

Interacción Genotipo-Ambiente para rendimiento de grano de 14 genotipos de arroz en tres zonas de producción de Bolivia

Jorge René Guzmán Arnez^{1*}, Alfonso Vedia Nuñez, Marcelo Quispe Carbajal, Rommel Aquino Cayuba, Michel Vales

¹ Coordinador del Programa Nacional de Arroz del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

*e-mail: reneciat@hotmail.com

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo durante la campaña agrícola de verano 2013/14 en los departamentos de Santa Cruz (municipio de Yapacaní), Beni (municipio de San Andrés) y La Paz (municipio de San Buenaventura). Se evaluaron 14 genotipos de arroz con el objetivo de seleccionar genotipos superiores con buena adaptabilidad y estabilidad a través de tres ambientes de producción de arroz del Estado Plurinacional de Bolivia. Se seleccionaron para Yapacaní las líneas IF 303-13-1LP-MLA; IF 312-6-1LP-MLA y VF/AS; en cambio para San Andrés las líneas seleccionadas fueron IF 302-9-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; IF 304-16-1LP-MLA; y para San Buenaventura los genotipos seleccionados fueron IF 302-9-1LP-MLA, IF 304-16-1LP-MLA; IF 307-17-2LP-MLA y IF 312-10-1LP-MLA por sobresalir por su buena sanidad, calidad de grano y buen potencial productivo. Los genotipos con buena adaptabilidad y estabilidad en rendimiento de grano en los tres ambientes de estudio fueron IF 312-10-1LP-MLA e IF 304-16-1LP-MLA.

Palabras claves: mejoramiento genético en arroz, interacción genotipo por ambiente, estabilidad, adaptabilidad.

Abstract

The present study was conducted during the 2013/14 summer cropping season in the departments of Santa Cruz (municipality of Yapacani), Beni (municipality of San Andrés) and La Paz (municipality of San Buenaventura). 14 rice genotypes with the aim of selecting superior genotypes with good adaptability and stability in three rice production environments of the Plurinational State of Bolivia were evaluated. The lines were selected for Yapacani Z IF 303-13-1LP -MLA lines ; IF 312-6-1LP -MLA and VF / AS ; In addition to San Andrés selected lines were IF 302-9-1LP -MLA ; IF 304-8-1LP -MLA ; IF 304-16-1LP -MLA ; San Buenaventura and selected genotypes were 302-9-1LP -MLA IF , IF 304-16-1LP -MLA ; 307-17-2LP -MLA IF and IF 312-10-1LP -MLA for his good health, grain quality and yield potential. The genotypes with good adaptability and stability of grain yield in the three environments study were 312-10-1LP -MLA IF and IF 304-16-1LP -MLA.

Keywords: breeding in rice, genotype by environment interaction, stability and adaptability.

Introducción

El arroz continúa ostentando la grandeza de ser el cereal más difundido y consumido del mundo (Pamplona, 2005); para cerca de la mitad de la población mundial es el alimento básico (IRRI, 2012). De este importante cereal en el Estado Plurinacional de Bolivia el consumo per cápita oscila alrededor de 36 kg/año, cultivándose una superficie de 170000 hectáreas con un rendimiento promedio de 2,2 t/ha, uno de los más bajos de América Latina. El Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) pronostica que para el 2050 los precios del arroz se incrementarán entre un 32 y un 37% como resultado del cambio climático. Ellos también muestran que las pérdidas de rendimiento en el arroz podrían ser entre 10 y 15%. Diversos científicos estiman que para el año 2025 se requerirá de 200 millones de toneladas adicionales a la producción mundial actual para suplir la demanda de la población (Martínez *et al.* 1997). En la búsqueda de nuevas variedades, con mayores rendimientos y adaptados a un amplio rango de ambientes, que reemplacen a las ya existentes los programas de mejoramiento genético normalmente evalúan cientos de genotipos en diferentes ambientes, principalmente donde se considera que van a ser sembrados a nivel comercial. Este proceso de evaluación y selección es dinámico y constante a través del tiempo y espacio (Yan y Hunt, 2002). Al realizar estas evaluaciones en diferentes ambientes, se genera el fenómeno de la interacción genotipo-ambiente que afecta el comportamiento de la planta en la manera de responder de manera diferencial en diversos ambientes, lo que dificulta la identificación de los genotipos superiores; por consiguiente, los programas de mejoramiento genético actualmente desarrollan variedades con mayor estabilidad fenotípica. Estos ambientes contrastantes que encontramos en las zonas arroceras de Bolivia, son influenciados no

