

# ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa* Lin.) ANTE LA INFECCIÓN POR EL HONGO *Pyricularia grisea* Sacc.

Regla M. Cárdenas, Noraida Pérez, Elizabeth Cristo<sup>✉</sup>,  
María C. González y Leonila Fabr 

**ABSTRACT.** The work was developed for four years in Caribe farm, Pinar del Río province. The lines and varieties were sown in hot spots of *Pyricularia grisea* Sacc. Disease severity was evaluated, keeping in mind the percentage of affected leaf area (% AFA) in the seedling stage and the incidence (%) on panicle neck at heading stage. The design used was randomized complete with three replications. The statistical analysis was made according to genotypic behavior (short and middle cycles) in front of leaf disease and panicle neck, the values corresponding to respectively AFA and percentages of incidence being processed, and analyzed by means of multiple comparison and correlation. A cluster analysis was also made with the purpose of containing the evaluated vegetable material. Results showed no statistically significant differences between lines and varieties, so much for % AFA as for the incidence; nevertheless, the incidence presented a bigger index of variability. Short-cycle genotypes presented a higher stability to leaf infection. There was no significant correlation between disease incidence in the neck and the severity detected in the leaf. The Cluster analysis allowed to classify lines and varieties by means of a dendrogram.

**Key words:** rice, *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*

## INTRODUCCIÓN

El hongo *Pyricularia grisea* Sacc., estado anamorfo de *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr, es el agente causal de la piriculariosis, enfermedad que es una de las mayores limitantes de la producción de arroz. El hongo produce lesiones necróticas en hojas de plantas jóvenes o maduras, pudiendo infectar los nudos y tallos, generalmente infecta el cuello y panículas de plantas maduras.

Ms.C. Regla M. Cárdenas; Ms.C. Elizabeth Cristo, Investigadores Agregados y Noraida Pérez, Investigador Auxiliar de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios"; Dr.C. María C. González, Investigadora Titular del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700; Leonila Fabré, Especialista del CAI Arroceros "Los Palacios".

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

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló durante cuatro años en la granja Caribe, provincia de Pinar del Río. Las líneas y variedades se sembraron en camas de infección de *Pyricularia grisea* Sacc. Se evaluó la severidad de la enfermedad, teniendo en cuenta el porcentaje de área foliar afectada (% AFA) en la etapa de plántula y la incidencia (%) en el cuello de la panícula en la etapa de paniculaci n. El diseño empleado fue el de completamente al azar con tres réplicas. El análisis estadístico se efectuó en función del comportamiento de los genotipos (ciclos corto y medio) ante la enfermedad en la hoja y en el cuello de la panícula, siendo procesados los valores correspondientes a porcentajes de AFA y de incidencia respectivamente, analizados mediante comparación múltiple y correlaciones. Además, se efectuó un análisis de clasificación automática (*cluster*), con la finalidad de agrupar el material vegetal evaluado. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las líneas y variedades, tanto para % AFA como para la incidencia; no obstante, la incidencia presentó un mayor índice de variabilidad. Los genotipos de ciclo corto presentaron una mayor estabilidad ante la infección en la hoja. No se encontr  correlación significativa entre la incidencia de la enfermedad en el cuello y la severidad detectada en la hoja. El análisis *cluster* permitió clasificar las líneas y variedades mediante un dendrograma.

**Palabras clave:** arroz, *Oryza sativa*, *Pyricularia grisea*

El desarrollo de variedades resistentes al patógeno ha sido uno de los medios preferidos para el control de la enfermedad; sin embargo, la resistencia ha sido de poca duración (1).

Los cultivares difieren en la intensidad con que son atacados durante una epifitotia en condiciones de campo; por ende, siempre será aconsejable estudiar su comportamiento durante varios años antes de recomendarlos para la producción. Se sabe, además, que la reacción varietal a esta enfermedad puede variar de un país a otro, de una localidad a otra y de una época del año a otra, y muchos genes est n involucrados en la resistencia a este patógeno, resultando difícil introducir en un genotipo tal gama de genes que permita obtener un grado de resistencia aceptable (2).

