

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, LA ADAPTABILIDAD Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ, BAJO CONDICIONES DE SECANO Y RIEGO. PANAMÁ. 2002-2003.

**Ismael Camargo ¹; Luisa Martínez ²; Nerys García ²; Eric Batista ²;
Eduardo Rivera ²; Rubén Rodríguez ²; Pedro Him ²; Eric Quirós ²;
Benjamín Name ²; Rubén Samaniego ²; Luis Muñoz ²;
Gabriel Montero.²**

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar y seleccionar la mejor respuesta en rendimiento, la adaptabilidad y otras características agronómicas e industriales, se evaluaron 22 genotipos de arroz de ciclo precoz, en 10 localidades en secano y en riego. Se efectuó un análisis de varianza combinado y las medias fueron separadas por medio del DMS ($P < 0.05$). Para estimar la estabilidad se utilizó el modelo AMMI y el Biplot GGE_{SREG} . Los resultados, para el sistema de secano, indicaron baja incidencia promedio de enfermedades foliares especialmente NBI, ShR, GID y ataques moderados de BI, LSc y ShB. Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en rendimiento de grano, sobresaliendo VIOAL 25-97, la cual no mostró diferencia estadística con FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 y FLAR 126-00. En calidad de grano, el rendimiento total (RT) fluctuó entre 63.3 a 67.8%, con valores de granos enteros (GE) entre 47.9 y 58.1%, mientras el centro blanco (CB) fluctuó entre 1.4 y 3.8. La digestión alcalina (DA) mostró 11 genotipos con grados de dispersión entre 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, nueve genotipos con grado de 4 a 5 considerados intermedios y dos genotipos con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización. El cultivar VIOAL 25-97 fue el genotipo que mejor respondió a los estímulos ambientales. Los cultivares IDIAP L-7 y CR 5272 presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes. El modelo Biplot GGE_{SREG} identificó, como genotipos ideales, al FLAR 126 y COPROSEM 2. Los resultados para el sistema de riego, mostraron una baja incidencia de enfermedades foliares. Por otro lado, el estadístico DMS ($P < 0.05$) indicó diferencias significativas en rendimiento de grano, el grupo elite está constituido por 13 genotipos, Colombia XXI, FLAR 126-00, VIOAL 25-97, FLAR 179-00, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LICI 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 y ACARIGUA 25, los cuales fueron estadísticamente diferentes entre sí. Los parámetros de calidad de granos, mostraron porcentajes de RT fluctuando entre 66.1 a

¹ Ph.D. Fitomejoramiento. Coordinador del Proyecto de Arroz. IDIAP, Panamá. Apdo 6-4391, Panamá.
e-mail: icamargo@cwpanama.net

² Investigadores Agrícola del Proyecto de Arroz. IDIAP, Panamá.

70.5%, con valores de GE entre 53.7 y 58.1%, mientras que la incidencia de CB en los granos fluctuó entre 1.2 y 3.8. Para la DA, el 50% de genotipos presentó grados de 6 y 7, 41% con grado de 4 y 5 y 9% con grado inferior a 4. Los cultivares Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1 fueron considerados por el Biplot GGE, como los genotipos que mejor respondieron a los estímulos ambientales. Los cultivares IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 438-98 fueron los que presentaron el comportamiento más pobre. La gráfica muestra que el genotipo ideal, bajo condiciones de riego, fue Colombia XXI.

PALABRAS CLAVES: *Oryza sativa*; arroz; variedades; adaptación; rendimiento; arroz de secano; Panamá.

EVALUATION OF THE YIELD, THE ADAPTABILITY AND OTHER CHARACTERISTICS OF 22 CULTIVATES OF RICE OF EARLY CYCLE UNDER CONDITIONS OF DRY LAND AND IRRIGATION.

With the objective of evaluate the response in yield, the adaptability and other agronomical and industrial characteristics, 22 genotypes of rice of early cycle were evaluated, in 10 localities in dry land and six in irrigation. Combined variance analysis was carried out and the averages were separated by the DMS ($P < 0.05$). To estimate the stability model AMMI and the GGE_{SREG} Biplot were used. The results for the system of dry land, show a low incidence of foliar disease especially NBI, ShR, GID and moderate attacks of BI, LSc and ShB. There were significant differences ($P < 0.05$) in yield of grain, VIOAL 25-97, which did not differ statistically from FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 and FLAR 126-00 standing out. As grain, the total yield (RT) fluctuate among 63.3 to 67.8%, with values of entire grains (GE) between 47.9 and 58.1%, while the white center (CB) fluctuated between 1.4 and 3.8. The alkaline digestion (DA) showed 11 genotypes with degrees of dispersion among 6 and 7 with low temperature of gelatinization, nine with degrees from 4 to 5 considered intermediate and two with degree inferior to 4 with high temperature of gelatinization. Cultivate VIOAL 25-97 was the genotype that better response to the environmental stimulate. The cultivates IDIAP L-7 and CR 5272 presented the poorest behavior. The model GGE_{SREG} Biplot identified as ideal genotypes, FLAR 126 and COPROSEM 2. The results for the system of irrigation, show a low incidence of foliar disease. The statistical DMS ($P < 0.05$) indicated significant differences in yield of grain, the elite group is constituted by 13 genotypes, Colombia XXI, FLAR 179-00, FLAR 126-00, VIOAL 25-97, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LIC1 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 and ACARIGUA 25, that did not differ statistically among themselves. The parameters of quality of grains showed percentages of RT fluctuating between 66.1 to 70.5%, with values of GE between 53.7 and 58.1%. The incidence of CB in the grains fluctuated between 1.2 and 3.8. For DA, 50% of genotypes presented degrees of 6 and 7, 41% with degree of 4 and 5 and 9% with degree inferior to 4. The cultivates Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 and COPROSEM 1 were considered by the GGE_{SREG} Biplot as the genotypes that better response to the environmental stimulate. The cultivates IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 and FLAR 438-98 were those that presented the behavior but poor. The graph shows that the ideal genotype, under conditions of irrigation, was Colombia XXI.

KEYWORDS: *Oryza sativa*; rice; genotypes; adaptation; rendimiento; rice of early cycle; Panama.

