

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A *PYRICULARIA GRISEA* EN ALGUNAS VARIEDADES DE ARROZ EN VENEZUELA

Erika Arnao¹, Alex González¹, Yorman Jayaro¹, Eduardo Graterol¹ y Orangel Borges²

¹Fundación para la Investigación Agrícola DANAC, San Javier Estado Yaracuy, Apdo. 182, San Felipe, Venezuela. ²Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Genética. Apdo. 4579, Maracay, 2101A, Estado Aragua, Venezuela.

Recibido: 10 de junio de 2007

Aceptado: 16 de abril de 2008

RESUMEN

Arnao, E., González A., Jayaro, Y., Graterol, E. y Borges O. 2008. Evaluación de la resistencia a *Pyricularia grisea* en algunas variedades de arroz en Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 21:9-14

La piricularia, enfermedad causada por el hongo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc., es la principal limitante del cultivo del arroz en el mundo. El método más eficiente, económico y amigable al medio ambiente para su control es el uso de variedades resistentes. Por ello, uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento de arroz es la identificación de fuentes de resistencia, lo cual implica la evaluación de la reacción del germoplasma frente al patógeno bajo condiciones de inoculación en umbráculo e infestaciones naturales en campo. En este trabajo se evaluó en condiciones de umbráculo, la reacción de varios cultivares comerciales de arroz a 13 aislamientos representativos de siete linajes del hongo *P. grisea* identificados en el país en 2007; además, se realizaron evaluaciones bajo condiciones de campo durante los períodos de lluvia de los años 2004 al 2006. Mediante análisis de componentes principales se logró clasificar los cultivares por su reacción al hongo. Se identificaron reacciones específicas entre los cultivares y aislamientos en umbráculo e interacciones entre las variedades y localidades en condiciones de campo para los respectivos períodos. La susceptibilidad o resistencia relativa de los cultivares determinadas en umbráculo y en campo fueron semejantes, el análisis de procrustes generalizado arrojó un 89% de consenso. Las variedades que resultaron resistentes tanto en campo como en umbráculo, podrían utilizarse como progenitores en programas de mejoramiento nacionales enfocados a la búsqueda de resistencia durable a *P. grisea*. Palabras clave adicionales: Piricularia, *Magnaporthe oryzae*, *Oryza sativa*, resistencia.

ABSTRACT

Arnao, E., González A., Jayaro Y., Graterol, E. and Borges, O. 2008. Evaluation of resistance to *Pyricularia grisea* in some rice varieties in Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 21:9-14.

Rice blast disease, caused by the fungus *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc, is considered the main limitation for rice production worldwide. The use of resistant varieties has been the most efficient, economic and environmentally friendly method for its control. One important objective in rice breeding programs is the identification of sources of resistance, which implies the evaluation of germplasm against the pathogen under artificial or field conditions. In this research, several rice cultivars were evaluated for their reactions to 13 isolates, which were representatives of seven lineages of *P. grisea* identified in Venezuela. The greenhouse experiment was conducted in the year 2007 and under natural infection in the field during the rainy seasons of the years 2004, 2005, and 2006. Using principal component analysis, the cultivars were classified by their reaction to the fungus. Specific cultivar-isolate reactions were identified in the greenhouse evaluation and cultivars x localities interactions in the field. The relative cultivar resistance or susceptibility estimated in greenhouse and in the field were comparable, since 89% of consensus was observed in generalized procrustes analysis. The cultivars that showed resistance under both conditions might be used as progenitors in national breeding programs searching for durable resistance to *P. grisea*.

Additional key words: Blast, *Magnaporthe oryzae*, *Oryza sativa*, resistance.

INTRODUCCIÓN

El añublo o piricularia del arroz (*Oryza sativa* L.), causado por el hongo *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (teleomorfo *Magnaporthe oryzae* sin. *Magnaporthe grisea*), es una de las enfermedades más devastadora del cultivo en el mundo, pudiendo ocasionar pérdidas de producción cercanas a 50% en campos moderadamente infestados (14). La alternativa más efectiva y económica para controlar la enfermedad es el uso de variedades resistentes; sin embargo, se ha observado el rompimiento de la resistencia al poco tiempo (dos a tres años) de su liberación, principalmente por la aparente adaptación del patógeno a los genes de resistencia presentes en los cultivares (5,6). Por lo tanto, la identificación de fuentes de resistencia duradera a *P. grisea* es uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento del arroz.