En este sentido, se plantea que la exposición continua de líneas de arroz a una población diversa del pat -

geno reduciría el riesgo de rompimiento de la resistencia, permitiendo la identificación de una resistencia más estable (1).

Las evaluaciones y selecciones se han venido conduciendo en sitios denominados "hot spot", en condiciones de alta presión de la enfermedad favorecida por condiciones ambientales, y una alta diversidad en virulencia del patógeno (3).

La resistencia a piricularia es un carácter de herencia compleja y se sugiere que están involucrados al menos tres genes mayores independientes en su control (4). Otros refieren que debido a la alta variabilidad patogénica del hongo, es muy difícil encontrar fuentes de resistencia y determinar el modo de la herencia a este patógeno (2) y se ha demostrado la existencia de una marcada interacción variedad-localidad en la manifestación de la resistencia a *Pyricularia grisea*, lo cual se ha confirmado en la existencia de diferentes patotipos del hongo.

El siguiente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el comportamiento ante la enfermedad de diferentes genotipos (líneas promisorias y variedades) de arroz provenientes de los estudios superiores de rendimiento obtenidos en la Estación Experimental "Los Palacios", evaluados durante cuatro años en condiciones de alta presión de inóculo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó sobre un suelo Gley Nodular Ferralítico Concrecionario (5) en la granja Caribe, ubicada en el municipio Consolación del Sur y perteneciente al CAI Arroceros Los Palacios, provincia de Pinar del Río.

Los genotipos se separaron atendiendo a la duración del ciclo (6) en: ciclo corto (promedio anual 120 días después de la germinación) y ciclo medio (promedio anual 140 días después de la germinación), y se sembraron en la campaña de primavera durante cuatro años (1999, 2000, 2001 y 2002) en la citada granja en surcos de 2 m de largo separados a una distancia de 0.25 m, la densidad de siembra fue de 3 g.m<sup>-1</sup> y se evaluaron 11 genotipos por cada ciclo. Cada 10 genotipos se intercalaron dos surcos del testigo susceptible a la piriculariosis J-104. Se dispusieron en forma perpendicular a los esparcidores de 1 m de ancho. Estos esparcidores (J-104) se ubicaron en forma transversal al viento y se utilizaron para lograr un mayor fondo infeccioso natural; el largo de estos fue de 20 m y se enmarcó toda el área de evaluación con dichos surcos.

Como fertilizante nitrogenado se aplicó urea cada 10 días a razón de 160-180 kg N.ha<sup>-1</sup>.

A los 25-30 días de germinado, se evaluó en 20 plántulas el porcentaje de área foliar afectada (% AFA), según el esquema correspondiente (7), teniendo en cuenta además el tipo de lesión (Tabla I).

**Tabla I. Escala para evaluar Piricularia en hojas según el tipo de lesión y porcentaje de AFA**

Grado	Sintomatología
0	Ninguna lesión
1	Lesiones pardas pequeñas del tamaño de un alfiler o grandes sin centro esporulativo AFA menor de 1 %
2	Pequeñas lesiones redondeadas a ligeramente elongadas, manchas necróticas grises, cerca de 1-2 mm de diámetro con margen pardusco AFA 1-2 %
3	Lesiones tipo parecidas a 2, pero un número significativo están sobre las hojas superiores, AFA 2-3 %
4	Lesiones típicamente susceptibles de 3 mm o más, AFA 4 %
5	Lesiones típicas AFA 5-10 %
6	Lesiones típicas AFA 11-25 %
7	Lesiones típicas AFA 26-50 %
8	Lesiones típicas AFA 51-71 %. Muchas hojas muertas
9	Más de 75 % de AFA