INTRODUCCIÓN

Los cultivares experimentales y comerciales de granos como el arroz, son evaluados en ensayos conducidos en numerosas localidades y años. Diferentes características agronómicas e industriales de los mismos son utilizadas para la selección de los genotipos superiores e identificar los mejores sitios para la siembra en las regiones de interés. No obstante, cuando se efectúan estos trabajos de investigación se enfrenta el fenómeno de la interacción genotipo x ambiente ($G \times A$), el cual afecta el comportamiento de los genotipos cuando son evaluados a través de ambientes contrastantes (localidades, épocas, años, etc.). Por consiguiente, se dificulta la identificación y selección de los mejores genotipos.

En el estudio de este fenómeno es necesario integrar los conceptos de adaptabilidad y estabilidad, para definir el comportamiento de los genotipos. La adaptabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente, en cuanto que la estabilidad, se refiere a la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental (Lin y col., 1986; Lin y Binns, 1994).

El desarrollo del modelo AMMI (Efectos principales aditivos e inter-

acción multiplicativa), que integra análisis de varianza, regresión conjunta y de componentes principales, ha contribuido a un entendimiento mejor de la interacción Genotipo x Ambiente (Zobel y col., 1988; Gauch y Zobel, 1988; 1989; Crossa, 1990; Crossa y col., 1990, 1991). Recientemente fue desarrollado el modelo Biplot GGE_{SREG} (Yan y col., 2000). Esta metodología permite analizar gráficamente los datos proveniente de ensayos en múltiples localidades y años. El GGE, se refiere al efecto principal de genotipo (G) más la interacción genotipo x ambiente (GE), las cuales son las dos fuentes de variación más relevantes en la evaluación de cultivares.

La gráfica Biplot GGE permite visualizar: Las similitudes y diferencias entre genotipos y las localidades y la respuesta diferencial de los genotipos; la naturaleza (positiva vs. negativa) y magnitud de la interacción entre cualquier genotipo y cualquier localidad (Yan y col., 2000; 2001; Yan y Rajcan, 2002).

El estudio tuvo como objetivos evaluar y seleccionar los cultivares de arroz de ciclo precoz que igualen o superen a los mejores testigos comerciales en los sistemas de secano y riego, para satisfacer la demanda de los productores, procesadores y consumidores de este importante grano.

CUADRO 1. UBICACIÓN DE LAS LOCALIDADES DONDE SE EFECTUARON LAS EVALUACIONES DE LOS 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ EN LOS SISTEMAS DE SECANO Y RIEGO. IDIAP 2002-2003.

N°	Localidades	Distrito	Provincia
SISTEMA DE SECANO			
1	Campo Experimental	Alanje	Chiriquí
2	La Esperanza	Barú	Chiriquí Occidente
3	Calabacito	San Francisco	Veraguas
4	Divisa	Santa María	Herrera
5	INA	Cañazas	Veraguas
6	Remedios	Remedios	Chiriquí Oriente
7	Sup. Campesina	Chepo	Panamá Este
8	Trinchera	Soná	Veraguas
9	El Coco	Penonomé	Coclé
10	El Cacao	Tonosi	Los Santos
SISTEMA DE RIEGO			
1	Canta Gallo	Alanje	Chiriquí
2	Jacú	Barú	Chiriquí Occidente
3	Remedios	Remedios	Chiriquí Oriente
4	San Lorenzo	San Juan	Chiriquí Oriente
5	Sup. Campesina	Chepo	Panamá Este
6	El Coco	Penonomé	Coclé

CUADRO 2. LISTADO DE LOS 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ Y SU ORIGEN, EVALUADOS BAJO LAS CONDICIONES DE SECANO Y RIEGO. IDIAP. 2002- 2003.

N°	Cultivares	Institución	País
1	ORYZICA 1	ICA-CIAT	Colombia
2	CR 5272	MAG	Costa Rica
3	IDIAP L-7	IDIAP	Panamá
4	ACARIGUA 25	IDIAP	Panamá
5	COPROSEM 1	El Aceituno/Coprosem	Colombia
6	COPROSEM 2	El Aceituno/Coprosem	Colombia
7	VIOAL 25-97	IDIAP	Panamá
8	Fede arroz 2000	FEDEARROZ	Colombia
9	Colombia XXI	FEDEARROZ	Colombia
10	LICI 56	IDIAP	Panamá
11	LICI 52	IDIAP	Panamá
12	FLAR 20-00*	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
13	FLAR 122-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
14	FLAR 126-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
15	FLAR 179-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
16	FLAR 185-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
17	FLAR 144-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
18	FLAR 145-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
19	FLAR 434-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
20	FLAR 439-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
21	FLAR 432-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
22	FLAR 203-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en 10 localidades bajo el sistema de secano y seis bajo riego en las principales regiones productoras de arroz de Panamá, en parcelas facilitadas por productores colaboradores durante el ciclo 2002 (Cuadro 1).

Material genético

El grupo de cultivares evaluados provienen de diferentes empresas del sector público y privado que operan en la región (Cuadro 2).

Manejo agronómico

La rata de siembra utilizada fue de 3 g/m. El manejo de la fertilización y control de malezas, se efectuaron de acuerdo a la tecnología generada por el IDIAP en las diferentes regiones productoras del grano.

Las enfermedades no se controlaron para permitir la diferenciación genética de los genotipos. Las plagas fueron controladas en casos de extrema necesidad.

El sistema de secano fue dependiente totalmente de la precipitación de cada zona y bajo ninguna circunstancia se aplicó riego suplementario, mientras que en el sistema con riego se mantuvo como mínimo, un riego por inundación cada semana. En algunas localidades fue posible mantener una lámina de agua de 5 a 10 cm de profundidad a partir de los 15 días después de siembra.