La resistencia a patógenos puede ser controlada por un gen simple, por poligenes con efectos acumulativos o una combinación de ambos, pudiendo ser completa o parcial. Una alternativa para mejorar dicha durabilidad es la formación

de pirámides de genes de resistencia, las cuales se conforman mediante cruzamientos de variedades de arroz con genes de resistencia complementarios para proporcionarle resistencia multigénica contra un amplio espectro de razas del patógeno (4).

Los aspectos de mayor importancia a ser considerados en el desarrollo de variedades con resistencia duradera a piricularia son la identificación del sitio de mayor variabilidad del hongo donde se realizará la selección de progenitores y líneas y la identificación confiable de las razas del hongo (6). La gran variabilidad patogénica del hongo es una de las mayores limitantes en el mejoramiento genético (1), por lo que la utilización del concepto de linajes o familias de aislamientos con características similares reduce la complejidad del manejo del gran número de razas del hongo (7,9). Ello permite establecer programas de mejoramiento basados en la teoría de exclusión de linajes (12), la cual representa una estrategia de mejoramiento consistente en la identificación y posterior agrupamiento de genes con habilidades para reconocer de manera complementaria los factores de no virulencia de las familias genéticas del patógeno (16).

En varios países se han realizado estudios de diversidad genética del hongo *P. grisea* utilizando la técnica desarrollada por George *et al.* (7) denominada rep-PCR (Reacción en cadena de la polimerasa basada en elementos repetitivos) y los iniciadores Pot-2. En Venezuela se realizó un estudio de estandarización de la técnica antes mencionada (3). Igualmente, se caracterizó mediante el Pot-2 la estructura genética y la diversidad de linajes de *P. grisea* en los estados Barinas, Cojedes, Guárico y Portuguesa, durante el período 1998 – 2000. El estudio permitió identificar siete linajes (Ven-1, Ven-2, Ven-3, Ven-4, Ven-5, Ven-6 y Ven-7) y se ubicó a Calabozo, en el estado Guárico, como el sitio de mayor variabilidad del patógeno (15).

Muchos cultivares de arroz han mostrado resistencia duradera a *P. grisea*, por lo que han sido usados como fuentes de resistencia o padres donantes en diversos programas de mejoramiento a nivel mundial. En Venezuela, algunos programas de mejoramiento cuentan con fuentes de resistencia a *P. grisea*, cuyos factores genéticos no han sido identificados, dificultando su efectiva incorporación en la constitución genotípica de las variedades mejoradas. El conocimiento de la reacción de resistencia de variedades mejoradas ante la variabilidad del patógeno existente en Venezuela, posibilitaría su uso como progenitores en los programas de mejoramiento orientados a la obtención de resistencia duradera a través de la estrategia de exclusión de linajes.

En los últimos años se han conducido algunas investigaciones para evaluar la reacción de germoplasma de arroz a *P. grisea* en condiciones de umbráculo, con aislamientos de amplio espectro de virulencia representantes de los linajes identificados; así como en ensayos de campo, que han permitido la identificación de líneas o germoplasma con distintos grados de resistencia a la enfermedad (8,13). También se han realizado esfuerzos por identificar marcadores moleculares asociados a un posible gen mayor de resistencia a *P. grisea* en la variedad venezolana de arroz Fonaiaip 1, la cual ha mostrado desde su liberación, hace más de 10 años, resistencia a la mayoría de las razas del hongo presentes en Venezuela (2)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la resistencia de las variedades de arroz más sembradas comercialmente en Venezuela desde los años 50 ante los linajes de *P. grisea*, en condiciones de umbráculo y campo con la finalidad de identificar posibles fuentes de resistencia al patógeno.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal. Para las evaluaciones en umbráculo se usaron las variedades de arroz Araure1, D-Oryza, Fedearroz 50, Palmar, Venezuela 21, Cica 4, Centauro, Zeta 15, Araure 4, Fonaiaip 1, Cimarrón, IR-8, D-Sativa y Blubonnet 50. En campo se evaluaron sólo las variedades Araure 1, D-Oryza, Fedearroz 50, Palmar, Araure 4, Fonaiaip 1, Cimarrón, IR-8, D-Sativa y Blubonnet 50. La variedad D-Oryza se evaluó en campo sólo en los años 2005 y 2006. En umbráculo y campo se utilizó como testigo susceptible el cultivar Fanny. La semilla de estas variedades se obtuvo del banco de germoplasma de la Fundación para la Investigación Agrícola Danac.

