

## Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México

### Stability parameters in yield and adaptability for rice 25 genotypes of Campeche, Mexico

Orona Castro F<sup>1</sup>, J Medina Méndez<sup>1</sup>, FM Tucuch Cauich<sup>1</sup>, JM Soto Rocha<sup>1</sup>, IH Almeyda León<sup>2</sup>

**Resumen.** De 2008 a 2011 se realizó un estudio comparativo con el objetivo de estudiar la adaptabilidad y estabilidad del rendimiento de grano de arroz bajo condiciones naturales en dos regiones productoras de Campeche, México. Los análisis estadísticos individuales y combinados indicaron diferencias altamente significativas en el rendimiento de grano de los diferentes genotipos en ambas regiones. La varianza del error experimental fue uniforme, los efectos repetición/localidad y variedad/localidad fueron altamente significativos. Los resultados del análisis de rendimiento de grano para los parámetros de estabilidad indicaron efectos altamente significativos para 12 tratamientos y significativos en uno. En 18 genotipos hubo una variación significativa en los efectos de desviación de la regresión en los parámetros de estabilidad. El mayor rendimiento de grano fue observado en los genotipos 25, 18, 21 y 2; no hubo diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, por la existencia de diferencias significativas en la desviación de la regresión, los genotipos no pueden ser recomendados para una región en particular. La tendencia de la menor pendiente de la regresión correspondió a los genotipos 1, 2 y 5, que son más adecuados para las condiciones de crecimiento desfavorables. En general, el genotipo 25 mostró la máxima adaptación y estabilidad en rendimiento para las dos regiones evaluadas en el estado de Campeche.

**Palabras clave:** Arroz; Genotipos; Temporal; Ambientes; Parámetros de Estabilidad.

**Abstract.** We conducted a comparative study from 2008 to 2011 to study the adaptability and stability of grain yield of upland rice in two regions of Campeche, Mexico. The individual and combined statistical analysis, showed highly significant differences in grain yield of different genotypes in both regions. The experimental error variance was uniform, both effects of repetition/location and variety/location were highly significant. The results of analysis for grain yield stability parameters showed highly significant effects for 12 treatments, and significant for one. Eighteen genotypes showed a significant variation in the effects of deviation from the regression parameters of stability. The highest grain yield was observed in genotypes 25, 18, 21 and 2; there were no significant differences between them. However, due to the existence of significant differences in the deviation of the regression, the genotypes cannot be recommended for a particular region. The tendency of the smaller slope of the regression corresponded to genotypes 1, 2 and 5, which are the best suited to unfavorable growth conditions. In general, genotype 25 showed maximum adaptation and yield stability for the two regions evaluated in the state of Campeche.

**Keywords:** Rice; Genotype; Upland Rice; Environment; Stability Parameters.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Edzná. Km 15.5 Carretera Campeche – Pocyaxum, San Francisco de Campeche, Camp. México. C.P. 24520. Tel: 981 81 39748.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Rio Bravo. Km 61 Carretera Matamoros-Reynosa C.P. 88400. Tel. 899-9346010 y 9346020. Rio Bravo, Tamaulipas, México.

Address Correspondence to: Fermín Orona Castro, *e-mail*: orona.fermin@inifap.gob.mx, fermin.oronacastro@gmail.com

Recibido / Received 16.VI.2012. Aceptado / Accepted 5.X.2012.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) ocupa el segundo lugar entre los cereales más cultivados, y es alimento básico para más de un tercio de la población mundial. En México, el arroz se cultiva en 16 estados, principalmente en Campeche, Tabasco Veracruz, Michoacán y Nayarit. La superficie nacional sembrada con este cultivo en 2010 fue de 50200 ha (SAGARPA-SIAP-SIACON, 2010); el 48% correspondió a siembras bajo condiciones naturales y una cuarta parte de esta superficie se ubicó en el estado de Campeche.

