



Análisis de estabilidad para el rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays*) en la Región Central del Litoral Ecuatoriano

Analysis of the stability for yield in maize (*Zea mays*) hybrids in the central Ecuadorian Coastal Region

Daniel Vera Aviles¹, Gabriel Liuba Delfini¹, Luis Godoy Montiel¹, Eduardo Díaz Ocampo³, Freddy Sabando Ávila¹, Felipe Garcés Fiallos¹, Gary Meza Bone²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Dirección de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Pecuarias. Dirección de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

³ Unidad de Posgrado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Recibido 07 enero 2013; aceptado 10 junio 2013

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la estabilidad de híbridos experimentales y comerciales de maíz en la Región Central del Litoral Ecuatoriano. Durante el periodo de diciembre de 2010 a abril de 2011 se evaluaron ensayos uniformes de rendimiento en cuatro localidades con ambientes contrastantes. El material genético estuvo constituido por cinco híbridos experimentales y tres comerciales. El diseño experimental utilizado fue bloques completo al azar con cuatro repeticiones, las parcelas experimentales consistieron en dos surcos de 5,0 m de largo, separados a 0,90 m. El análisis de varianza combinado propuesto por Eberhart y Russell, se encontró significancia estadística tanto como para genotipo e interacción. El rendimiento promedio mostró que entre los híbridos experimentales se destacaron el (SM45 x SSD08)SV39 y (SM45 x SV15)SV39 con promedios superiores a la 7,0 t ha⁻¹, mientras que el híbrido comercial que sobresalió fue el AG-003 con rendimiento de 7,48 t ha⁻¹. Los mejores rendimientos y los mejores índices ambientales, se registraron para las localidades de Quevedo y Vinces, los índices ambientales más bajos fueron para Balzar y Ventanas. En relación a las tendencias de respuesta de genotipos sobresalientes en los cuatro ambientes de evaluación, particularmente se observó que los genotipos son deseables, en virtud de los resultados sobresalientes tanto en los ambientes favorables como en los desfavorables.

Palabras clave: Genotipo, ambiente, estabilidad, rendimiento.

Abstract

The objective of this study was to determine the stability of commercial and experimental maize hybrids in the Central Ecuadorian Coastal Region. During a period from december 2010 to april 2011 uniform trials of yield in four locations with contrasting environments were evaluated. The genetic material was constituted by five experimental hybrids and three commercial. The experimental design used was completely randomized blocks design with four replications; the experimental plots were two rows with a length of 5.0 m separated to 0.90 meters. The combined analysis of variance proposed by Eberhart and Russel was statistical significance as well as for genotype and for interaction. The average yield showed that between experimental hybrids two, (SM45 x SSD08)SV39 and (SM45 x SV15)SV39, were highlighted with averages higher than 7.0 t ha⁻¹ whilst AG-003 was the highlighted commercial hybrid with a yield of 7.48 t ha⁻¹. The best yields and environmental indexes were registered in the locations of Quevedo and Vinces, the lowest environmental indexes were for Balzar and Ventanas. In relation to the tendency of response of the outstanding genotypes in the four evaluation environments, it was particularly observed that genotypes are desirable by virtue of the outstanding results in both favorable and unfavorable environments.

Keywords: Genotype, environment, stability, yield.

* Autor para correspondencia

Email: federic_net@hotmail.com (D. Vera)

1. Introducción

Una de las posibilidades para incrementar los niveles de productividad del cultivo de maíz es el desarrollo de nuevos híbridos utilizando materiales criollos seleccionados bajo presión de nuestras condiciones ambientales de plagas y enfermedades, que superen en rendimiento a los híbridos comerciales sembrados en el país, utilizando una menor inversión que incremente la rentabilidad, y como consecuencia mejore la calidad de vida del pequeño y mediano agricultor (Crespo, 1991).

La liberación de híbridos modernos de maíz, tolerantes a factores adversos, bióticos y abióticos, contribuirá a reducir las pérdidas poscosecha. Un adecuado entendimiento de los aspectos fisiológicos correlacionados con el rendimiento y la incorporación de índices de selección más eficientes en las metodologías de mejoramiento para ambientes adversos, han mejorado las técnicas de selección (Córdova *et al.*, 2002).

La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de genotipos desarrollados para diferentes condiciones de producción. Es necesario integrar los conceptos de estabilidad para caracterizar el comportamiento de los cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes. La caracterización de la estabilidad de los genotipos evaluados en diferentes sitios y años se ha logrado por medio de los modelos de regresión propuesta por (Finlay y Wikinson, 1963; Eberhart y Rusell, 1966) y, últimamente, el modelo multiplicativo AMMI (Zobel *et al.*, 1988).