Aislamientos. Para las pruebas en umbráculo se usaron 13 cepas de *P. grisea* provenientes de cultivos monospóricos caracterizados para sus respectivos linajes, pertenecientes

a la colección de patógenos de Fundación Danac. Los aislamientos fueron identificadas como: A1011, Ory004 y C39003 (Ven-1); A1038 y A3040 (Ven-2); Dul009 y Dul005 (Ven-3), Fny003 (Ven-4); A1015 (Ven-5); FD6009 (Ven-6); Cr0014 (Ven-7) y Stt001 y Stt002 pertenecientes al putativo linaje 8 (Dra. Zambrano, comunicación personal).

Reactivación del hongo y preparación del inóculo.

Las cepas almacenadas en papel filtro fueron reactivadas en jugo V-8 (50%) durante tres días en agitación continua, se tomó una gota de la suspensión y fue dispersada uniformemente en platos Petri con medio agar salvado arroz (ASA), se dejó incubándose por 8 d a 27° C, el micelio fue podado para estimular la esporulación del hongo y posteriormente fue incubado a luz continua durante 8 d. En la preparación del inóculo se utilizaron cultivos del hongo de 16 d de edad, se colocaron 20 ml de agua estéril a cada plato y se realizó un raspado, luego fue filtrado en malla tul para obtener la suspensión de conidios ajustándose a una concentración de 5×10^6 células/ml.

Evaluaciones en umbráculo. Los materiales de arroz fueron sembrados en envases plásticos (15 semillas/envase) bajo un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Catorce días después de la germinación, las plantas fueron inoculadas a una dosis de aproximadamente 0,5 ml de suspensión por planta. Ocho días después de la inoculación se evaluó el tipo de lesión (TL) y el porcentaje de área foliar afectada (%AFA), utilizando la escala integrada de evaluación de *P. grisea* desarrollada en el CIAT (2) y se determinó el tipo de reacción.

Evaluaciones en campo. Se establecieron ensayos en nueve ambientes correspondientes a tres localidades: 1) Parcela Nº 176, Sistema de Riego Río Guárico en Calabozo, estado Guárico; 2) Finca la Toma. Agropecuaria los Apeninos, en Acarigua, estado Portuguesa; 3) Estación Experimental CIAE-Barinas, estado Barinas, durante tres periodos de lluvia de los años 2004, 2005 y 2006 para realizar el monitoreo del patógeno bajo infestación natural. Para ello, se trazó en el terreno un rectángulo de 9 m de longitud por 1 m de ancho, donde se sembraron las 10 variedades en bloques al azar con tres repeticiones. Las variedades se sembraron a chorro corrido en hileras separadas a 0,30 m, usando 5 g de semilla por hilera. Quince días antes de la siembra de los materiales, alrededor del trazado, se sembraron los esparcidores a razón de 10 g/m lineal, constituidos por una mezcla de variedades susceptibles (Fanny, Araure 1, Araure 2 y Cimarrón). A los 21 d después de la siembra (dds) se realizó un abonamiento con urea en una dosis de 150 Kg/ha para favorecer el desarrollo de la enfermedad. La primera evaluación se realizó a los 35 dds y la segunda a los 45 dds, utilizando el sistema de evaluación estándar del IRRI (11).

Análisis estadísticos. Con el fin de visualizar simultáneamente la reacción de las 14 variedades ante los aislamientos utilizados, se empleó el análisis multivariado mediante el cual se obtuvieron nuevas variables (componentes principales) que resumen la variación de las variables originales. Para ello, se utilizaron los datos estandarizados del TL y el % AFA obtenidos en condiciones de umbráculo. La reacción de las variedades en las distintas localidades y años de evaluación fue también representada por el análisis de componentes principales (ACP). Este tipo de análisis tiene la ventaja de no exigir supuestos requeridos para el análisis de la varianza como normalidad