La unidad experimental constó de una parcela de 10 hileras de 5 m de longitud, separada a 0.20 m una de la otra. La parcela efectiva estuvo constituida por las seis hileras centrales a las que eliminamos, 0.50 m de borde en cada extremo (4.8 m²).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$X_{ijk} = \mu + G_i + B_j + A_k + (GA)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

en donde:

X_{ijk}	= Valor del carácter estudiado	A_k	= Efecto de ambiente
μ	= Media general	$(GA)_{ik}$	= Efecto G x A
G_i	= Efecto de Genotipo	ϵ_{ijk}	= Error Experimental
B_j	= Efecto de repetición		

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (ambiente aleatorio y genotipo fijo). Para la comparación de medias se utilizó el análisis de separación de medias, a través de la diferencia mínima significativa (DMS = $P < 0.05$).

Análisis de adaptabilidad y estabilidad

Para el análisis se utilizó el modelo efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales (Zobel y col., 1988). El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum^n \lambda_n Y_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

en donde:

Y_{ge} = Rendimiento del genotipo g
en el ambiente e

μ = Media General

λ_n = Es el valor singular para el
PCA

N = Número de PCA en el modelo

Y_{gn} = Valores de vectores de
genotipos (PCA)

α_g = Efecto de las desviaciones de
las medias de los genotipos

β_e = Efecto de las desviaciones de
las medias del ambiente

δ_e = Valores de los vectores para
cada ambiente (PCA)

ρ_{ge} = Residual

El análisis AMMI, fue realizado por medio del programa en SAS escrito por Vargas y Crossa (2000).

Gráfica Biplot GGE_{SREG}

La gráfica Biplot GGE_{SREG} (Yan y col., 2000; Yan y Hunt, 2002) permite determinar el cultivar con mejor comportamiento en un ambiente específico; identificar el ambiente mas apropiado para un cultivar específico; comparar cualquier par de cultivares en un ambiente; determinar el mejor cultivar

para cada ambiente y la diferenciación de mega-ambientes. Posteriormente, Yan y col. (2001), mostró que este gráfico permitía además, identificar al genotipo ideal como aquel con altas puntuaciones en el PCA 1 (asociado a medias de rendimiento altas), y las puntuaciones en el PCA2 cercanas a cero, esto último indica la estabilidad del cultivar a través de los ambientes contrastantes. El mismo criterio se aplica para determinar el ambiente ideal.

Además, en el Biplot GGE, los genotipos que se encuentran ubicados hacia el centro de la gráfica son menos responsivos que aquellos localizados en las esquinas o vértices del polígono, los cuales se consideran más responsivos (positiva o negativamente). También pueden ser visualmente identificadas las mejores y peores localidades, esta información es utilizada para identificar los mega-ambientes en las regiones de interés. Los cultivares ubicados en las esquinas o sectores donde no hay localidades son consideradas de pobre comportamiento en la mayoría de las localidades evaluadas (Yan y col., 2000; 2001; Yan, 2001; Yan y Rajcan, 2002; Kaya y col., 2002).

Las características se calificaron de acuerdo al Sistema de Evaluación Estándar para Arroz IRRI-CIAT y las mismas fueron: Vigor (Vg), mancha ojival (MO), altura de planta (Ht), **Cercosporiosis** (NBS), resistencia al acame (Ldg), **Sarocladium** (ShR), días a floración (FI), Falso carbón (FSm), días a maduración (Mat), Bacteriosis (BB), rendimiento de grano en t/ha al 14% de humedad (REND), rendimiento total (RT), Piricularia al follaje (BI), granos enteros (GE), Piricularia al cuello de la panícula (NBI), granos quebrados (GQ), **Helminthosporium** (BS), Centro Blanco (CB), Hoja blanca (HB), digestión alcalina (DA), escaldado (LSc), **Rhizoctonia** (ShB).

La evaluación de la calidad del grano se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por el CIAT (Arregocés y Zamorano, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. *Evaluación en el Sistema de Secano*

Condiciones ambientales

Las condiciones climáticas durante el período de siembras del arroz, correspondiente al ciclo 2002, se caracterizó por un comportamiento errático de las lluvias específicamente en el litoral Pacífico del país, influenciado por el fenómeno del "Niño" (ENOS). Esta situación afectó las siembras comerciales de arroz especialmente las tardías; puesto que, dejó de llover a mediados de noviembre en todo el país, reduciendo significativamente el rendimiento de grano, en las siembras atrasadas de Coclé, Tonosí y la segunda coa de Chiriquí. Estas condiciones climáticas adversas también afectaron nuestro sistema nacional de evaluación de cultivares, ya que en los experimentos ubicados en las localidades de Divisa, INA y Tonosí, la producción de grano fue severamente afectada por la sequía, específicamente en las dos primeras fue tan severa que algunos cultivares que no produjeron granos.

Análisis de medias

El análisis combinado de medias para las variables en estudio es presentado en el Cuadro 3. Los resultados muestran que la floración, bajo las condiciones de secano, fluctuó de 77 ± 4 días en COPROSEM 2, hasta los 89 ± 4 días después de siembra (dds) en el FLAR 439-98, con media general del ensayo de 83 días, correspondiendo a la definición de precoz.

Se observó baja incidencia promedio de enfermedades foliares, especialmente Piricularia al cuello de la panícula, añublo bacterial, manchado de grano y ataques moderados de Piricularia al follaje, escaldado de la hoja y *Rhizoctonia*. Estas evaluaciones muestran diferencias significativas de acuerdo al DMS ($P < 0.05$) entre los cultivares para las diferentes enfermedades evaluadas.

En cuanto a la Piricularia al follaje IDIAP L-7 y ORYZICA 1 presentaron los mayores niveles de susceptibilidad con evaluaciones promedios de 6 y 4, respectivamente. Para el caso de Piricularia al cuello de la panícula, IDIAP L-7 y Colombia XXI tuvieron las evaluaciones más altas. La presencia de plantas con síntomas de Hoja blanca y bacteriosis se observaron en algunos cultivares y ambientes. Por otro lado, hubo diferencias en rendimiento de grano, sobresaliendo la línea avanzada VIOAL 25-97, la cual no mostró diferencia estadística con las líneas experi-

mentales FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 y FLAR 126-00. Todas ellas, a excepción de ACARIGUA 25, presentaron porcentaje de rendimiento total y de granos enteros sobre la media del experimento, que fue de 67.3 y 53.5%, respectivamente.