La adaptabilidad varietal a las fluctuaciones ambientales es importante para estabilizar la producción de cultivos en regiones y años. La información sobre la interacción genotipo x ambiente conduce al éxito para obtener un genotipo estable, situación que puede y debe ser utilizada en todos los cultivos. El rendimiento es un carácter cuantitativo complejo que en gran medida está influenciado por las fluctuaciones ambientales; la selección de genotipos superiores en base al rendimiento *per se* en una localidad en un año puede no ser muy eficaz. Por lo tanto, la evaluación de genotipos para determinar su estabilidad en rendimiento bajo diferentes condiciones del medio es esencial en los programas de mejoramiento genético. La comprensión de las causas de la interacción genotipo x ambiente puede ayudar a identificar los rangos y ambientes para obtener una buena variedad. Algunos estudios sobre parámetros de estabilidad en el desarrollo de variedades estables, fueron propuestos por Finlay y Wilkinson (1963), Eberhart y Russell (1966), Perkins y Jinks (1968) y Freeman y Perkins (1971); estos modelos se han utilizado en la búsqueda de la comprensión de las causas de la interacción genotipo x ambiente.

El desarrollo de nuevas variedades de arroz con alto potencial de rendimiento y calidad del grano deseable para diferentes regiones es una meta importante de las investigaciones que pueden conducir al éxito en la obtención de un genotipo estable. El modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), incluye el coeficiente de regresión estimado con base en el efecto ambiental (índice ambiental), la varianza de las desviaciones de regresión por genotipo ( $S^2_{di}$ ) (que representan la respuesta de un genotipo al mejorar la condición ambiental) y el coeficiente de regresión ( $\beta_i$ ) que ofrece una medida de variabilidad interpretada como falta de estabilidad.

Es muy importante estudiar la interacción genotipo x ambiente en la investigación agrícola para no cometer errores en la elección de la mejor variedad que se quiera recomendar para un área agrícola amplia o específica. Esto trae como resultado la necesidad de realizar experimentos repetidos tanto en tiempo como en espacio.

Cruz (1989) indicó que para la aplicación correcta del método de Eberhart y Russell, primero se debe efectuar la prueba exacta de la interacción genotipo-ambiente. El mismo autor mostró que la significancia de la interacción genotipo-

ambiente depende del error ponderado del diseño de bloques al azar.

En arroz, se conocen cinco estudios sobre parámetros de estabilidad (Salcedo, 1990; Medina, 1991; Salcedo, 1992; Castañón, 1994; García et al., 2010). Medina estableció su trabajo en varias localidades arroceras del Sureste de la república Mexicana en condiciones naturales, mientras que Salcedo realizó sus pruebas bajo condiciones de riego en el estado de Morelos, México.

La metodología más usada en el estudio de la interacción genotipo-ambiente es la propuesta por Eberhart y Russell (1966). Cuba es el país donde se ha llevado a cabo el mayor número de estudios sobre interacción genotipo-ambiente en el cultivo de arroz (Fuchs y Pérez, 1977; Deus et al., 1984; Alfonso et al., 1986, 1990; Deus et al., 1990).

Un genotipo es considerado estable si su coeficiente de regresión es igual a 1 y las desviaciones de regresión son iguales a cero. Este análisis proporciona elementos para determinar las dos condiciones de estabilidad, así como la presencia de diferencias de medias entre genotipos. Por lo tanto, la presente investigación se realizó con el objetivo de identificar genotipos estables con alto rendimiento en dos regiones de producción en el estado de Campeche, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó bajo condiciones naturales en las localidades Valle de Yohaltún y Palizada, ubicadas en las regiones centro y sur, respectivamente, en el estado de Campeche, México, del 2008 al 2011. Se evaluaron 25 genotipos de los cuales 18 mostraron una respuesta aceptable bajo condiciones naturales, y el resto fueron generados para condiciones de riego; el germoplasma incluyó tres variedades comerciales como testigos (Tabla 1). La parcela experimental constó de seis surcos de cinco metros de longitud, separados a 20 cm. El método de siembra fue a chorrillo usando una densidad de 80 kilogramos de semilla por hectárea. Solo se cosecharon los surcos centrales como parcela útil. Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones; el manejo de cultivo fue con base a las recomendaciones del INIFAP para el estado de Campeche.