u homogeneidad. En nuestro caso se eligieron los dos primeros componentes principales ya que ellos explicaban más del 70% de la varianza para todos los casos. Por otro lado, para estudiar el consenso existente entre la evaluación de la resistencia en umbráculo y campo se realizó un análisis de procrustes generalizado. Todos los análisis fueron realizados con el software InfoStat (10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones en umbráculo. La inoculación en el umbráculo permitió detectar diferencias en el comportamiento de las variedades en respuesta a la inoculación con diferentes aislamientos del hongo *P. grisea*. Considerando el tipo de reacción se observó que el testigo Fanny y las variedades Cimarrón y Araure 1 mostraron susceptibilidad a todos los aislamientos evaluados. Otro grupo, conformado por las variedades D-Oryza, Palmar, Venezuela 21, Zeta 15 y Fonaiap 1, resultó resistente a todos los aislamientos. También son evidentes algunas reacciones específicas entre las variedades y los aislamientos de *P. grisea*; Fedearroz 50 resultó resistente a todos los aislamientos inoculados con excepción de Stt001 (Ven-8), D-Sativa fue susceptible solo al aislamiento A1015 (Ven-5), y Centauro, sólo mostró reacción de susceptibilidad para el aislamiento Dul009 (Ven-3) (Cuadro 1). Estas reacciones específicas pudiesen indicar la presencia, en esas variedades, de genes distintos para resistencia que les confiere distintos espectros de resistencia.

Ningún aislamiento causó reacciones de susceptibilidad en todas las variedades evaluadas, pudiéndose afirmar que, en dicho grupo de variedades, existen genes de resistencia efectivos en conjunto contra los 13 aislamientos evaluados. Los resultados indican la posibilidad de identificar combinaciones de genes en las variedades evaluadas que confieran resistencia frente a la población venezolana del patógeno.

En los ACP realizados con el TL y el %AFA, los dos primeros componentes explicaron más del 80% de la variabilidad existente. La representación gráfica del ACP para el tipo de lesión (Fig. 1) muestra dos grupos de puntos-variables bien diferenciados, correspondientes a las variedades resistentes y a las variedades susceptibles. La proximidad de las variedades indica su similitud respecto al grado de resistencia para los aislamientos de *P. grisea* evaluados. En el primer grupo (izquierda) se muestran las variedades que presentaron mayores valores del TL y %AFA encontrándose en éste: el testigo susceptible Fanny y las vars Araure1, IR-8, Cica4, Cimarrón, Araure 4 y Blubonnet 50. El segundo grupo (derecha) está conformado por variedades que presentaron menores valores: Fonaiap1, D-Sativa, Centauro, Venezuela 21, D-Oryza, Fedearroz 50, Palmar y Zeta 15.

Se observa que los aislamientos utilizados en este estudio, exceptuando C39003-L1, Fny003-L3 y A3040-L2, están correlacionados y forman un grupo separado. Esta separación obedece a diferencias en las reacciones generadas por estos aislamientos sobre las variedades respecto al resto de aislamientos. Los resultados muestran cierto grado de variación patogénica dentro de los linajes 1 y 2, los cuales poseen representantes, tanto en el grupo principal de aislamientos como en el grupo separado. El resto de aislamientos mostró un comportamiento patogénico similar sobre la mayoría de las variedades (Fig. 1 y Cuadro 1).

Evaluaciones en campo. En los tres años de evaluaciones, las reacciones de las variedades fueron similares en las localidades de Calabozo y Barinas, (Figura 2). Esta diferenciación se debe a que en la localidad de Acarigua se registró un menor número de reacciones de susceptibilidad en las variedades evaluadas (Cuadro 2).

Las variedades Fanny, Araure1, IR-8, Bluebonnet 50 y Cimarrón conformaron el grupo susceptible. La variedad D-sativa se presentó en un grupo intermedio, mientras que las variedades Fonaiap1, Palmar, Fedearroz 50 y D-Oryza fueron las más resistentes.

Cuadro 1. Tipo de reacción de 15 variedades de arroz evaluadas con 13 aislamientos del hongo *P. grisea* bajo condiciones de umbráculo.

Genotipo	Aislamiento y linaje de pertenencia												
	A1011 Ven-1	C39003 Ven-1	Ory004 Ven-1	A1038 Ven-2	A3040 Ven-2	Dul005 Ven-3	Dul009 Ven-3	Fny003 Ven-4	A1015 Ven-5	FD6009 Ven-6	Cr0014 Ven-7	Stt002 Linaje 8	Stt001 Linaje 8
Araure1	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	S	AS	S	AS	AS	AS
D-Oryza	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Fedearroz 50	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AS
Palmar	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Venezuela 21	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Cica 4	AS	AS	AS	AS	S	S	S	S	AS	I	I	AS	AS
Centauro	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AS	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Zeta15	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Araure 4	S	S	AR	S	AS	AR	S	S	S	I	S	S	AS
Fonaiap1	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR
Cimarrón	AS	AS	S	AS	I	S	AS	S	AS	S	S	AS	AS
IR-8	AS	I	AS	AS	I	I	S	I	S	S	AS	AS	AS
D-Sativa	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	S	AR	AR	AR	AR
Blubonnet 50	AS	AR	I	AS	AR	S	AS	AR	AS	S	I	S	AS
Fanny	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	S	AS	AS	AS

AS = Altamente susceptible; S = Susceptible; I = Intermedio; R = Resistente; AR = Altamente resistente.