Posteriormente, a los 20-25 días de la floración, se evaluó la incidencia (I) de la enfermedad en el cuello de 20 panículas tomadas al azar, considerando las panículas con lesiones que cubrían completamente el nudo, el cuello o las partes bajas del eje de la panícula; para eso se empleó la fórmula:

$$I = \frac{\text{No. panículas afectadas}}{\text{Total de panículas observadas}} \times 100$$

Para el análisis estadístico, los datos de porcentaje de incidencia se transformaron por la expresión:

$$\arcsen \sqrt{\%}$$

La escala correspondiente para evaluar la reacción a la infección en el cuello de la panícula, atendiendo a los niveles de incidencia, aparece en la Tabla II.

**Tabla II. Escala para evaluar la incidencia de panículas afectadas**

Grado	Incidencia (%)
0	No incidencia
1	Menos de 5
3	5-10
5	11-25
7	26-50
9	Más de 50

Para estimar el tipo de reacción en las escalas (Tablas I y II), se consideraron los grados 0 a 3 como resistentes y 4 a 9 como susceptibles (8).

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con tres réplicas.

El análisis estadístico se efectuó en función del comportamiento de los genotipos (ciclos corto y medio) ante la enfermedad en la hoja y en el cuello de la panícula, siendo procesados los valores correspondientes a los porcentajes de área foliar afectada (% AFA) y de incidencia respectivamente, analizados mediante comparación múltiple y correlaciones. Además, se efectuó un análisis de clasificación automática (*cluster*), con la finalidad de agrupar el material vegetal evaluado. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete *Stagraphics Plus*, versión 5.0. Las líneas y variedades evaluadas se relacionan en la Tabla III.

**Tabla III. Líneas y variedades evaluadas**

No.	Ciclo corto	No.	Ciclo medio
1	INCA LP-5	12	INCA LP-1
2	INCA LP-6	13	INCA LP-2
3	8394	14	INCA LP-4
4	INCA LP-14	15	INCA LP-7
5	8432	16	8481
6	8476	17	8513
7	8479	18	INCA LP-15
8	8551	19	8532
9	8552	20	8533
10	8557	21	8536
11	8561	22	8540

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

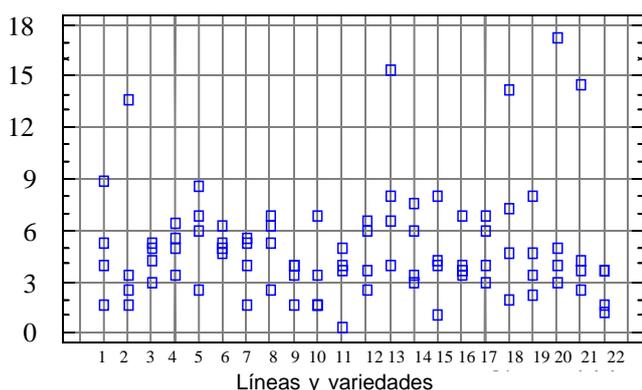
Las condiciones creadas para realizar las evaluaciones favorecen la exposición continua de todos los genotipos al patógeno durante todo el ciclo vegetativo, lo que minimiza la posibilidad de escapes a la infección. Esto se confirma en los resultados obtenidos en el análisis de varianza, que reveló que no existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.01$ ) en el comportamiento de los porcentajes de AFA (Tabla IV).