Las variables evaluadas fueron: días a 50 por ciento de floración, altura de planta, número de macollos por planta, longitud de la panícula, número de granos por panícula, peso de 1000 granos y rendimiento de grano por hectárea. La media de las constantes estadísticas del carácter de rendimiento fueron analizados utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966).

Se realizaron análisis de varianza por localidad y año. Se utilizó la prueba de Bartlett (Steel y Torrie, 1980) para determinar homogeneidad de varianzas; también se realizó un análisis conjunto y análisis para obtener los parámetros de estabilidad. Se efectuaron pruebas de comparación de medias por Duncan al 0,05 y al 0,01 de probabilidad.

**Tabla 1.** Germoplasma utilizado en la evaluación en la zona arroceras de Campeche, México.**Table 1.** Germplasm used in the evaluation in the rice zone of Campeche, Mexico.

No Orden	Nombre	No Orden	Nombre
1	Usumacinta	14	FLO5392-3P-12-2P-3P-M
2	Dorado	15	FLO5655-3P-4-2P-2P-M
3	Montañez	16	FLO5516-8P-5-3P-2P-M
4	Campeche 95	17	FLO4794-6P-4-1P-3P-M
5	Palizada 95	18	FLO4621-2P-1-3P-3P-M
6	IR10781-75-3-2-2-0PZ-18PZ	19	FLO4616-1P-9-1P-3P-M
7	IR2055-481-1-1CU-0PZ-15PZ	20	Sabanero A95(T)
8	IR6902-49-2-3	21	Temporalero A95(T)
9	7988-IR88-7-2-1	22	Milagro Campechano(T)
10	C12CU91-5-6-8-1	23	Choca A05
11	IR10781-75-3-2-2-0PZ-COMP1	24	Tomatlán A97
12	IR7143-2ED-2CH-0PZ-COMP1	25	Campeche Mejorado
13	FLO5509-15P-1-2P-3P-M		

T = Variedad Comercial Testigo.

T = Control Commercial Variety

## RESULTADOS

En los análisis de varianza individuales se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $\alpha=0,01$ ) para las variables registradas, incluido el rendimiento (datos no mostrados). La prueba de Bartlett (Steel y Torrie, 1980), indicó que las varianzas fueron homogéneas. El análisis conjunto arrojó diferencias altamente significativas en repeticiones y en variedades por localidades (Tabla 2). De acuerdo con estos resultados los genotipos evaluados se comportaron en forma diferente a través de los años y en los dos ambientes evaluados.

La media de sitios por el medio ambiente (lineal) fue altamente significativa para 11 genotipos (Tabla 3), lo que indica diferencias entre los ambientes y su influencia en la expresión de los genotipos en el rendimiento y variables evaluadas.

El análisis para la estimación del coeficiente de regresión arrojó diferencias significativas en cuatro genotipos y altamente significativas en cinco; asimismo, el análisis para la estimación de la desviación de regresión indicó diferencias altamente significativas en 18 genotipos, situación que indica que su desviación de regresión fue mayor que cero; el resto de los tratamientos mostraron una desviación igual a cero.

Al efectuar la clasificación del germoplasma evaluado tomando en cuenta los valores de los parámetros de estabilidad (Carballo y Márquez, 1970), cinco genotipos resultaron estables, 11 mostraron buena respuesta en todos los ambientes pero con inconsistencias, el genotipo C12CU91-5-6-8-1 mostró mejor respuesta en ambientes desfavorables y fue consistente su expresión, el genotipo FLO4794-6P-4-1P-3P-M mostró mejor respuesta en buenos ambientes y fue consistente, siete genotipos mostraron mejor respuesta en ambientes buenos pero fueron inconsistentes (Tabla 5).