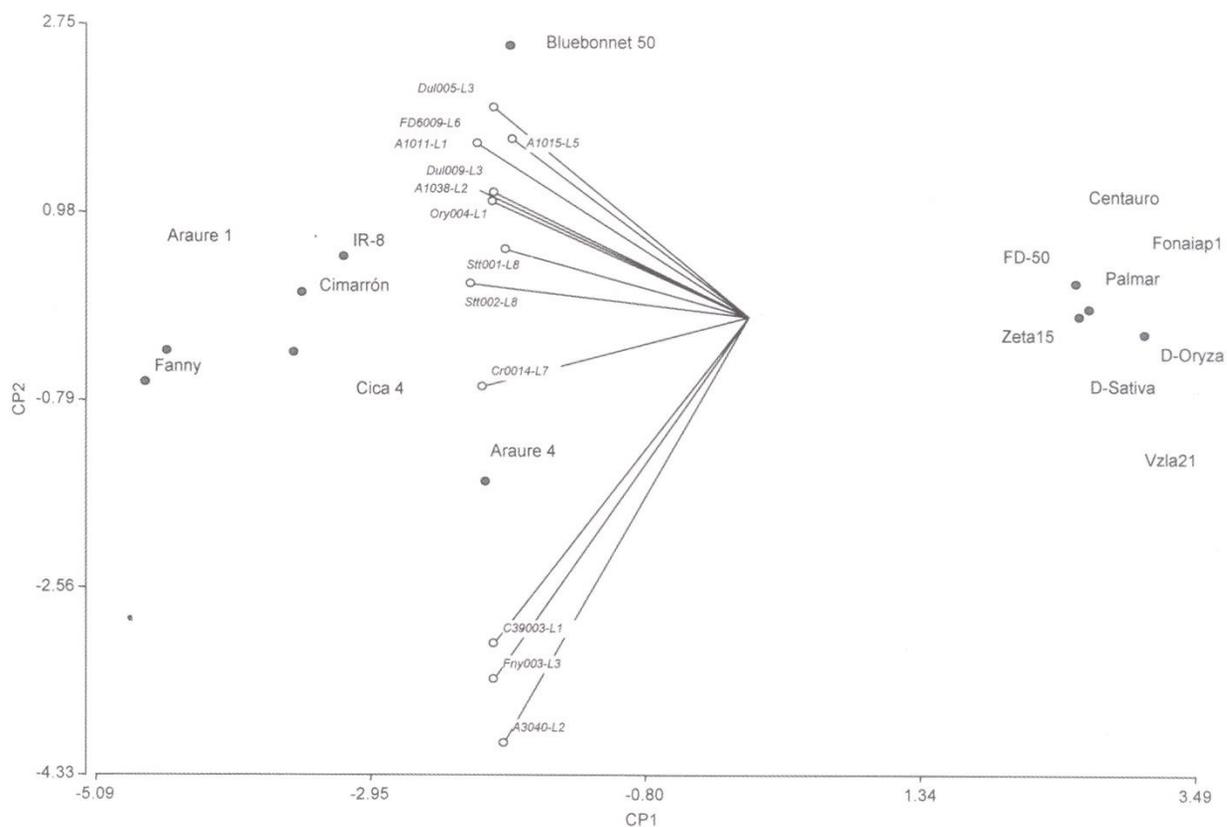


Fig. 1. Representación gráfica del ACP del tipo de lesión de 15 variedades frente a 13 aislamientos de *P. grisea*.

Las diferencias entre localidades pueden deberse a variaciones en la población del patógeno. El mayor número de reacciones de susceptibilidad en Calabozo y Barinas puede ser evidencia de una menor frecuencia de genes de virulencia específicos para los genes de resistencia presentes en las variedades en estudio. Las condiciones ambientales también pudieran influir en esas diferencias; sin embargo, el testigo susceptible Fanny resultó altamente afectado por la enfermedad en todas las localidades. Estos resultados indican a estas dos localidades como las más apropiadas para la evaluación de la reacción a *P. grisea* en

campo, debiendo confirmarse esto mediante estudios de espectros de virulencia sobre variedades con genes de resistencia conocidos.

