas condiciones climáticas, el porcentaje de llenado de las espiguillas puede ser más limitante para el rendimiento que el número de espiguillas. Por ello para cada situación dada, deben examinarse las causas de la variación del rendimiento en sus componentes (9).

De igual forma se encuentra correlacionado con el rendimiento el peso de 1000 granos; se plantea que éste es un carácter muy estable en buenas condiciones de cultivo y depende fundamentalmente de la variedad (9). Resultados similares han sido informados por otros autores en este cultivo utilizando el mismo análisis (8, 10).

Además, es importante resaltar las correlaciones positivas que se establecen entre la altura y los caracteres longitud de la panícula y ciclo, que al decir de otros autores se presentan por lo general en las variedades de porte alto y en las semienanas (11). Asimismo, se presentan correlaciones muy fuertes y positivas entre el rendimiento y los caracteres longitud de la panícula y del grano.

La diversidad de opiniones en cuanto a las correlaciones que se establecen entre el rendimiento y sus componentes, unido a las evidencias de que las evaluaciones se han realizado en diferentes condiciones, induce a pensar que esto puede deberse al empleo de diferente composición varietal y a los efectos del ambiente (12).

Teniendo en cuenta el Análisis de Componentes Principales, la Tabla III muestra los valores propios, porcentajes de contribución de las componentes 1 y 2, así como su acumulado.

Tabla III. Valores propios, porcentaje de contribución y acumulado de las componentes 1 y 2

	C1	C2
Valores Propios	4.4868	2.0118
% de Contribución	0.374	0.168
% Acumulado	37.4	54.2
X1	0.161	0.556
X2	0.313	0.377
X3	0.283	0.288
X4	-0.141	0.097
X5	0.425	-0.022
X6	-0.255	0.027
X7	0.366	-0.001
X8	-0.008	-0.154
X9	0.344	-0.217
X10	0.404	-0.168
X11	0.339	-0.387
X12	0.030	0.454

El porcentaje de contribución de las componentes fue bajo; nótese que las dos primeras componentes solo explican el 54.2 % de la variabilidad total observada, lo que pudo deberse, según otros autores (13), a la poca correlación existente entre las variables iniciales, careciendo de sentido trabajar con las nuevas variables, ya

que se puede obtener una información distorsionada sobre la caracterización de los genotipos y las relaciones de asociación entre las variables, pudiendo influir también la gran variabilidad existente en el material. Teniendo en cuenta estas consideraciones no se realizó ningún tipo de agrupamiento varietal; otros autores han informado resultados similares al realizar el mismo análisis (10).

Con el objetivo de distribuir los genotipos en clases, se realizó un Análisis de Conglomerados que permitió agrupar las variedades en siete clases y el dendrograma correspondiente aparece en la Figura 1. En este caso se empleó la técnica jerárquica ascendente para su construcción. Las medias por variables y los genotipos pertenecientes a cada clase aparecen en la Tabla IV.

La clase I integrada por las variedades Naylamp, IR-36, IR-20, IR-46 y Oryzica-1 se caracterizó por presentar la mayor cantidad de granos vanos por panícula, siendo este un aspecto que influye de forma negativa en los rendimientos de este cultivo.

La mayoría de las variedades INCA LP, la variedad comercial "Perla de Cuba" y otros genotipos empleados con frecuencia en los programas de mejoramiento genético de este cultivo se concentran en la clase II, mostrando todos un excelente comportamiento para el carácter granos llenos por panícula. Algunos autores coinciden en señalar que el número de granos llenos por panícula es el componente que más influencia tiene sobre el rendimiento (12). Sin embargo, si bien esta clase tiene una media verdaderamente alta en el carácter granos llenos por panícula, también es bastante alta para el carácter granos vanos por panícula, lo cual se debe a que en este grupo se encuentra la variedad Colombiana CICA-8 que presentó un gran número de granos vanos por panícula, lo cual afectó el valor de la media para este carácter en dicha clase.