**Tabla IV. Análisis de varianza para la severidad de la enfermedad en la hoja**

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medio
Entre grupos	21	166.545	7.9307 ns
Dentro de grupos	66	681.213	10.3214
Total	87	847.758	

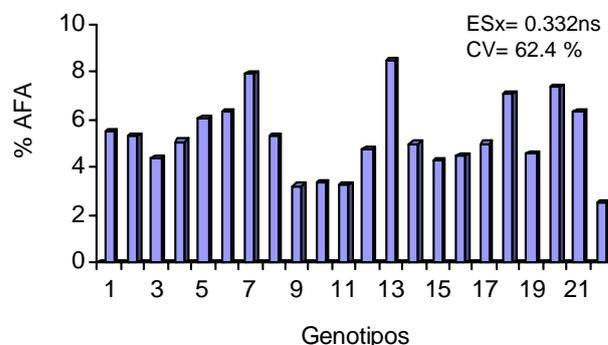
En la Figura 1 se muestra el resultado de los porcentajes de área foliar afectada en las cuatro evaluaciones anuales realizadas a cada uno de los materiales.

Severidad (%)



**Figura I. Comportamiento de los porcentajes de AFA por el hongo *Pyricularia grisea* Sacc. en las cuatro evaluaciones realizadas a cada línea de arroz**

Solo tres genotipos (números 10, 11 y 22) presentaron medias de AFA inferiores a 4 % (Figura 2); teóricamente estos fueron los de mejor reacción (Tabla I, resistentes). No obstante, si se tiene en cuenta que un grado promedio no mayor de 5.5 (en el que se puede encontrar hasta un 10 % de AFA) puede representar buen nivel de resistencia cuantitativa (8), esto implicaría la inclusión del resto de los genotipos dentro de los promisorios.



**Figura 2. Medias de la infección obtenidas por cada genotipo**

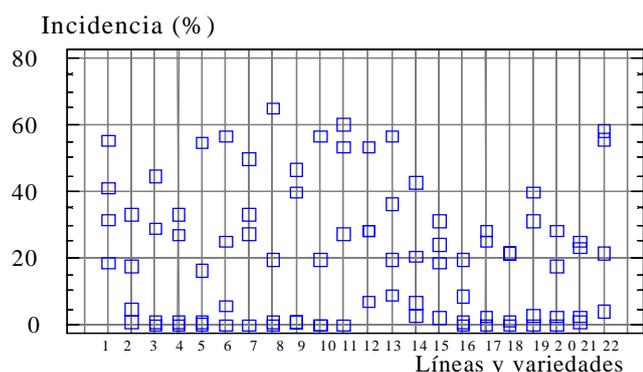
La Tabla V presenta los resultados del análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad en el cuello de la panícula, el cual también reveló que no existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) en el comportamiento.

**Tabla V. Análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad en el cuello de la panícula**

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medio
Entre grupos	21	5757.63	274.173 ns
Dentro de grupos	66	27261.0	413.046
Total	87	33018.7	

Se puede apreciar en la Figura 3 una mayor dispersión de los datos de porcentaje de incidencia, en comparación con los de porcentajes de AFA presentados en la Figura 1, lo que indica una mayor variabilidad en la respuesta a la infección cuando se evalúa la incidencia de la enfermedad; esta variabilidad en las evaluaciones hace que frecuentemente los resultados sean inconsistentes, dificultando la identificación de la respuesta de los genotipos.

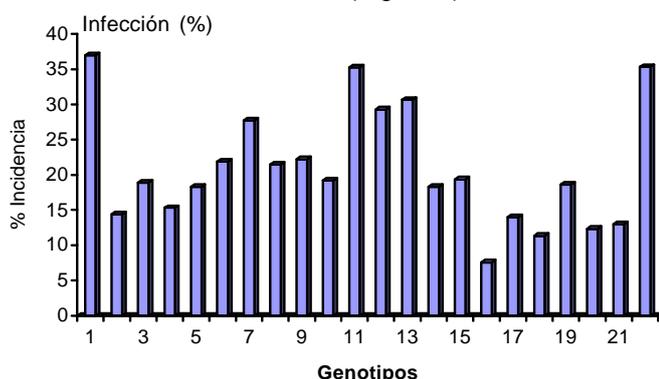
Esto corrobora el criterio acerca de que todavía no existe una metodología efectiva para la selección de materiales que combinen diferentes genes de resistencia a la infección en el cuello de la panícula, lo que se debe a que el desarrollo de la enfermedad depende de las condiciones ambientales que prevalecen en el momento de la emergencia de las panículas, complicando el proceso de selección, ya que aumenta la variabilidad de los datos (especialmente cuando se evalúan materiales segregantes) (4).