**Tabla 2.** Significancia de los cuadrados medios resultado del análisis combinado para rendimiento de 25 genotipos de arroz, evaluados en Campeche, México.**Table 2.** Significance of mean square analysis resulting from the combined analysis for yield of 25 rice genotypes evaluated in Campeche, Mexico.

Fuentes de Variación	Cuadrados Medios	F. Calculada	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Localidades	8062200.65	2,69	3,06	4,75	ns
Rep/Loc	192294925.2	64,09	2,16	2,92	**
Variedades	203236.8989	0,07	1,64	2	ns
Var/Loc	26853175.73	8,95	1,64	2	**
Error	3000432.424				

ns = No Significativo. \* = Significativo al 0,05. \*\* = Altamente Significativo al 0,01.

**Tabla 3.** Significancias de cuadrados medios para estimar los parámetros de estabilidad en 25 genotipos de arroz *Oryza sativa* evaluados en Campeche, México.**Table 3.** Significances of mean squares to estimate the parameters of stability in 25 genotypes of rice *Oryza sativa* evaluated in Campeche, Mexico.

Fuentes de Variación	Cuadrados Medios	F Calculada	$\alpha=0,05$ 4,24	$\alpha=0,01$ 7,77
Total				
Variedades (V)	609710,7	2,8		**
Medios Ambientes (A)				
Medios ambientes (Lineal)	77413,07			
Variedades x Ambientes Lineal	3231212,27	14,7		**
Desviación Ponderada	219082,72	0,70		ns
Usumacinta	331524,81	1,0		ns
Dorado	10079185,31	30,9		**
Montañez	2638499,03	8,1		**
Campeche 95	226951,05	0,70		ns
Palizada 95	248789,87	0,80		ns
IR10781-75-3-2-2-0Pz-18Pz	392086,17	1,2		ns
IR2055-481-1-1CU-0Pz-15Pz	4980108,30	15,3		**
IR6902-49-2-3	199282,01	0,60		ns
7988-IR88-7-2-1	7149369	21,90		**
C12CU91-5-6-8-1	28026,39	0,10		ns
IR10781-75-3-2-2-0PZ-Comp1	1079786,06	3,50		ns
IR7143-2ED-2CH-0PZ-Comp1	8643521,41	26,50		**
FLO5509-15P-1-2P-3P-M	1048957,16	3,20		ns
FLO5392-3P-12-2P-3P-M	922261,95	2,80		ns
FLO5655-3P-4-2P-2P-M	1400164,01	4,30	*	
FLO5516-8P-5-3P-2P-M	729249,32	2,20		ns
FLO4794-6P-4-1P-3P-M	29972,70	0,10		ns
FLO4621-2P-1-3P-3P-M	12281005,15	37,70		**
FLO4616-1P-9-1P-3P-M	670937	2,10		ns
FLO4616-1P-9-1P-3P-M	2621467,42	8,00		**
Sabanero A95	6075151,18	18,60		**
Temporalero A95	5183821,71	15,90		**
Milagro Campechano	1685383,73	5,20	*	
Choca A05	1847989	5,70	*	
Tomatlán A97	12609459,37	38,70		**
Error Ponderado	326051,52			

ns = No Significativo. \* = Significativo al 0,05. \*\* = Altamente Significativo al 0,01.

## DISCUSIÓN

La respuesta diferencial encontrada en el germoplasma en los dos ambientes donde se realizó el trabajo a través de los años eran de esperarse, sobre todo, si se toma en cuenta que las condiciones ambientales naturales se comportan en forma