A pesar de que las condiciones de secano no fueron las más favorables, los materiales presentaron parámetros de calidad de granos, con porcentaje de rendimiento total fluctuando entre 62.8% en el FLAR 439-98 a 69.8% en el FLAR 185-00. Los valores de granos enteros oscilaron entre 46.9% en el FLAR 432-98 y 59.0% en el FLAR 122-00, mientras que la incidencia de centro blanco en los granos fluctuó entre 1.4 y 3.8 en la escala de 1 a 5, estos valores están relativamente altos de acuerdo a los parámetros de selección. Destacándose además, que los materiales más rendidores presentaron valores de CB superiores a 2, tal vez influenciados por condiciones adversas después de la antesis o por deficiencias en el manejo post-cosecha.

En cuanto a DA, 11 genotipos presentaron grados de dispersión entre 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, 9 con grado de 4 a 5 considerados intermedios y dos con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización. Las temperaturas de gelatinización baja e intermedia indican que el arroz tiene buena absorción de agua y quedará suelto y seco después

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO t/ha (14%) Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ BAJO EL SISTEMA DE SECANO, COMBINADO DE 10 LOCALIDADES, IDIAP, 2002.

Cultivar	LDG (1-9)	HT (cm)	FL (Días)	BL (1-9)	NBL (1-9)	LSC (1-9)	SHR (1-9)	GLD (1-9)	REND (t/ha)	RT (%)	GE (%)	CB (1-5)	DA (1-7)
VICAL 2597	2(9)	86±12	80±6	2(7)	2(5)	3(7)	2(5)	2(4)	4,049±2,27	67,1±3,9	55,9±6,6	2,7±0,7	7,0±0,0
FLAR144-98	2(9)	88±12	80±5	2(6)	3(7)	3(9)	2(7)	2(4)	3,901±1,99	68,0±2,2	56,9±3,3	2,2±0,7	4,0±0,0
FLAR145-98	3(9)	86±11	81±5	3(7)	3(7)	4(9)	2(5)	2(4)	3,797±2,04	68,9±2,2	56,5±9,2	2,0±0,6	5,2±1,0
Acañigua 25	3(9)	92±15	84±7	3(5)	2(7)	3(7)	2(7)	3(5)	3,732±2,07	66,2±5,9	48,0±1,40	2,5±1,0	6,4±1,0
FLAR126-00	2(7)	91±12	84±7	2(5)	2(5)	3(5)	2(5)	2(5)	3,675±1,98	68,2±2,2	58,6±3,9	1,7±0,6	6,8±0,2
FLAR122-00	2(9)	89±13	80±5	2(7)	2(5)	3(9)	2(5)	2(5)	3,641±2,16	69,4±6,4	59,0±6,9	2,1±1,1	6,8±0,2
COPROSEM 2	3(9)	90±12	77±4	2(7)	3(9)	3(9)	2(5)	3(7)	3,567±2,14	69,5±2,6	55,0±9,1	3,4±1,0	6,9±0,1
FLAR179-00	3(9)	91±12	81±4	2(7)	2(6)	3(7)	2(5)	3(6)	3,545±1,98	68,8±5,9	54,9±9,7	2,1±0,8	4,3±0,5
COPROSEM1	2(9)	93±13	84±6	3(7)	2(7)	3(9)	2(7)	2(4)	3,495±2,14	67,9±4,3	54,7±5,6	2,2±0,6	6,8±0,2
FLAR185-00	2(8)	89±12	84±5	2(7)	2(7)	4(9)	2(5)	2(5)	3,480±2,06	69,8±4,2	56,5±6,5	2,3±0,9	5,9±0,9
Federoz 2000	3(8)	93±16	85±5	3(7)	3(9)	3(5)	2(5)	2(5)	3,469±2,22	66,8±5,6	52,1±7,8	1,9±0,2	7,0±0,0
LICI 56	4(9)	101±15	84±6	2(5)	2(5)	4(9)	2(5)	2(5)	3,431±1,92	68,0±4,3	51,0±8,9	1,8±0,8	4,5±0,5
FLAR203-00	2(9)	90±11	80±5	2(5)	2(4)	4(7)	2(5)	2(4)	3,425±1,98	68,5±3,5	55,2±5,7	2,0±1,0	5,3±1,5
LICI 52	3(9)	102±16	84±7	2(9)	2(3)	4(9)	2(3)	2(5)	3,292±1,74	66,6±5,3	49,8±10,2	1,8±1,3	4,1±0,2
FLAR439-98	1	89±12	89±4	3(5)	2(5)	3(5)	2(5)	2(5)	3,213±2,17	62,8±5,3	48,6±10,1	1,4±0,6	4,0±0,3
FLAR432-98	1(4)	90±12	87±6	2(5)	2(7)	2(5)	2(5)	2(6)	3,213±2,06	63,1±4,8	46,9±6,9	1,4±0,3	3,8±0,3
Colombia XXI	2(9)	93±16	84±9	2(6)	4(9)	3(5)	3(5)	3(9)	3,203±2,01	63,9±6,2	47,3±7,5	2,4±0,9	6,9±0,1
ORYZICA 1	3(9)	85±12	84±7	4(7)	3(9)	4(9)	2(7)	3(7)	3,184±2,05	67,3±3,7	53,8±7,2	2,2±0,7	7,0±0,0
FLAR200*	3(9)	91±13	80±7	2(5)	2(5)	3(9)	2(5)	2(6)	3,130±1,84	68,1±5,7	56,1±12,2	1,7±0,6	6,4±0,7
FLAR434-98	1(2)	88±14	85±8	2(4)	2(3)	3(5)	2(7)	2(6)	3,094±1,96	64,6±3,2	48,1±6,4	2,1±1,2	4,4±1,1
CR 5272	2(9)	85±15	86±7	3(7)	2(5)	3(9)	2(7)	2(6)	2,744±1,87	69,7±2,8	57,5±5,3	3,8±1,3	4,0±0,0
IDIAP L-7	1(4)	78±10	81±4	6(9)	5(9)	4(9)	3(5)	3(5)	2,060±1,71	68,2±3,1	54,7±5,6	2,0±0,9	3,7±0,2
Promedio	2	90	83	3	2	3	2	2	3,379	67,3	53,5	2,2	5,5
DMS	0,8	3	2	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,400				

de cocido. Por el contrario, la temperatura de gelatinización alta indica que quedará pegajoso después de cocido (Arregocés y Zamorano, 1979) (Cuadro 3).