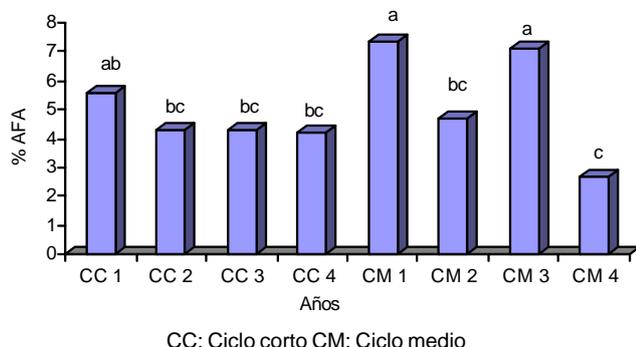
**Figura 3. Comportamiento de la incidencia (%) de la infección por el hongo *Pyricularia grisea* Sacc. en las cuatro evaluaciones realizadas a cada línea de arroz**

Por otro lado, se ha informado que el estado nutricional del cultivo juega un papel importante, pues se ha encontrado que la enfermedad en el cuello de la panícula ha estado significativamente correlacionado con la concentración de nutrientes (N, P y Mg) en los tejidos de la panícula (9).

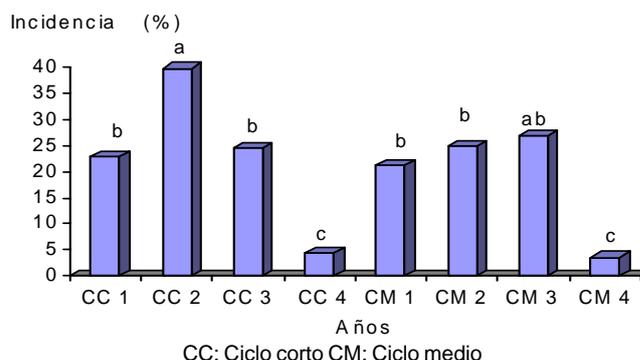
El análisis del comportamiento general según el ciclo se presenta en las Figuras 5 y 6. En cuanto a la severidad, las líneas de ciclo corto desarrollaron una mayor estabilidad, pues no presentaron diferencias significativas entre los diferentes años (Figura 4).



**Figura 4. Medias de la infección obtenidas por cada genotipo**



**Figura 5. Representación de la infección en la hoja atendiendo al ciclo, durante el estado vegetativo en los cuatro años evaluados**



**Figura 6. Representación de la infección en el cuello de la panícula atendiendo al ciclo, durante el estado reproductivo en los cuatro años evaluados**

Se ha informado que durante la fase vegetativa (7) los materiales deberán desarrollar similar reacción a la enfermedad, mientras no se desarrollen razas más patogénicas del hongo o aumente la población de las ya existentes. Al parecer, teniendo en cuenta los resultados de este estudio, este criterio concuerda más para los genotipos de ciclo corto, debido a que al tener un ciclo vegetativo más corto, la posibilidad de variabilidad en la población del patógeno disminuye.

La incidencia de la enfermedad (Figura 6), al igual que cuando se analizó el comportamiento de los genotipos en las Figuras 3 y 4, presentó una alta variabilidad.

En la práctica se recomienda como alternativa atractiva para reducir la alta variabilidad en las evaluaciones, el uso de plantas homocigóticas producidas a través del cultivo de anteras, ya que con esta técnica se alcanza la homocigosis completa a partir de plantas heterocigóticas en un ciclo de cultivo *in vitro* (4, 10).