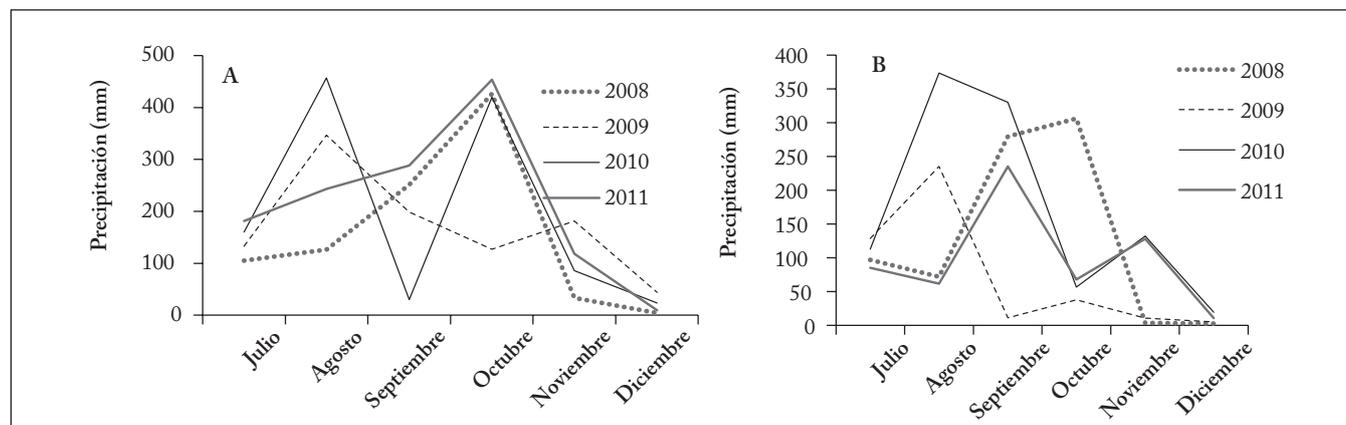
errática tanto en distribución como en cantidad. También es de importancia considerar la expresión y adaptación de los genotipos a condiciones desfavorables ocasionadas *per se* bajo condiciones naturales (Fig. 1). Los resultados obtenidos están de acuerdo con los informes reportados en arroz por Sawant et al. (2005) y Panwar et al. (2008). El medio ambiente + (genotipo

**Tabla 4.** Rendimientos promedios y parámetros de estabilidad estimados para 25 genotipos de arroz *Oryza sativa* evaluados en Campeche, México.

**Table 4.** Mean yields and stability parameters estimated for 25 genotypes of rice *Oryza sativa* evaluated in Campeche, Mexico.

Genotipo	$\bar{X}$	bi		$S_{di}^2$	
CAMPECHE MEJORADO	3064,4	2,539	**	12283407,85	**
FLO4621-2P-1-3P-3P-M	3039,1	2,466	**	11954953,63	**
Temporalero A95	2989,0	1,765	*	5749099,66	**
DORADO	2720,0	2,266	**	9753133,79	**
IR7143-2ED-2CH-0PZ-COMP1	2617,7	2,097	**	8317469,89	**
IR2055-481-1-1CU-0PZ-15PZ	2543,2	1,603	ns	4654056,78	**
7988-IR88-7-2-1	2535,1	1,920	*	6823317,48	**
Sabanero A95	2516,1	1,016	ns	2295415,90	**
Milagro Campechano	2497,2	1,583	ns	4857770,19	**
MONTAÑEZ	2477,0	1,165	ns	2312447,51	**
FLO5516-8P-5-3P-2P-M	2318,7	0,614	ns	403197,80	**
FLO4616-1P-9-1P-3P-M	2317,3	0,489	ns	344886,30	**
FLO5509-15P-1-2P-3P-M	2205,2	0,730	ns	722905,64	**
Tomatlán A97	2186,7	0,529	ns	1521938,09	**
IR10781-75-3-2-2-0PZ-COMP1	2175,3	0,744	ns	753734,54	**
FLO5655-3P-4-2P-2P-M	2138,6	0,300	*	1074112,49	**
FLO5392-3P-12-2P-3P-M	2130,8	0,420	ns	596210,43	**
Choca A05	1986,3	0,906	ns	1359332,22	**
CAMPECHE 95	1850,6	0,342	ns	-99100,47	ns
C12CU91-5-6-8-1	1814,8	-0,115	**	-298025,22	ns
PALIZADA 95	1783,6	0,348	ns	-77261,65	ns
IR10781-75-3-2-2-0PZ-18PZ	1771,9	0,433	ns	66034,66	ns
USUMACINTA	1649,6	0,402	ns	5473,29	ns
FLO4794-6P-4-1P-3P-M	1532,9	0,124	*	-296078,82	ns
IR6902-49-2-3	1506,7	0,317	ns	-126769,48	ns