Interacción genotipo-ambiente

El análisis de varianza AMMI (Cuadro 4), para rendimiento de grano de los 22 genotipos evaluados en diez ambientes, muestran que el 74.2% de la suma de cuadrados total fue atribuible a los efectos ambientales y solamente un 4.1% a los efectos genotípicos y 10.9% a la interacción. La mayor suma de cuadrados para ambiente indica que los ambientes son diferentes y contrastantes con grandes diferencias entre las medias ambientales, ocasionando fluctuaciones en el rendimiento de grano. La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A fue 2.6 veces

mayor que la de genotipo, indicando que hubo diferencias sustanciales en la respuesta de los genotipos a través de los ambientes.

En la Figura 1 se presenta la gráfica GGE Biplot, para los dos primeros factores del componente principal, los 22 cultivares y las 10 localidades de secano, solamente para la variable rendimiento de grano. Ambos factores están explicando el 64% de la interacción genotipo x ambiente, el PCA-1 explica el 50% de la interacción y el PCA-2 que captura el 14%.

Efecto de genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE, los genotipos que se encuentran localizados cerca del centro (Figura 1) son los que menos respondieron a los diferentes ambientes, en cambio, aquellos ubicados en los vértices o es-

CUADRO 4. ANÁLISIS AMMI PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 22 CULTIVARES DE ARROZ EVALUADOS EN DIEZ AMBIENTES BAJO CONDICIONES DE SECANO. IDIAP. PANAMÁ. 2002.

FV	gl	SC	CM	%
Modelo	221	2425.036	10.973**	
Amb. (A)	9	2015.343	223.927**	74.2
Geno. (G)	21	111.030	5.28	4.1
G x A	189	295.331	1.56	10.9
PCA1	29	134.7	4.64	50.0
PCA2	27	53.11	1.97	14.0
Error	438	291.909	0.666	
Total	659	2716.945		

** Diferencia altamente significativa (P<0.01).

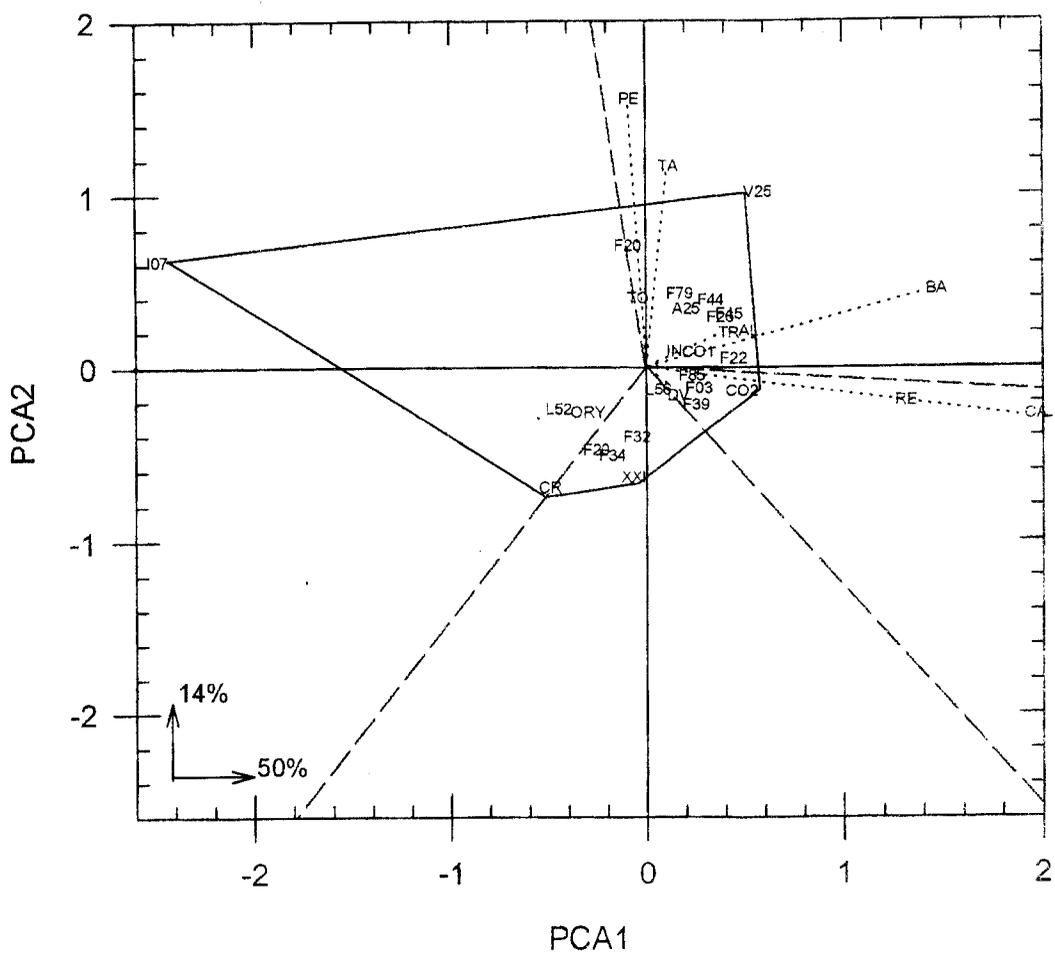


FIGURA 1. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de 22 cultivares de arroces precoces en 10 ambientes de Secano, Panamá, 2002 (GE Bipot).

quinas del polígono son los que más respondieron positiva o negativamente, dependiendo del signo y la magnitud de la puntuación. En este grupo tenemos VIOAL 25-97, IDIAP L-7, CR 5272, Colombia XXI y COPROSEM 2.