D-Sativa fue la variedad que presentó mayor correlación con la localidad Acarigua para los tres años (Fig. 2), esto pudiera deberse a la adaptación del patógeno, dado el incremento de la superficie sembrada de esta variedad en los últimos años en esa región, lo cual aumenta la presión de selección ejercida sobre las poblaciones del patógeno.

Consenso entre respuestas de las variedades evaluadas en umbráculo y campo. Al estudiar el consenso

Cuadro 2. Tipo de reacción de 11 variedades de arroz evaluadas en campo los años 2004, 2005 y 2006 en las localidades Calabozo, Barinas y Acarigua.

Genotipo	Cal04A	Cal05A	Cal06A	Ba04A	Ba05A	Ba06A	Aca04A	Aca05A	Aca06A
Araure1	S	S	S	S	S	S	I	S	I
D-Oryza	-	R	R	-	R	R	-	R	R
Fedearroz 50	R	I	R	R	R	I	R	R	R
Palmar	R	I	S	R	R	R	R	I	R
Araure4	S	I	S	S	I	S	R	I	R
Fonaiap1	I	I	I	R	R	I	I	I	I
Cimarrón	S	S	S	S	S	S	I	S	R
IR-8	S	S	S	S	I	S	I	I	R
D-Sativa	I	I	S	I	R	S	S	S	S
Blubonnet 50	S	I	S	S	I	I	I	I	R
Fanny	S	S	S	S	S	S	S	S	S

S = Susceptible; I = Intermedio; R = Resistente; Cal = Calabozo; Ba = Barinas; Aca = Acarigua. 04A, 05A y 06A corresponden a los periodos de lluvias de los años 2004, 2005 y 2006, respectivamente.

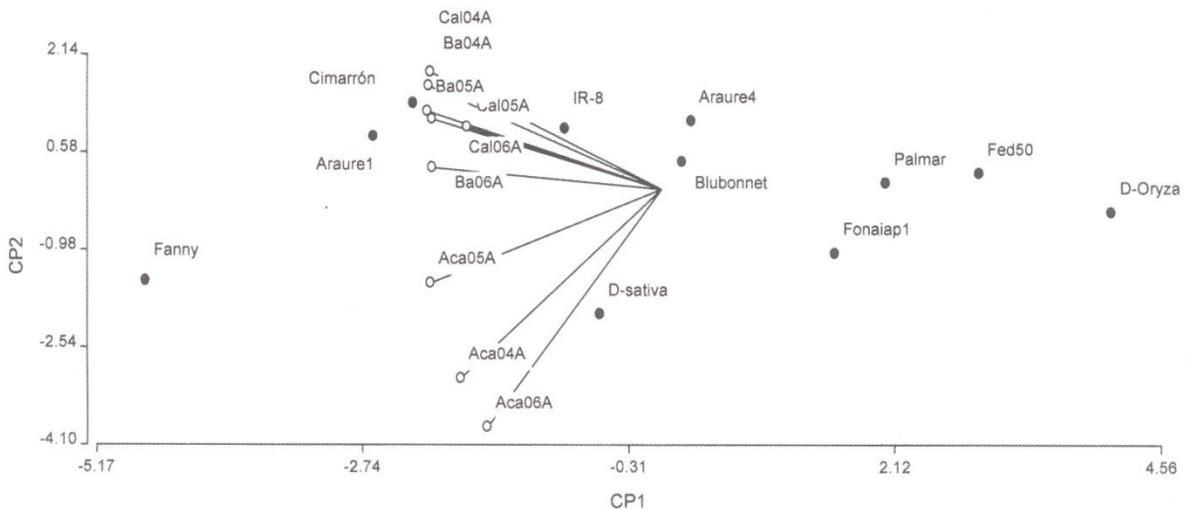


Fig. 2. Representación grafica del ACP obtenido para la evaluación en campo de las variedades en nueve ambientes (Calabozo, Barinas y Acarigua) X (2004, 2005 y 2006).

existente entre la evaluación de la resistencia en umbráculo y campo, mediante el análisis de procrusters generalizado, los resultados muestran un consenso del 89% entre ambas respuestas, explicando un 89,8% de la variabilidad presente en ambas evaluaciones. Por lo tanto, se puede decir que la susceptibilidad o resistencia de los cultivares medidas en umbráculo y campo son similares, pero no totalmente coincidentes. La configuración consenso muestra un grupo conformado por las variedades resistentes en campo y umbráculo como son: D-Oryza, Fedearroz 50, Palmar y Fonaiap 1 (Fig. 3).