ns = No Significativo. \* = Significativo al 0,05. \*\* = Altamente Significativo al 0,01.



**Fig. 1.** Precipitación ocurrida bajo condiciones naturales a través de cuatro años en las localidades de Palizada (A) y Yohaltún (B), Campeche.  
**Fig. 1.** Precipitation occurred under natural conditions through four years in the localities of Palizada (A) and Yohaltún (B), Campeche.

**Tabla 5.** Clasificación de 25 genotipos de arroz con base a los valores de sus parámetros de estabilidad (Carballo y Márquez, 1970).  
**Table 5.** Classification of 25 rice genotypes based on the values of its stability parameters (Carballo-Marquez, 1970).

Categoría	Situación	Adaptación	Descripción	Variedad
A	$B_i = 1$	$S^2di = 0$	Variedad estable	CAMPECHE 95, PALIZADA 95, IR10781-75-3-2-2-0PZ-18PZ, USUMACINTA, IR6902-49-2-3
B	$B_i = 1$	$S^2di > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente	IR2055-481-1-1CU-0PZ-15PZ, Sabanero A95, Milagro Campechano, MONTAÑEZ, FLO5516-8P-5-3P-2P-M, FLO4616-1P-9-1P-3P-M, FLO5509-15P-1-2P-3P-M, Tomatlán A97, IR10781-75-3-2-2-0PZ-COMP1, FLO5392-3P-12-2P-3P-M Y Choca A05
C	$B_i < 1$	$S^2di = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente	C12CU91-5-6-8-1
D	$B_i < 1$	$S^2di > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente	Sin integrantes
E	$B_i > 1$	$S^2di = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente	FLO4794-6P-4-1P-3P-M
F	$B_i > 1$	$S^2di = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente	Campeche Mejorado, FLO4621-2P-1-3P-3P-M, Temporalero A95, Dorado, IR71432ED-2CH-0PZ-COMP1, 7988-IR88-7-2-1, FLO5655-3P-4-2P-2P-M

x ambiente) fue significativa para todos los caracteres, lo que indica la naturaleza distinta de los ambientes y la interacción genotipo x ambiente en la expresión fenotípica. En el análisis de varianza conjunto (Tabla 2) se detectaron diferencias altamente significativas para repeticiones/localidades y variedades/localidades, situación que explica la distribución del agua en condiciones naturales; es decir, al menos un genotipo mostró respuesta diferente a la de los demás; lo mismo puede afirmarse sobre los ambientes. La significancia de la interacción genotipo x localidad implica que existe una respuesta diferencial de los genotipos a través de localidades. De aquí que se justifique el análisis de regresión conjunta, en donde se relacionan los efectos de genotipos en forma independiente dentro de cada ambiente, con los efectos ambientales. Debido a la significancia de la heterogeneidad (Tabla 4), al menos un genotipo tiene diferente grado de estabilidad al mostrar un coeficiente de regresión diferente; asimismo, las rectas de regresión convergen a un punto común.