El cultivar VIOAL 25-97 fue identificado por el modelo como el cultivar con mejor adaptabilidad, o sea, es considerado el genotipo que mejor respondió a los estímulos ambientales, bajo el concepto de adaptabilidad de Lin y col. (1986) y Lin y Binns (1994); específicamente, tuvo un buen desempeño en las localidades de Barú, Tanara, Penonomé, Remedios y Tonosí.

Las variedades comerciales IDIAP L-7 y CR 5272, fueron las que presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes, especialmente la IDIAP L-7 que además de su pobre comportamiento fue bien diferente al de los otros genotipos.

En Figura 1 se muestra igualmente que los genotipos ideales, fueron FLAR 126 y COPROSEM 2 por presentar puntuaciones altas en el PCA1 (rendimientos sobre la media del ensayo) y puntuaciones cercanas a cero en el PCA2, características que lo identifican como genotipos con buena estabilidad del rendimiento.

Efectos de los ambientes

Los ambientes fueron agrupados en dos sectores, el primero conformado por las localidades de Remedios, Calabacito y Divisa. En el otro sector se ubicaron los sitios: Penonomé, Alanje, Trinchera, INA, Tanara, Penonomé y Tonosí, donde el genotipo superior fue VIOAL 25-97.

La localidades Penonomé, Barú y Calabacito fueron las que mejores discriminaron a los cultivares indicado por la mayor longitud de los vectores de estas localidades.

2. *Evaluación en el Sistema de Riego*

Condiciones ambientales

El sistema de riego consistió básicamente en mantener las parcelas experimentales a capacidad de campo, este fue el manejo practicado en las localidades de Remedios, Tanara y Alanje; mientras que, en Jacú, San Lorenzo y Penonomé se mantuvo una lámina de agua a partir de los 15 días después de siembra. Fue notable que en las tres localidades donde se mantuvo lámina de agua los rendimientos fueron superiores a los obtenidos en las tres localidades donde solamente se mantuvo la humedad en el campo.

Análisis de medias

El análisis combinado de medias para algunas de las variables en estudio se presenta en el Cuadro 5, observando que, bajo el sistema de riego, la floración fluctuó entre 70 ± 4 días en el COPROSEM 2 y el FLAR 20-00, hasta 80 ± 4 días en el CR 5272; la media del ensayo estuvo en 75 días, o sea, una precocidad de 8 días en relación a la media observada en el mismo juego de materiales bajo secano.

Por otro lado, se observa una baja incidencia promedio de enfermedades foliares especialmente BI, NBI, LSc, ShB y GID. Los resultados también muestran diferencias significativas de acuerdo al DMS ($P < 0.05$) entre los cultivares para algunas de las enfermedades evaluadas. La baja incidencia promedio de enfermedades en las parcelas experimentales, no indica tolerancia absoluta de los genotipos.

El estadístico DMS ($P < 0.05$) indica que hubo diferencia significativa en rendimiento de grano, el grupo élite está constituido por 13 genotipos, sobresaliendo la variedad Colombia XXI, la cual no fue diferente estadísticamente de las líneas experimentales FLAR 126-00, VIOAL 25-97, FLAR 179-00, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LICI 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 y ACARIGUA 25. Todas

ellas, a excepción de ACARIGUA 25, presentaron porcentajes de granos enteros sobre la media del experimento, que fue de 58.2%.

Bajo las condiciones de riego, los materiales presentaron mejores parámetros de calidad de granos, con porcentaje de rendimiento total que fluctuó entre 66.1 a 70.5%, con valores de GE entre 53.7 y 58.1%. La incidencia de centro blanco en los granos fluctuó entre 1.2 y 3.8 en la escala de 1 a 5. En total, seis cultivares presentaron calificación de centro blanco superior a 2; estos valores están relativamente altos de acuerdo a los parámetros de selección del proyecto de arroz. En cuanto a la digestión alcalina (DA), el 50% de los genotipos presentó grados de dispersión de 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, un 41% con grado de 4 y 5 considerados intermedios y 9% con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización.

Interacción genotipo-ambiente

El análisis de varianza AMMI para rendimiento de grano de los 22 genotipos (Cuadro 6), muestran que el 56.2% de la suma de cuadrados total fue atribuible a los efectos ambientales, con solamente un 7.9% a los efectos genotípicos y 12.4% a la interacción. La mayor suma de cuadrados para ambiente indica que los ambientes o sistemas de manejo del agua fueron diferentes en las localidades, con dife-

CUADRO 5. RENDIMIENTO PROMEDIO T/HA (14%) Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ BAJO EL SISTEMA DE RIEGO, COMBINADO DE SEIS LOCALIDADES, IDIAP, 2002.