Aun cuando los aislamientos utilizados en umbráculo se cree que representan la mayor parte de la variabilidad del hongo identificada en Venezuela, las vars Palmar, Fonaiap 1 y Fedearroz 50 fueron susceptibles o intermedias en algunos ensayos de campo y no en umbráculo. Esto indica que los aislamientos utilizados no representan totalmente la variabilidad genética del hongo, por lo que es necesario un constante monitoreo y estudio de la población del patógeno e incorporar nuevos aislamientos para las evaluaciones de germoplasma, ampliando el rango de variabilidad del patógeno en concordancia con lo que se presente en campo.

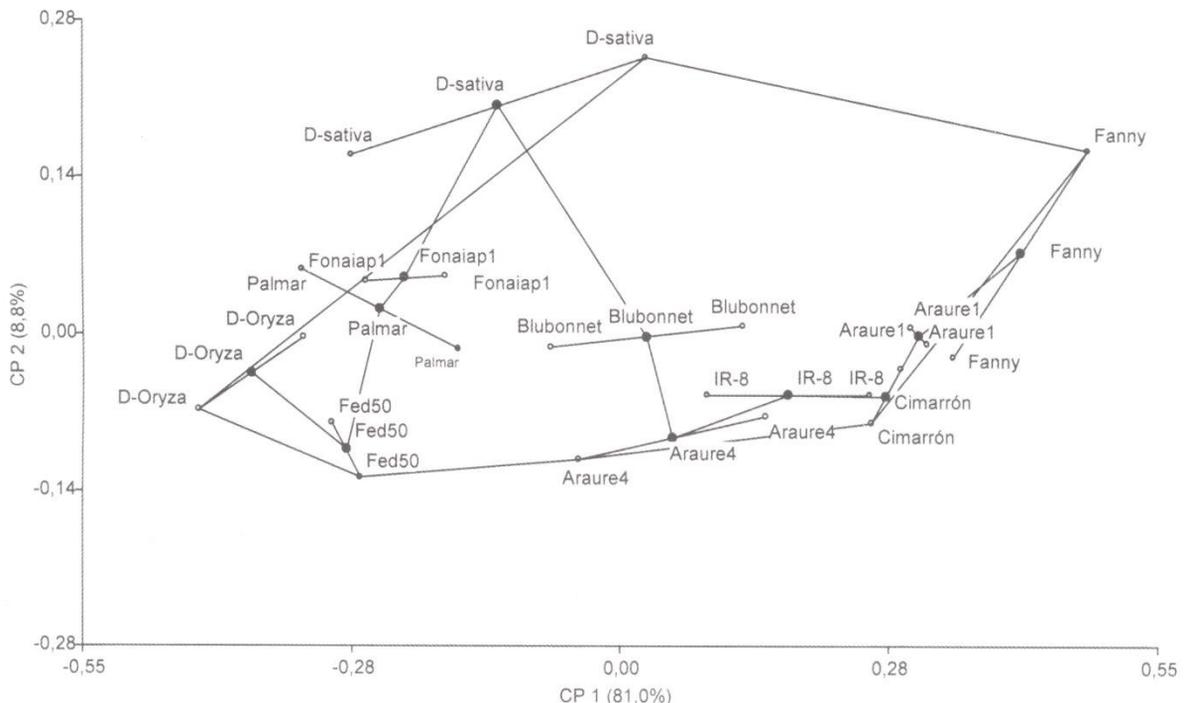


Fig. 3. Configuración consenso de las respuestas de las variedades bajo condiciones de invernadero y campo obtenido por el método de procruster generalizado.