sólo por factores abióticos como diferentes tipos de suelos, régimen de precipitación, entre otros, sino también por factores bióticos como la incidencia y severidad de las plagas. Esto hace evidente la interacción genotipo-ambiente y la dificultad del trabajo de selección de los fitomejoradores al momento de evaluar y escoger los genotipos superiores. Es por ello que la planta de arroz manifiesta una fuerte interacción con el ambiente, afectando principalmente el rendimiento y sus componentes. De esta manera, la evaluación de líneas en diferentes condiciones, contribuye a determinar apropiadamente su potencial genético, productivo y la estabilidad fenotípica (Castañón 1994). El objetivo del estudio fue seleccionar genotipos superiores con buena adaptabilidad y estabilidad a través de tres ambientes de producción de arroz del Estado Plurinacional de Bolivia.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se realizó en la campaña agrícola 2013/14. Los ensayos se llevaron a cabo en los departamentos de Santa Cruz (municipio de Yapacaní, localizada en los paralelos 17°23' Latitud Sur y 63°55' Longitud Oeste, a una altitud de 297msnm), Beni (municipio de San Andrés, localizada en los paralelos 15°01' Latitud Sur y 64°40' Longitud Oeste, a una altitud de 164 msnm) y La Paz (municipio de San Buenaventura, localizada en los paralelos 14°27' Latitud Sur y 67°35' Longitud Oeste, a una altitud de 240 msnm). El material genético del trabajo de investigación constó de 14 tratamientos: IF 311-7-1LP-MLA; IF 302-9-1LP-MLA; IF 312-6-1LP-MLA; IF 303-15-1LP-MLA; IF 312-10-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; IF 304-16-1LP-MLA; IF 307-17-2LP-MLA; IF 303-13-1LP-MLA; SP6-8-M; SP6-9-M; VF/AS; Mac 18 y Saavedra 27 como variedades testigos. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con tres repeticiones

por localidad. Cada unidad experimental fue constituida de una parcela de 5 surcos de 5 m de longitud. La siembra en Yapacaní y San Andrés se efectuó de manera convencional en surcos con espaciamiento de 30 cm con distribución de la semilla a chorro continuo con una cantidad de semilla de 100 kg/ha, en cambio en San Buenaventura se realizó semilleros y trasplantados manualmente a campo a los 25 días, depositando de 3 a 4 plántulas por sitio con un espaciamiento de 30 cm en cuadro. En Yapacaní y San Buenaventura se procedió con fertilización nitrogenada al inicio de macollamiento en dosis de 100 kg de N/ha. El control de malezas se efectuó en forma química, complementada con carpidas manuales. Para la cosecha se tomaron los 5 surcos de 4 m de longitud, dejando 0,5 m de cabecera, para evitar el efecto de borde. Los datos registrados en el estudio fueron: reacción a enfermedades (Piricularia en hoja y en cuello de la panícula, Helminthosporium, Escaldado de hoja, manchado de grano), calidad de grano (porcentaje de grano entero y centro blanco), y rendimiento de grano. Para el análisis estadístico, se realizó análisis individual por ambiente y análisis de varianza combinado entre ambientes para rendimiento, de acuerdo al modelo matemático de bloques completos

al azar. En los análisis que se encontraron diferencias estadísticas se aplicó la prueba de DMS al 5% de probabilidad para establecer las diferencias estadísticas de las líneas comparadas con el testigo Mac 18.

Resultados y Discusión

Durante el desarrollo del cultivo Las condiciones de precipitación pluvial fueron favorables durante todo el ciclo, sin periodos de estrés de sequía en los ambientes de Yapacaní y San Andrés, manejados en condiciones de secano; en cambio, en San Buenaventura el ensayo se manejó bajo condiciones de riego con lámina de agua.