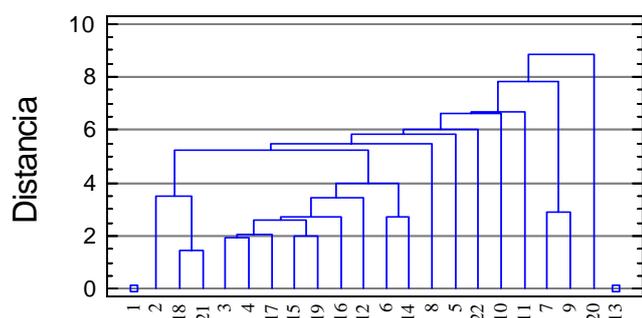
Es indudable que estos resultados están influidos por la selección a que han sido sometidos los genotipos en el proceso de mejoramiento en el campo, así como por la realización de las pruebas de *Pyricularia grisea* con infección natural en condiciones de campo, pues al cuarto año se observa una disminución en la severidad e incidencia de la enfermedad, tanto para las líneas de ciclo corto como para las de ciclo medio.

No se detectó correlación significativa entre la incidencia de la enfermedad en el cuello de la panícula y la severidad observada en la hoja en la fase de plántula en ninguno de los casos, lo cual confirma que la selección de materiales con adecuados niveles de resistencia en la hoja no asegura el mismo nivel de resistencia en el cuello de la panícula, y que en esto influyen las condiciones climáticas, variabilidad del patógeno, susceptibilidad y características genéticas de los genotipos (11).

En la actualidad, se realizan estudios sobre los impactos de los cambios climáticos que afectan a muchos sectores, entre ellos la agricultura (12). Estos impactos relacionados fundamentalmente con cambios en los patrones de precipitaciones y temperaturas, constituyen elementos de forzamiento a la variabilidad, lo que justifica en cierta medida la variabilidad en el comportamiento de los genotipos.

El error crítico presente en los ensayos con parcelas pequeñas puede enmascarar los cultivares con grados medio de resistencia, no permitiendo diferenciarlos entre sí, haciéndolos aparecer en ocasiones como susceptibles (13). No obstante, la repetición de las evaluaciones en el proceso de selección reflejó en este estudio una tendencia a la disminución en la severidad e incidencia de la enfermedad, tanto en líneas de ciclo corto como de ciclo medio, lo cual puede constituir un paso previo para un estudio en parcelas mayores.

La agrupación de los genotipos con respecto al comportamiento general frente a la enfermedad (Figura 7) se conformó de la manera siguiente: las variedades comerciales INCA LP-5 de ciclo corto e INCA LP-2 de ciclo medio (no. 1 y 13, respectivamente) constituyeron cada una un grupo (el primero y tercero). Estas variedades son (dentro de todo el material evaluado) las que presentan mayor introducción en la producción arroceras de la provincia Pinar de Río (14), por lo que manifiestan un comportamiento típico frente a la enfermedad, con una tendencia a manifestar en ocasiones susceptibilidad a la infección en las condiciones de camas de infección, por lo que se recomienda la incorporación, en la producción arroceras, de otras variedades con diferentes fuentes de resistencia a la infección. El resto integraron el segundo grupo compuesto por líneas y variedades en fase de introducción o experimentación.



**Figura 7. Dendrograma obtenido por medio del análisis cluster**

No obstante, se cuenta con información acerca del comportamiento de varios de estos genotipos que se han evaluado en condiciones de producción; así, las variedades: 1, 2, 12, 13, 14 y 15, que ya han sido registradas como comerciales (15), han manifestando un buen comportamiento ante la enfermedad en condiciones de campo (7, 11, 14, 16). Las líneas 8 y 9 aún en fase de experimentación fueron probadas en condiciones de secano y desarrollaron una buena resistencia a la enfermedad (17).