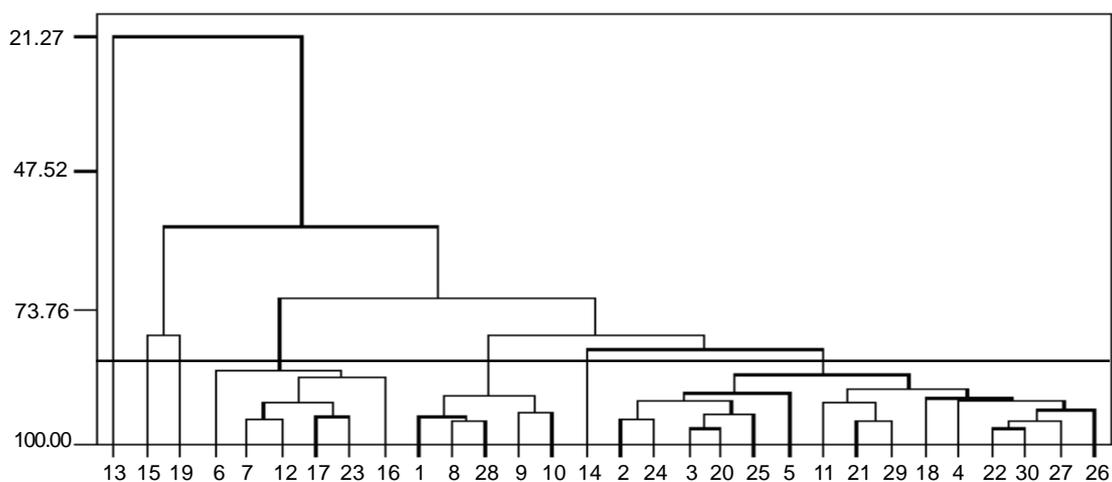


Figura 1. Dendrograma obtenido mediante el Análisis de Conglomerados

Tabla IV. Distribución de los genotipos y medias por clases, según el análisis de conglomerados

Clases	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
I	114.6	90.4	32.8	1.29	22.2	362.6	79	26.4	25.8	4.5	9.0	2.6
II	115.3	99.0	35.0	1.21	23.2	308.9	87.3	21.5	27.8	6.9	9.6	2.6
III	114.3	87.1	30.3	1.24	23.6	249.0	86.8	17.6	27.8	5.3	9.7	2.4
IV	220.0	152.1	44.6	1.25	25.0	245.0	85.0	13.0	29.9	6.0	8.7	3.2
V	116.0	144.4	37.2	0.98	23.4	320.0	84.0	19.0	21.0	4.1	8.0	2.5
VI	111.0	44.1	17.5	1.46	13.1	205.0	64.0	7.0	16.0	2.0	5.9	2.6
VII	115.0	89.0	29.1	1.40	25.4	420.0	91.0	9.0	29.0	7.0	10.0	2.9
Clases	Genotipos										Efectivos	
I	Naylamp, IR-36, IR-20, IR-46, Oryzica-1										5	
II	Perla de Cuba, INCA LP-7, INCA LP-1, INCA LP-3, INCA LP-8, Century Patna, IR-1529-430, INCA LP-4, 2084 Vietnamita, CICA-8, Ceysvony, INCA LP-5, Newbonnet, IR-880, INCA LP-9										15	
III	Lemont, J-104, IR-42, IR-837, INCA LP-6, IR-759-54-2-2										6	
IV	Pokkali										1	
V	Tetep										1	
VI	Enano										1	
VII	INCA LP-2										1	

Otro de los caracteres de buen comportamiento para la clase II es el rendimiento, diferenciándose solo en menos de $\frac{1}{2}$ t.ha⁻¹ de la variedad de mayor rendimiento INCA LP-2 que se ubicó en la clase VII.

En estas dos clases (II y VII) se agruparon la mayoría de las variedades INCA LP junto al cultivar comercial "Perla de Cuba". Estos genotipos son resultado de la combinación de diferentes técnicas para la obtención de nuevas variedades que se llevan a cabo como parte del programa de mejoramiento genético del arroz, todos han tenido excelentes resultados en ensayos de rendimiento llevados a cabo en la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", los que avalaron su introducción en estudios de extensión agrícola en áreas del CAI Arrocero "Los Palacios". Su aceptación abarca, además, pequeños agricultores de los municipios Los Palacios, San Juan y Martínez y región montañosa de San Andrés, todos en la provincia de Pinar del Río. Por otra parte, las variedades INCA LP-2 e INCA LP-5 fueron sembradas también en la Granja Mixta Cubano-China "Taichí", alcanzando ambas rendimientos superiores a las 8 t.ha⁻¹.