El mejoramiento genético es un proceso dinámico que permite evaluar el rendimiento de una serie de cultivares, los cuales generalmente varían de un año a otro, debido a que nuevos cultivares son incluidos para su evaluación, mientras que otros son eliminados por su pobre comportamiento. La situación de cultivares en ensayos regionales repetidos anualmente en ambientes contrastantes, resulta en una serie de datos desbalanceados que

requieren análisis especial para aprovechar la información generada a través de varios años. El mejoramiento genético es un proceso dinámico que evalúa el rendimiento de cultivares, que varían de un año a otro, debido a que nuevos cultivares son incluidos en su evaluación, mientras que otros son eliminados por su pobre comportamiento. La situación de cultivares en ensayos regionales repetidos anualmente en ambientes contrastantes, resulta en una serie de datos desbalanceados que requieren análisis especial para aprovechar la información generada a través de varios años y utilizando metodologías estadísticas que permiten identificar genotipos superiores utilizando datos balanceados (Camargo *et al.*, 2003). La estabilidad del rendimiento como cualquier otro carácter, puede ser considerado en varias etapas del proceso de mejoramiento. La elección del tipo de variedades y de progenie durante el proceso de formación de una variedad para mejorar estabilidad, puede ser la selección directa e indirecta (Becker y León, 1988). La respuesta de una variedad en varios ambientes puede ser definida mediante los parámetros de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966), que proporciona el coeficiente de regresión (b_i) como medida de la respuesta de una variedad a distintos ambientes y el cuadrado medio de las desviaciones de regresión que mide la consistencia de dicha respuesta.

Existen numerosos ejemplos de la utilización de diversas metodologías aplicadas a evaluaciones de la interacción genotipo-ambiente, donde se determinan los genotipos más estables y los ambientes más discriminantes (Camargo *et al.*, 2003; Bonilla 2005; Gordon-Mendoza *et al.*, 2006; Gordon-Mendoza *et al.*, 2010).

El objetivo del presente estudio fue determinar la estabilidad para el rendimiento de cinco híbridos experimentales de maíz amarillo duro con respecto a tres híbridos comerciales de la Región Central del Litoral ecuatoriano en cuatro ambientes contrastantes, y verificar la utilidad práctica de esta herramienta tecnológica.

2. Material y Métodos

La investigación se realizó durante los meses de diciembre del 2010 a abril del 2011, en las localidades de la Quevedo, Vinces y Ventanas (Provincia de los Ríos) y Balzar (Provincia del Guayas) (Figura 1).

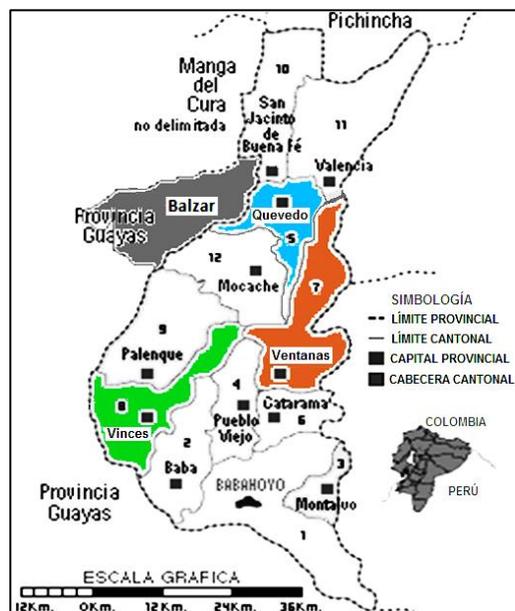


Figura 1. Localización de los ensayos (INFOTERRA-UTEQ, 2012).

Bajo condiciones de lluvia, se establecieron cuatro ensayos de híbridos de maíz previamente seleccionados por su adaptación a la Región Tropical del Litoral ecuatoriano.

Material Genético

Se evaluaron cinco genotipos de maíz desarrollados en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, y 3 materiales comerciales que se siembran en la región en estudio (Tabla 2).

Manejo agronómico

La preparación de suelo de todos los experimentos consistió en dar dos a tres pases de rastra pesada, hasta dejar el suelo desmenuzado. La densidad de siembra utilizada fue de 5,55 plantas por metro cuadrado a una distancia entre hileras de 0,90 m y entre plantas de 0,20 m. La fertilización consistió en la aplicación de 200 kg ha⁻¹ de la fórmula química 10-30-10 (NPK), al momento de la siembra. Posteriormente, se realizaron tres aplicaciones suplementarias de nitrógeno (Urea al 46%), la primera a los 15 días después de la siembra (dds) a razón de 69 kg ha⁻¹, la segunda y tercera a razón de 34,5 kg ha⁻¹.