Sobre la reacción a las principales enfermedades fungosas registradas, muestran mayor incidencia de enfermedades en San Buenaventura con relación a San Andrés y Yapacaní; los genotipos IF 311-7-1LP-MLA; IF 303-15-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; IF 304-16-1LP-MLA; VF/AS y Mac 18 fueron los que presentaron tolerancia a las enfermedades evaluadas en los tres ambientes. En cambio el resto del material mostró moderada susceptibilidad a por lo menos una enfermedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reacción a las principales enfermedades fungosas de 14 genotipos de arroz evaluados en tres ambientes de producción de Bolivia. Verano 2013/14.

Genotipos	Localidades														
	Yapacaní (Santa Cruz)					San Andrés (Beni)					San Buenaventura (La Paz)				
	Bl	Bs	LSc	PB	Gd	Bl	Bs	LSc	PB	Gd	Bl	Bs	LSc	PB	Gd
IF 302-9-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	5	3	3
IF 303-13-1LP-MLA	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5
IF 303-15-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3
IF 304-16-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3
IF 304-8-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3
IF 307-17-2LP-MLA	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	5	1	3
IF 311-7-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3
IF 312-10-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	5
IF 312-6-1LP-MLA	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	5	1	3
VF/AS	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	3
SP6-8-M	1	3	1	5	5	3	1	1	1	5	1	7	7	5	5
SP6-9-M	1	3	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	5	5	3
Mac 18 (T)	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3
Saavedra 27 (T)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	5	1	1

Ref.: Bl = Piricularia en hoja; PB = Piricularia en panícula; LSc = Escaldado de hoja; Bs = Helminthosporiosis; Gd = Manchado de grano;

Cuadro 2. Calidad de grano de 14 genotipos de arroz evaluados en tres ambientes de producción de Bolivia. Verano 2013/14.

Genotipos	Localidades					
	Yapacaní (Santa Cruz)		San Andrés (Beni)		San Buenaventura (La Paz)	
	Grano Entero (%)	CB	Grano Entero (%)	CB	Grano Entero (%)	CB
IF 302-9-1LP-MLA	50,0	1,7	47,1	1,4	52,1	1,0
IF 303-13-1LP-MLA	48,8	1,4	46,7	2,0	50,0	2,0
IF 303-15-1LP-MLA	52,4	1,8	49,1	3,0	54,8	2,5
IF 304-16-1LP-MLA	54,8	1,7	48,9	2,7	52,8	2,0
IF 304-8-1LP-MLA	51,2	1,6	49,0	2,0	58,7	1,5
IF 307-17-2LP-MLA	55,4	1,5	43,0	1,4	59,4	2,0
IF 311-7-1LP-MLA	44,2	2,1	48,3	2,0	53,8	2,0
IF 312-10-1LP-MLA	60,4	1,3	60,7	3,1	62,3	1,5
IF 312-6-1LP-MLA	58,2	1,4	49,2	1,1	61,7	1,5
VF/AS	56,0	1,2	44,4	2,8	51,7	2,0
SP6-8-M	47,6	2,0	43,1	1,7	42,4	2,0
SP6-9-M	42,2	1,5	49,4	2,1	49,8	1,5
Mac 18 (T)	41,0	1,3	42,9	1,8	51,4	1,0
Saavedra 27 (T)	56,4	1,5	49,7	1,9	56,4	2,0

Ref.: CB = Centro blanco; 1 granos completamente cristalinos; 5 granos completamente yesosos.

Para que una variedad tenga aceptación por los ingenios arroceros debe poseer un alto porcentaje de grano entero y sobre esta característica, los genotipos que más sobresalieron por presentar mayor porcentaje de grano entero después del proceso de pelado y pulido del grano fueron la IF 302-9-1LP-MLA; IF 312-6-1LP-MLA; IF 303-15-1LP-MLA; IF 312-10-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; y el testigo Saavedra 27, el resto del material presentó una aceptable molinería excepto las líneas SP6-8-M y SP6-9-M que reportaron bajo porcentaje de grano entero (Cuadro 2).

La calidad visual del grano es determinada por la intensidad de centro blanco, donde los granos después del proceso de molinería presentan baja intensidad de granos yesosos o centro blanco, característica de calidad importante para la comercialización, respecto a esta variable de calidad todas las líneas evaluadas en los tres ambientes presentaron buena apariencia de granos cristalinos con baja intensidad de granos yesosos excepto las líneas IF 303-15-1LP-MLA e IF 312-10-1LP-MLA que presentaron mayor intensidad de grano yesoso (Cuadro 2).