El carácter rendimiento es de gran importancia por el peso que tiene como criterio a la hora de seleccionar variedades para introducirlas en la producción. Por otra parte, se ha comprobado que la heredabilidad del rendimiento es baja y la herencia es compleja, debido a que en esta no influyen solamente los genes que determinan los componentes del rendimiento, sino también los de los caracteres que de forma indirecta están relacionados con él, como la altura, el ciclo y los caracteres de la hoja (11).

Además, INCA LP-2 también resultó tener las panículas más largas, así como los mayores valores para el número de panículas por m², granos llenos por panícula y a su vez fue la de granos más largos, superando al resto de las clases en el peso de 1000 granos, excepto a

la clase IV representada por la variedad Pokkali, frecuentemente utilizada como genotipo resistente a la salinidad; esta última es una variedad que se puede distinguir con facilidad y presenta un rápido crecimiento vegetativo en concentraciones salinas, lo que provoca un efecto de dilución de sales en los tejidos y se considera como una de las causas de su tolerancia (14).

Pokkali se caracterizó por presentar el ciclo más largo, debido a su sensibilidad al fotoperíodo. Se conoce que la acción fotoperiódica se encuentra determinada por un gen, el cual ha presentado dominancia parcial y total; de igual forma, la variabilidad existente dentro de las sensitivas y las insensitivas sostiene la existencia de genes modificadores de este carácter (11).

En todas las clases, excepto la IV, la mayor diferencia en el ciclo fue de cinco días. Al respecto, se ha señalado que el ciclo vegetativo varía según la fecha de siembra y los factores ambientales que modifican la duración de éste son esencialmente la luz y la temperatura, encontrándose diferencias de hasta 55 días en una misma variedad (11).

Asimismo, la precocidad o tardanza del ciclo está regida por varios genes múltiples y han sido referidas determinaciones monogénicas con efecto modificador; algunos autores señalan cinco genes, otros de 11 a 20 genes y la mayoría de las veces, las formas precoces dominan sobre las tardías, siendo alta la heredabilidad del carácter (11).

Por otra parte, la variedad Pokkali también resultó ser la de mayor altura y longitud de la hoja, así como la de granos más anchos y de mayor valor para el peso de 1000 granos.

La clase V la integró la variedad Tetep, que de igual forma alcanzó una altura considerable con hojas bastante largas y finas, mostrando además un valor bajo para el peso de 1000 granos, coincidiendo con resultados obtenidos por otros autores en trabajos similares (12).

La variedad enano, que conforma la clase VI, tiene características muy distintas que la diferencian del resto de las variedades estudiadas: el ciclo más corto, la menor altura, las panículas más pequeñas, los valores más bajos para los caracteres longitud del grano, panícula por m², granos llenos y vanos por panícula, peso de 1000 granos y rendimientos; además, sus hojas son las más cortas y a su vez las más anchas.

La clase III, a diferencia de las demás, presenta los granos más finos y solo superada por la INCA LP-2 en su longitud. Gran parte de los genotipos que la integran tienen entre sus progenitores a variedades IR procedentes de Filipinas. Una de estas variedades, la IR-837, se utiliza como testigo susceptible en las pruebas que se realizan para evaluar la resistencia al patógeno *Pyricularia grisea* (12).

El análisis discriminante se realizó con el objetivo de realizar una clasificación objetiva de los grupos, según el criterio definido por varias características. Las distancias entre los genotipos y uno ficticio formado con las peores características de las 30 variedades, fueron calculadas usando la distancia de Frechet, bajo el mismo criterio que en el análisis de conglomerados.