En la identificación de fuentes de resistencia, el mejorador puede utilizar ambas estrategias para caracterizar la reacción de las variedades y considerarlas como fuentes para incorporar distintos genes de resistencia en las poblaciones de mejoramiento. Este trabajo permitió identificar las variedades D-Oryza, Fedearroz 50, Palmar y Fonaiap 1 como las más resistente a hongo *P. grisea*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Ing. Rosa Alvarez (INIA-Portuguesa), Ing. Carlos Landaeta (APROSCELLO) e Ing. Elisa Funes (MIDA-Calabozo) por suministrar semillas de algunas de las variedades evaluadas. A los T.S.U. Zulay Peña, Patric Noguera y Carlos Lozada quienes colaboraron en las evaluaciones de campo, y a Sarahy Sanz y Odalys Rodríguez por su colaboración en el ensayo de umbráculo. Muy especialmente a la Ing. María Navas (INIA-Barinas) quien contribuyó en los ensayos desarrollados en Barinas.

LITERATURA CITADA

- Ahn, S.W. 1994. International collaboration on breeding for resistance to rice blast. In: Rice Blast Disease. R.S. Zeigler, S.A. Leong, and P.S. Teng (eds.). CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp.137-153.
- Arnao, E., González, A., Jayaro, Y., Borges O., Ramis C. y Galindo Iván. 2006 Avances en la identificación de marcadores moleculares asociados a un posible gen de resistencia a *Pyricularia grisea* en la variedad de arroz FONAIAP 1. Fitopatol. Venez. 19:39-41.
- Arnao, E., Vegas, A., Gutiérrez, Z. y Marín, C. 2003. Estandarización de la técnica de PCR para la caracterización genética de una población venezolana de *Pyricularia grisea*. Fitopatol. Venez. 16:3-7.
- Conaway-Bormans, C.A., Marchetti, M. A., Johnson, C.W, McClung, A.M. and Park, W.D.. 2003. Molecular markers linked to the blast resistance gene *Pi-z* in rice for use marker-assisted selection. Theor. Appl. Genet. 107:1014-1020.
- Correa-Victoria, F.; Zeigler, R.S. and Levy, M. 1994. Virulence characteristics of genetic families of *Pyricularia grisea* in Colombia. In: Rice Blast Disease. R.S. Zeigler, S.A. Leong, and P.S. Teng (eds.). CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp.211-229.
- Correa-Victoria, F.J. and Zeigler, R.S. 1994. Pathogenic variability in *Pyricularia grisea* at a rice blast "hot spot" breeding site in eastern Colombia. Plant Disease 77:1029-1035.
- George, M.L.C., Nelson, R.J., Zeigler, R.S. and Leung H. 1998. Rapid population analysis of *Magnaporthe grisea* by using rep-PCR and endogenous repetitive DNA sequences. Phytopathology 88:223-229.
- González, A., Gamboa, C., Tovar, L., Jayaro, Y., Ordoñez, E. y Borges, O. 2003. Evaluación de materiales de arroz de los ensayos élites y preliminar de rendimiento para resistencia a *Pyricularia grisea* en Fundación Danac. Fitopatol. Venez. 16:57 (Resumen).
- Guimarães, E.P., Ospina, Y. y Correa-Victoria, F. 1996. Empleo del concepto de linajes de *Pyricularia grisea* para escoger germoplasma de arroz resistente. Fitopatol. Venez. 9: 2-6.
- Infostat. 2002. Grupo Infostat. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. s.p.
- International Rice Research Institute (IRRI) 2002. Standard Evaluation System for Rice (SES). Los Banos, Philippines. pp.15-16
- Levy, M., Romao, J., Marchetti, M.A. and Hamer, J.E. 1991. DNA fingerprinting with a dispersed repeated sequence resolves pathotype diversity in the rice blast fungus. Plant Cell 3:95-102.
- Navas, M., Torres, O., Salazar, M., Álvarez R., Moreno O., Reyes E., Delgado N., Acevedo M., Torrealba G., Castrillo W y Torres E. 2005. Evaluación de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L) a su reacción a las principales enfermedades en el campo experimental del CIAE-Barinas. Fitopatol. Venez. 18:56 (Resumen).
- Roy-Barman, S. and Chatto, B.B. 2005. Rice blast fungus sequence. Current Science 6:930-931.
- Zambrano, A.Y., Vegas, A., Cardona, R., Gutiérrez Z. y Demey J. 2006. Estructura genética y diversidad de linajes de *Pyricularia grisea* en la zona arrocera venezolana. Interciencia 31:62-66
- Zeigler, R.S., Tohme, J., Nelson, R., Levy, M. and Correa-Victoria, F.J. 1994. Lineage exclusion: a proposal for linking blast population analysis to resistance breeding. In: Rice Blast Disease. R.S. Zeigler, S.A. Leong, and P.S. Teng (eds.). CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp. 267-292.