De acuerdo con los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), sólo el genotipo C12CU91-5-6-8-1 obtuvo un coeficiente de regresión inferior a la unidad (Tabla 4), presentando adaptación relativa a ambientes desfavorables; las pendientes del resto de los genotipos tuvieron valor igual a uno, indicando que responden de manera adecuada a mejores ambientes. Con respecto a las varianzas de las desviaciones de regresión  $S^2di$ , en la mayoría de los casos fueron diferentes de cero, por lo que el modelo lineal no es apropiado para describir la respuesta de los genotipos en función del efecto ambiental; según este criterio, los genotipos no son estables, debido a variaciones no predecibles. Los genotipos Campeche 95, C12CU91-5-6-8-1, Palizada 95, IR10781-75-3-

2-2-0PZ-18PZ, Usumacinta, FLO4794-6P-4-1P-3P-M e IR6902-49-2-3 tuvieron los valores más bajos de  $S^2di$ , lo que indica que son genotipos estables y con mejor respuesta en ambientes favorables.

Por lo antes citado, la predicción del rendimiento de los genotipos con base a los parámetros de estabilidad sería viable y confiable. Gouri Shankar et al. (2008) y Parry et al. (2008) también notaron importancia en el componente lineal de componentes lineales  $G \times A$ , y no en la interacción  $G \times A$  para la mayoría de los caracteres estudiados. Eberhart y Russell (1966) definieron un genotipo estable como aquel que muestra un rendimiento medio alto, coeficiente de regresión ( $b_i$ ) en torno a la unidad y la desviación de la regresión se aproxima a cero. En consecuencia, la media y la desviación de la regresión de cada genotipo fueron considerados para clasificar la estabilidad, y la regresión lineal se utilizó para probar la respuesta de las variedades.

Campeche Mejorado mostró la mejor media de rendimiento, una selección de la variedad Campeche A80 con buena respuesta y consistente en diferentes ambientes, fue clasificada como un genotipo con mejor respuesta en buenos ambientes pero inconsistente. Los testigos Milagro Campechano y Sabanero A95 se clasificaron con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes, situación esperada ya que estos materiales incrementaron sus rendimientos en un 50%. Por otra parte, Temporalero A95, se clasificó como el de mejor respuesta en buenos ambientes pero inconsistente, lo cual implicaría el hecho que al llevarla a un ambiente favorable su rendimiento podría presentarse por encima o por debajo de la media.

La respuesta de FLO4794-6P-4-1P-3P-M como genotipo con mejor respuesta en buenos ambientes y consistente, además de alto rendimiento solo superado por Campeche Mejorado,

era de esperarse debido a que esta línea fue seleccionada para su desarrollo en condiciones de riego. Además, mostró excelente respuesta a las dos condiciones de manejo (riego y condiciones naturales), situación que la define como promisoría para su cultivo durante todo el año en ambos sistemas de producción.

Se han reportado infinidad de trabajos y metodologías con respecto a la interacción Genotipo x Ambiente. Sin embargo, la mayoría de los mejoradores siguen utilizando el método propuesto por Eberhart y Russell (1966). Los resultados obtenidos en este trabajo proporcionan elementos para seguirlo utilizando y obtener una mejor selección de genotipos a liberar como nuevas variedades para su manejo bajo condiciones naturales en Campeche, México.

## CONCLUSIONES

En el contexto de las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, es posible concluir que el germoplasma de arroz evaluado bajo condiciones naturales tiene alto grado de estabilidad del rendimiento debido a una respuesta lineal y baja variabilidad a través de ambientes.

La línea C12CU91-5-6-8-1 mostró mejor respuesta a ambientes desfavorables pero fue consistente; se la podría integrar a un programa de cruzamientos para la obtención de germoplasma apto para condiciones desfavorables.

Los genotipos Campeche Mejorado, FLO4621-2P-1-3P-3P-M, Temporalero A95 y Dorado, mostraron los mayores rendimientos y estabilidad en respuesta a la interacción genotipo ambiente con base en rendimiento en las zonas productoras de arroz del estado de Campeche.