Cultivar	LDG (1-9)	HT (cm)	FL (Días)	NBL (1-9)	LSC (1-9)	BS (1-9)	SHB (1-9)	GLD (1-9)	REND (t/ha)	RT (%)	GE (%)	CB (1-5)	DA (1-7)
Colombia XXI	1	102±6	75±4	2(3)	2(4)	2(5)	2(5)	2(5)	5,754±1,20	68,2±4,0	55,9±6,2	2,0±0,6	7,0±0,0
FLAR 126-00	1(5)	101±6	74±3	2(4)	2(4)	2(4)	2(3)	2(3)	5,676±1,17	67,5±3,2	58,0±5,7	1,4±0,2	6,8±0,1
VIOAL 2597	1(5)	101±8	72±3	2(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(5)	5,637±1,12	67,3±2,6	58,5±4,7	2,8±0,6	7,0±0,0
FLAR 179-00	2(6)	100±6	72±4	2(4)	2(5)	2(4)	2(5)	3(7)	5,619±1,45	68,7±3,2	61,1±4,8	1,4±0,3	6,9±0,1
ORYZICA 1	2(9)	96±7	74±3	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5,599±1,20	69,2±2,5	61,8±3,7	1,3±0,3	6,9±0,1
COPROSEM1	1(4)	102±8	75±4	1(2)	2(6)	2(4)	2(4)	2(3)	5,489±1,16	68,4±2,7	56,8±3,9	1,9±0,4	6,9±0,1
Fedearoz 2000	1(2)	103±5	78±4	1(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(3)	5,451±1,16	69,5±3,3	58,4±6,0	1,9±0,6	7,0±0,0
COPROSEM 2	2(8)	101±9	70±4	2(3)	2(4)	2(3)	2(5)	2(4)	5,428±1,30	68,2±3,5	58,6±4,4	3,8±0,8	7,0±0,0
FLAR 144-98	1(5)	96±7	73±4	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5,415±1,10	66,9±4,1	58,3±6,8	1,7±0,3	4,2±0,2
LICI 52	2(9)	109±13	75±4	2(4)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5,388±1,02	69,4±3,4	56,9±3,9	1,3±0,2	4,3±0,3
FLAR 122-00	1(5)	99±6	72±4	2(4)	2(5)	2(4)	2(5)	2(4)	5,374±1,01	69,4±3,0	59,5±5,9	1,3±0,2	6,9±0,1
FLAR 185-00	1(4)	101±7	74±4	2(3)	2(4)	2	2(3)	2(5)	5,365±1,18	70,0±2,7	58,0±5,7	2,4±0,7	7,0±0,0
ACARIGUA 25	1(5)	102±8	78±4	2(3)	2(6)	2(4)	2(5)	2(4)	5,350±1,32	66,1±5,0	53,7±6,9	2,1±0,6	5,0±1,5
FLAR 145-98	1(2)	98±8	73±3	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5,289±1,13	66,6±3,3	57,4±6,9	1,5±0,3	4,3±0,4
FLAR 439-98	1	99±8	78±3	1	2(3)	2(5)	1(5)	2(5)	5,248±1,11	66,5±3,2	57,0±5,6	1,2±0,2	4,1±0,1
FLAR 203-00	1(4)	101±9	71±3	2(3)	2(3)	2(4)	3(6)	2(5)	5,236±1,09	68,4±3,3	56,8±5,7	1,9±0,2	6,6±0,6
LICI 56	3(9)	113±9	75±3	2(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(5)	5,185±1,15	68,7±2,6	56,4±3,7	1,5±0,8	5,6±1,3
FLAR 20-00	1(5)	96±9	70±5	1(3)	2(3)	2(4)	2(5)	2(6)	5,013±1,07	69,7±2,5	62,6±4,0	1,7±0,4	7,0±0,0
IDIAP L-7	1	88±10	73±3	2(4)	2(5)	3(5)	2(5)	3(9)	4,843±1,18	70,5±4,0	63,5±6,5	1,6±0,5	4,1±0,1
FLAR 432-98	1(2)	98±7	79±3	1(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(4)	4,705±1,13	66,6±3,3	56,4±5,3	1,3±0,2	3,9±0,1
FLAR 434-98	1(5)	98±6	77±5	1(3)	2(4)	2(5)	2(5)	2(4)	4,635±0,98	64,4±4,0	54,0±5,4	1,4±0,3	4,3±0,6
CR 5272	1(5)	101±7	80±4	1(3)	2(5)	2(3)	2(5)	2(9)	4,543±1,41	70,3±7,2	61,2±10,0	3,2±1,0	4,0±0,0
Promedio	1,3	100	75	2	2	2	2	2	5,284	68,2	58,2	1,8	5,7
DMS	0,4	0,7	3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,422				

CUADRO 6. ANÁLISIS AMMI PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 22 CULTIVARES DE ARROZ EVALUADOS EN DIEZ AMBIENTES BAJO CONDICIONES DE SECANO. IDIAP. PANAMÁ. 2002.

		SC	CM	%
Modelo	133	428.516	3.222	
Amb. (A)	5	313.215	62.643**	56.2
Geno. (G)	21	43.841	2.087**	7.9
G x A	105	68.915	1.563**	12.4
PCA1	25	33.663	1.347**	48
PCA2	23	14.509	0.631	23
Error	262	128.633	0.491	
Total	395	557.148		

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

rencias entre las medias ambientales y variaciones en el rendimiento de grano como respuesta de los genotipos. La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A, fue 1.6 veces mayor que la de genotipo, indicando que hubo respuestas diferenciales de los genotipos a través de los ambientes; es decir, los cultivares con un comportamiento excelente en una localidad posiblemente no repitieron ese comportamiento en los otros ambientes.

En la Figura 2 se presentan graficadas las puntuaciones o valores del Biplot GGE, de los 22 cultivares y las seis localidades de riego, para la variable rendimiento de grano, y los dos factores del componente principal. Ambos factores explican el 71% de la

interacción genotipo ambiente, el PCA-1 explica el 48% de la interacción y el PCA-2 capturó el 23%.

Efectos de los genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE (Figura 2), los genotipos más responsivos positiva o negativamente, por estar ubicados en las esquinas del polígono, fueron: FLAR 179-00, Colombia XXI, VIOAI 25-97, FLAR 126-00, COPROSEM 1, FLAR 20-00, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 432-98.

Los cultivares Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1 fueron considerados por el modelo como los genotipos que mejor respondieron a los estímulos ambientales concepto de adaptabilidad de Lin y col.,