La Tabla V muestra a partir del reordenamiento realizado la clasificación de las 30 variedades estudiadas, donde todas fueron correctamente clasificadas para una proporción de 1.000; por lo tanto, la clasificación realizada por el Análisis de Conglomerado en las siete clases se mantiene, coincidiendo de esta forma con otros autores que señalan la correcta selección de la ley matemática para el Análisis de Conglomerados y la posibilidad de utilizarlo de forma independiente (15).

Tabla V. Clasificación de las variedades según el análisis discriminante

Clases	Clases verdaderas						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	5	0	0	0	0	0	0
II	0	15	0	0	0	0	0
III	0	0	6	0	0	0	0
IV	0	0	0	1	0	0	0
V	0	0	0	0	1	0	0
VI	0	0	0	0	0	1	0
VII	0	0	0	0	0	0	1
Total	5	15	6	1	1	1	1
Correctos	5	15	6	1	1	1	1
Proporción	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Total de genotipos	30						
Total de correctos	30						
Proporción de correctos	1.000						

Las consideraciones anteriores permiten seleccionar a las clases II y VII como las mejores, catalogar a la clase VI como la de peor comportamiento agronómico y clasificar a I, III, IV y V como intermedias; sin embargo, la clase V está representada por la variedad Tetep, que a pesar de expresar un buen rendimiento, tiene como característica desfavorable que se comporta como muy susceptible al acame.

Se conoce que la mejor explotación de alto potencial de rendimiento de las variedades mejoradas, se logra solamente cuando estas se cultivan en condiciones favo-

rables que permitan la expresión de sus caracteres; por tanto, se recomienda la introducción de los genotipos de las clases II y VII en la producción, teniendo en cuenta los resultados del trabajo, y se propone continuar utilizando las variedades de las clases I, III, IV, V y VI como progenitores en el programa de hibridaciones por poseer éstas buenas características en cuanto al tipo de planta, forma del grano, productividad, entre otros o por presentar genes relacionados con la resistencia a plagas y enfermedades, así como a factores adversos como salinidad y sequía.

REFERENCIAS

- Havener, R. Sharin the responsibility. Biodiversity maintaining the balance. Manila : IRRI, 1998. 61 p.
- Más, S. En busca de mayores rendimientos en la producción arroceras. Granma, 1998, 10 junio. p. 1.
- Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana : Agrinfor, 1999. 64 p.
- Cuba. Minagri. Instructivo técnico del cultivo del arroz. La Habana : Instituto de Investigaciones del Arroz, 2000.
- IRRI. Standard evaluation system for rice. 4 ed. Manila : IRRI, 1996. 51 p.
- Cuba. Minagri. Formulario de descripción varietal para arroz (*Oryza sativa* L.). La Habana: Dirección de certificación de semillas. Registro de variedades comerciales, 1998. 12 p.
- Pérez, N.; Castro, R.; González, M. C. y Morejón, R. Variedades de arroz obtenidas por cultivo de anteras. *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 4, p. 83-86.
- Díaz, S. H.; Pérez, N. y Morejón, R. Evaluación del germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 2, p. 55-58.
- López, L. Arroz. Cultivos Herbáceos. Cereales. Madrid : Ed. Mundi-Prensa, 1991. p. 419.
- 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 "Los Palacios". *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 1, p. 43-48.
- Pérez, J. A.; Fuchs, P.; Lima, H.; Tellhem, E.; Rodríguez, A.; Cornide, M. T.; Espinosa, E. y Gálvez, A. Genética y mejoramiento de plantas tropicales. La Habana : Enpses, 1991, 193 p.
- Díaz, S. H. Caracterización morfoagronómica y genético-bioquímica de 19 accesiones de arroz (*Oryza sativa* L.). [Tesis de Maestría]. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. 2000. 98 p.
- Varela, M. Análisis multivariado de datos, aplicación a las ciencias agrícolas. Matemática Aplicada, INCA. La Habana : INCA, 1998. 56 p.
- González, M. C. y García, A. Detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 3, p. 87-90.
- González, L. M. Uso de la radioinducción de mutaciones en la obtención de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad. [Tesis de Grado], Instituto "Jorge Dimitrov". Granma, 1996, 92 p.

Recibido: 17 de septiembre del 2001

Aceptado: 6 de diciembre del 2001