## REFERENCIAS

- Alfonso, R., J.E. Deus y F. Marti (1986). Estabilidad en el rendimiento y el ciclo de cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Agrotecnia de Cuba* 18: 7-11.
- Alfonso, R., J.E. Deus, E. Suárez y T. Duardo (1990). Estabilidad para el rendimiento y el ciclo en 11 cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) y repetibilidad de estos caracteres. *Agrotecnia de Cuba* 22: 7-11.
- Carballo, C.A. y S.F. Márquez (1970). Comparación de variedades de maíz del bajío y la mesa central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5: 129-146.
- Castañón, N.G. (1994). Estudio de la estabilidad en líneas avanzadas y variedades de Arroz (*Oryza sativa* L.) usando dos metodologías. *Agronomía Mesoamericana* 5: 118-125.
- Cruz, M.R. (1989). Un ejemplo de la prueba exacta de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell. *Fitotecnia* 12: 147-155.
- Deus, J.E., J. Ávila, R. Pérez, E. Lazo, S. Rodríguez y M. Amador (1984). Interacción genotipo-ambiente y heredabilidad en algunos caracteres de importancia agronómica en arroz (*Oryza sativa* L.). *Agrotecnia de Cuba* 16: 77-87.
- Deus, J.E., R. Pérez, J. Ávila y S. Rodríguez (1990). Análisis de correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales entre el rendimiento y caracteres de importancia agronómica en arroz (*Oryza sativa* L.). *Agrotecnia de Cuba* 22: 51-56.
- Eberhart, S.A. y W.A. Russell (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- Finlay, K.W. y G.N. Wilkinson (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agriculture Research* 14: 742-754.
- Freeman, G.H. y J.M. Perkins (1971). Environmental and genotype-environmental components of variability. VII. Relations between genotypes grown-in different environments and measures of these environments. *Heredity* 27: 15-33.
- Fuchs, A. y P.J. Pérez (1977). Determinación del rendimiento en experimentos con variedades y sus descripciones en un ejemplo con arroz. *Centro Agrícola* 93-107.
- García A.J.L., J.A. Jiménez Ch., F.L. Tavitas y A.L. Hernández (2010). Selección de líneas de arroz bajo temporal en la región central del Golfo de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8: 6-17.
- Gouri Shankar, V., N.A. Ansari y M. Llias Ahmed (2008). Stability analysis using thermo-sensitive genic male sterility (TGMS) system in rice (*Oryza sativa* L.). *Research on Crops* 9: 141-146.
- Medina, M.J. (1991). Determinación de parámetros de estabilidad en 25 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de temporal en el Sureste de México. Tesis de Licenciatura. Chiná, Campeche, (México). 59 p. Instituto Tecnológico Agropecuario 5.
- Panwar, L.L., V.N. Joshi y Mashiat Ali (2008). Genotype x environment interaction in scented rice. *Oryza* 45: 103-109.
- Parry, G.A., B.S. Asif, G.A. Manzoor y A.S. Najib (2008). Stability in elite rice genotypes under high altitude environments of Kashmir valley. *Research on crops* 9: 131-138.
- Perkins, J.M. y J.L. Jinks (1968). Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple line and crosses. *Heredity* 23: 339-356.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA-SIAP-SIACON. 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>, consultado el 19 de enero del 2010.
- Salcedo, A.J. (1992). Comparación de líneas y variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) por rendimiento y estabilidad. XIV. Congreso Nacional de Fitogenética. Publicado por Sociedad Mexicana de Fitogenética, Tuxtla Gutiérrez, Chis, (México). 244 p.
- Salcedo, A.J. (1990). Estabilidad del rendimiento en arroz (*Oryza sativa* L.) en Morelos. XIII. Congreso Nacional de Fitogenética. Publicado por SOMEFI, Ciudad. Juárez, Chihuahua, (México). 257 p.
- Sawant, D.S., R.L. Kunkerkar, V.N. Shetye y M.M. Shirdhankar (2005). Stability assessment in late duration rice hybrids. In: National seminar on "Rice and Rice Based Systems for Sustainable Productivity, Extended summaries, ICAR Research Complex for Goa", 18-19th October: 75-76.
- Shukla, G.K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie (1980). Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª Ed. McGraw Hill. Colombia.