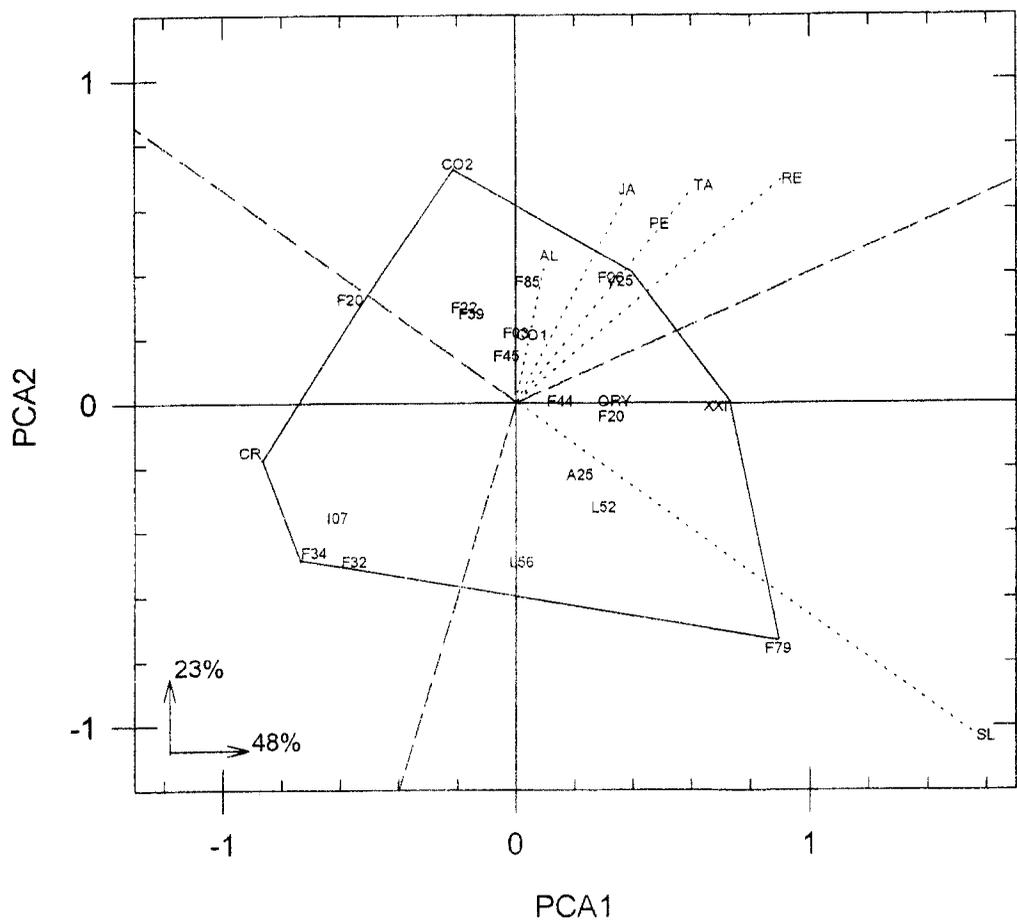


FIGURA 2. Puntuaciones del primero y segundo eje del componente principal de 22 cultivares de arroz precoces en 6 ambientes de Riego, Panamá, 2002 (GGE-Biplot).

(1986), Lin y Binns (1994), específicamente tuvieron buen desempeño en las localidades de Alanje, Jacú, Remedios, San Lorenzo, Tanara y Penonomé. Mientras que el cultivar FLAR 179-00 se adaptó bien en San Lorenzo.

Los cultivares IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 432-98 presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes, por estar ubicados lejos de los sectores de marcación de las localidades. La gráfica Biplot GGE muestra que el genotipo ideal, bajo estas condiciones de riego, fue la variedad Colombia XXI por presentar puntuaciones altas en el PCA1 (rendimientos sobre la media del ensayo) y puntuaciones cercanas a cero en el PCA2, indicativo de su estabilidad para rendimiento de grano.

Efectos de los ambientes

Los ambientes fueron agrupados en dos sectores, el primero conformado por las localidades: Alanje, Jacú, Tanara, Penonomé y Remedios, sugiriendo que tienen la misma capacidad discriminatoria, donde el genotipo superior fue Colombia XXI. En el otro sector se ubica San Lorenzo que muestra ser diferente a todas las demás localidades y se considera por la longitud de su vector como el mejor ambiente para evaluar, puesto que discriminó los genotipos de manera diferente.

CONCLUSIONES

Sistema bajo Secano

- * Hubo respuestas diferentes de los cultivares ante las enfermedades evaluadas.
- * Se identificaron cinco líneas avanzadas: VIOAL 25-97, FLAR 149-98, FLAR 145-98, ACARI-GUA 25 y FLAR 126-00 con alto potencial de rendimiento y buena calidad de grano.
- * La línea avanzada VIOAL 25-97 fue identificada como el genotipo con mejor adaptabilidad.
- * El Modelo identificó a FLAR 126-00 y COPROSEM 2 como los genotipos con mejor estabilidad.
- * El modelo logró diferenciar dos grupos ambientales, siendo VIOAL 25-97 el genotipo superior.
- * Penonomé, Barú y Calabacito fueron los mejores ambientes para discriminar genotipos.

Sistema bajo Riego

- * Se registraron diferencias entre cultivares en su reacción ante las enfermedades
- * Se identificaron 13 genotipos destacados que combinan altos ren-

dimientos de grano (t/ha) y porcentaje de granos enteros en molino.

- * Los cultivares con mejor adaptabilidad a los ambientes de riego fueron Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1.
- * La variedad Colombia XXI mostró mejor estabilidad bajo condiciones de riego.
- * El modelo identificó dos grupos ambientales, siendo San Lorenzo el que mejor discriminó los genotipos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARREGOCÉS, O.; ZAMORANO, A. DE. 1979. Evaluación de la calidad del arroz. Autotutorial CIAT, 24 p.
- CROSSA, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy* 44: 55-85.
- CROSSA, J.; GAUCH, JR., H.G.; ZOBEL, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30: 493-500.
- CROSSA, J.; FOX, P.N.; PFEIFFER, W.H.; RAJARAM, S.; GAUCH, JR., H.G. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theor Appl. Genet.* 81: 27-37.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76: 1-10.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1989. Accuracy and selection success in yield trial analyses. *Theor Appl. Genet.* 77: 443-481.
- KAYA, Y.; PALTA, C.; TANER, S. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. *Turk J. Agric.* 26: 275-279.
- LIN C.S.; BINNS, M.R. 1994. Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. *Plant Breeding Reviews* 12: 271-297.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITH, L.P. 1986. Stability Analysis. Where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- VARGAS, M.; CROSSA, J. 2000. The AMMI analysis and graphing the biplot. *Biometrics and Statistic Unit. CIMMYT.* 42 p.

- YAN, W. 2001. GGE biplot - A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93: 1111-1118.
- YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2002. Biplot analysis of diallel data. *Crop Sci.* 42: 21-30.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2001. Biplots analysis of multi - environment trial data. CAB International. *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. Ed. M.S. Kang. pp 289-303.
- YAN, W.; CORNELIUS, P.; CROSSA, J.; HUNT, L.A. 2001. Two types of GGE Biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Sci.* 41: 656-663.
- YAN, W.; RAJCAN, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* 42: 11-20.
- ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, JR., H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.