Cuadro 3. Rendimiento de grano de 14 genotipos de arroz evaluados en tres ambientes de producción de arroz en Bolivia. Verano 2013/14.

Genotipos	Localidades						Promedio	
	Yapacaní (Santa Cruz)		San Andres (Beni)		San Buenaventura (La Paz)			
IF 302-9-1LP-MLA	3260	m	4014	s	4349	i	3874	I
IF 303-13-1LP-MLA	4180	i	3369	i	3992	i	3847	I
IF 303-15-1LP-MLA	3526	m	4229	s	3728	i	3828	I
IF 304-16-1LP-MLA	3725	m	4041	s	4630	i	4132	I
IF 304-8-1LP-MLA	3761	m	4222	s	3445	m	3809	I
IF 307-17-2LP-MLA	3391	m	3103	m	4924	i	3806	I
IF 311-7-1LP-MLA	3168	m	3200	m	4268	i	3545	M
IF 312-10-1LP-MLA	3954	m	4212	s	4826	i	4331	I
IF 312-6-1LP-MLA	4234	i	3299	m	4047	i	3860	I
VF/AS	4215	i	3704	i	3742	i	3887	I
SP6-8-M	1746	m	2392	m	1803	m	1980	M
SP6-9-M	1884	m	2589	m	2161	m	2211	M
Mac 18 (T)	4825	i	3619	i	4286	i	4243	I
Saavedra 27 (T)	3714	m	4540	s	4161	i	4138	I
Promedio	3542		3610		3883		3678	
Probabilidad (G)	0,001		0,001		0,001		0,001	
DMS (5%)	1022,9		318,4		839,5		438,9	
CV (%)	17,2		5,3		10,0		12,0	

Ref.: i, I = igual; m, M = menor; s = superior; comparado con el testigo Mac 18

Para el rendimiento de grano, el análisis de varianza individual por ambientes muestra diferencias significativas entre genotipos en los tres ambientes (Cuadro 3). El análisis de varianza combinado para rendimiento presenta diferencias estadísticas entre genotipos y para la interacción genotipo x ambiente.

En Yapacaní, los genotipos IF 303-13-1LP-MLA; IF 312-6-1LP-MLA y VF/AS presentaron rendimientos de 4180, 4234 y 4215 kg/ha sin diferenciarse estadísticamente del testigo Mac 18; en cambio, en San Andrés las líneas IF 302-9-1LP-MLA; IF 303-15-1LP-

MLA; IF 312-10-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; IF 304-16-1LP-MLA y Saavedra 27 superaron significativamente los rendimientos a la variedad Mac 18 con promedios de 4014, 4229, 4041, 4222, 4212 y 4550 kg/ha respectivamente; en San Buenaventura, ningún material fue superior estadísticamente al testigo Mac 18, sin embargo, los que tuvieron una tendencia a una mejor productividad fueron las líneas: IF 302-9-1LP-MLA, IF 304-16-1LP-MLA; IF 307-17-2LP-MLA y IF 312-10-1LP-MLA con rendimientos respectivos de 4349, 4630, 4929 y 4826 kg/ha (Cuadro 3).