## REFERENCIAS

1. Correa-Victoria, F. Caracterización de la estructura genética y virulencia de *Pyricularia grisea* Sacc. para el desarrollo de variedades resistentes al añublo del arroz. Programa de Arroz, CIAT, 1995.

2. Orellana, P.; Martínez, J. y Hernández, A. Algunos aspectos sobre la herencia de la resistencia del arroz (*Oryza sativa* Lin.) al hongo *Pyricularia oryzae*. *Cienc. Tec. Agric. Arroz*, 1980, vol. 3, no. 2, p. 23-33.
3. Cárdenas, R. M.; Cordero, V.; Pérez, N.; Cristo, E. y Gell, I. Utilización de una nueva metodología para la evaluación de arroz (*Oryza sativa* L.) ante la infección producida por el hongo *Pyricularia grisea*. *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no.1, p. 63-66.
4. Pérez-Almeida, I.; Lentini, Z. y Guimarães, E. P. El cultivo de anteras en el desarrollo de germoplasma resistente al añublo del arroz (*Pyricularia grisea*). *Fitopatol. Venez.* 1995, vol. 8, p. 11-14.
5. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: Agrinfor, 1999.
6. Hernández, A. A.; Castillo, D.; Hernández, D. y Pérez, M. Efecto de la manipulación y el medio ambiente sobre la producción de granos enteros en el grano de arroz. *Encuentro Internacional de Arroz. Memorias (2: 2002, La Habana)* 2002, p. 227-229.
7. Cárdenas, R. M.; Cristo, E. y Pérez, N. Variedades cubanas de arroz (*Oryza sativa* Lin.) promisorias para la provincia de Pinar del Río tolerantes al tizón de la hoja (*Pyricularia grisea*). *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 1, p. 53-56.
8. IRRI. Standard evaluation system for rice. 4 ed., 1996, p. 17-19.
9. Filippi, M. C.; Prabhu, A. S. Relationship between panicle blast severity and mineral nutrient content of plant tissue in upland rice. *J-Plant-Nutr.*, 1998, vol. 21, no. 8, p. 1577-1578.
10. Cristo, E. Empleo del cultivo de anteras para la obtención de genotipos de arroz (*Oryza sativa* Lin.) de buen comportamiento para las condiciones de bajos insumos de agua [Tesis de grado], INCA, 2004, 90 p.
11. Cárdenas, R. M.; Pérez, N.; Cristo, E.; Fabré, L.; Díaz, E. Nuevas variedades de arroz (*Oryza sativa* Lin.) tolerantes a la Piriculariosis (*Pyricularia grisea* Sacc.). En: *Encuentro Internacional de Arroz. Memorias. (2:2002:La Habana)*, 2002, p. 167-172.
12. Centella, A. y Naranjo, L. Cambios climáticos: sus impactos. *Juventud Técnica*, 2001, no. 298, p. 6-8.
13. Cornide, M. T. e Izquierdo, F. Aplicación de dos métodos evaluativos de la resistencia horizontal en variedades y líneas de tomate ante el ataque foliar del tizón temprano. *Revista CENIC*, 1979, vol. 10, no. 2, p. 245-261.
14. Pérez, N.; González, M. C. y Castro, R. I. Validación de nuevas variedades cubanas de arroz (*Oryza sativa* L.) para la provincia de Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 51-54.
15. Cuba-MINAGRI. Registro de variedades comerciales. *Centro Nacional de Sanidad Vegetal*. 2003, p. 15.
16. González, M. C. y Cristo, E. INCA LP-7. Nueva variedad de arroz para suelos afectados por la salinidad. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 3, p. 89.
17. Cristo, E.; González, M. C.; Polón, R.; Cárdenas, R. M. y Pérez N. Evaluación de ocho cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) para siembras de secano. En: *Congreso Científico del INCA. Memorias. (13:2002, nov 12-15, La Habana)*, 2002.

Recibido: 2 de enero de 2005

Aceptado: 13 de octubre de 2005