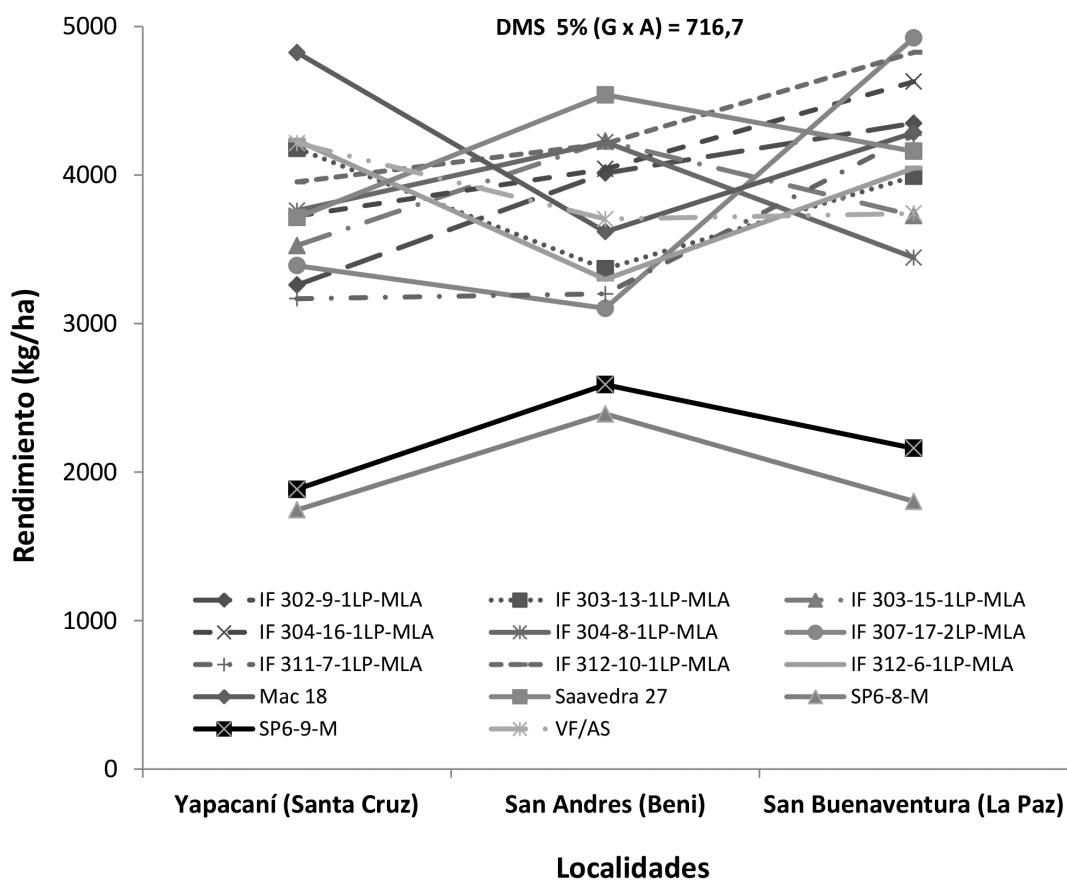


Figura 1. Interacción Genotipo × Ambiente para rendimiento de grano (kg/ha).
Verano 2013/14.

La interacción genotipo x ambiente constata que genotipos sometidos a diferentes ambientes presentan diferente comportamiento; los de mayor estabilidad en rendimiento de grano fueron la línea IF 312-10-1LP-MLA e IF 304-16-1LP-MLA (Figura 1).

Conclusiones

Se seleccionan para Yapacaní las líneas IF 303-13-1LP-MLA; IF 312-6-1LP-MLA y VF/AS; en cambio para San Andrés las líneas seleccionadas son IF 302-9-1LP-MLA; IF 304-8-1LP-MLA; IF 304-16-1LP-MLA; y para San Buenaventura los genotipos IF 302-9-1LP-MLA, IF 304-16-1LP-MLA; IF 307-17-2LP-MLA y IF 312-10-1LP-MLA por combinar buena sanidad, calidad de grano y buen potencial de rendimiento.

Las líneas con buena adaptabilidad y estabilidad en rendimiento de grano son la IF 312-10-1LP-MLA e IF 304-16-1LP-MLA.

Con el material seleccionado continuar con los trabajos de investigación en mayor número de localidades por departamento, para definir su liberación como nuevas variedades de arroz para cada ambiente específico.

Referencias Citadas

- Castañon, G. 1994. Estudio de la estabilidad en líneas avanzadas y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) usando dos metodologías. *Agronomía Mesoamericana* 5:118-125.
- IRRI (International Rice Research Institute). 2012. Standard evaluation system for rice. Manila, Filipinas. 56 p.
- Martinez, C. 1997. Situación actual del mejoramiento genético de arroz en América Latina y El Caribe. In Memoria de la IX Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y El Caribe. Cali, Colombia.
- Pamplona R., J. (2005). El poder medicinal de los alimentos. 1ª. Ed., 6ª. Reimp. Asociación Casa Editora Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 383 p.
- Camargo, I.; Quiros, E.; Gordon, M. 2005. Identificación de mega ambientes para potenciar el uso de genotipos superiores de arroz en Panamá. *Pesquisa Agropecuaria* 46:1061-1069.
- Yan, W., y L.A. Hunt. 2002. Biplot analysis of multi-environment trial data. En: M.S. Kang, editor, Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB International, Wallingford. p. 289-319.