Tabla 1

Principales características agroclimáticas de las cuatro localidades

Parámetros	Vinces	Quevedo	Balzar	Ventanas
Temperatura (°C)	27,22	26,42	27,36	26,50
Humedad relativa (°C)	80,0	84,0	73,0	84,0
Heliofanía (horas luz al año)	1080,0	744,9	881,0	894,0
Precipitación (mm)	1577,00	1739,70	616,00	1773,80
Zona ecológica	Bs-T	Bh-T	T-seco	Bh-T
Topografía	Irregular	Plana	Ondulada	Irregular
Textura	Franco arcilloso	Franco	Arcilloso arenoso	Franco arcilloso
pH	5,6	6,0	6,0	6,7

Fuente: INFOTERRA-UTEQ (2012).

Tabla 2

Identificación, color del grano y origen de híbridos del maíz

No.	Híbrido	Color del grano	Tipo	Origen
1	(SM45 x SSD08)SV39	Amarillo	Triple	DICYT - UTEQ
2	(SM45 x SV15)SV39	Amarillo	Triple	DICYT - UTEQ
3	(SM45 x SV35)SV39	Amarillo	Triple	DICYT - UTEQ
4	(SV15 x SM45)SV39	Amarillo	Triple	DICYT - UTEQ
5	(SV15 x SSD08)SV39	Amarillo	Triple	DICYT - UTEQ
6	H - 551(comercial)	Amarillo	Triple	INIAP
7	H-553(comercial)	Amarillo	Simple	INIAP
8	AG-003 (comercial)	Amarillo	Triple	Dow Agrosiences

El control de malezas se realizó a través de la aplicación de preemergentes Pendimethalina y Paraquat a razón de 2,0 y 1,5 l ha⁻¹, respectivamente. En algunas localidades se realizaron aplicaciones suplementarias a los 25,0 y 40,0 dds del herbicida Paraquat en dosis 2,0 l ha⁻¹ para el control de malezas de hoja angosta y ancha.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó el diseño de bloques completo al azar, con cuatro repeticiones y cada parcela experimental consistió de dos surcos de 5,0 m de largo. Los datos de rendimiento promedio para cada genotipo en cada localidad fueron analizados individualmente. Los datos de rendimiento promedio para cada genotipo en cada localidad fueron analizados individualmente. Para determinar la estabilidad de rendimiento de cada genotipo a través de las diferentes localidades se utilizó el modelo de estabilidad propuesto por Eberhart y Rusell (1966). La regresión de cada genotipo sobre un índice ambiental y una función de los cuadrados de las desviaciones son definidos de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Media genotípica del *i*ésimo genotipo en el *i*ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, n$); ($j = 1, 2, \dots, n$).

μ_i = Promedio del genotipo de la *i*ésima sobre todos los ambientes.

β_j = Coeficiente de regresión que mide la respuesta del genotipo *i*ésimo a la variación de ambientes.

δ_{ij} = Desviación de la regresión del *i*ésimo genotipo en el *i*ésimo ambiente.

I_j = Índice ambiental que resulta de la diferencia entre el promedio de todas las variedades en el *i*ésimo ambiente menos el gran promedio.

3. Resultados y discusión

Al evaluar las características agronómicas (Tabla 3) se encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en todas las variables, el híbrido AG-003 registro los mayores valores en altura de planta, diámetro, longitud de mazorca, y número de hileras por mazorca, en cambio el híbrido (SM45 X SSD08) SV39 obtuvo valores superiores en las variables altura de mazorca. La localidad de Vines registró la mayor altura de planta, altura y longitud de mazorca, mientras que para el carácter diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca lo registró las localidades de Balzar y Quevedo, respectivamente.

Tabla 3

Principales características agronómicas de ocho híbridos evaluados en cuatro ambientes

Genotipos/Ambiente	AP	AM	DM	LM	NHM
(SM45 X SSD08) SV39	2,19 ab ⁽ⁱ⁾	1,02 a ⁽ⁱ⁾	4,71 a ⁽ⁱ⁾	16,80 b ⁽ⁱ⁾	13,52 ab ⁽ⁱ⁾
(SM45 X SV15) SV39	2,13 bcd	0,98 ab	4,65 ab	16,26 bc	13,38 ab
(SM45 X SV35) SV39	2,16 bc	0,96 ab	4,67 ab	16,72 b	13,14 b
(SV15 X SM45) SV39	2,09 cd	0,93 b	4,70 ab	16,23 bc	13,30 ab
(SV15 X SSD08) SV39	2,09 cd	0,97 ab	4,65 ab	16,72 b	13,27 ab
H-551	2,06 d	0,97 ab	4,57 b	15,70 cd	13,17 b
H-553	2,16 bc	1,02 a	4,56 b	15,38 d	13,50 ab
AG-003	2,27 a	0,97 ab	4,73 a	18,28 a	13,70 a
Quevedo	2,36 a	1,03 b	4,64 a	16,21 b	13,50 a
Vines	2,36 a	1,14 a	4,65 ab	17,14 a	13,20 b
Balzar	1,89 c	0,80 d	4,68 a	15,79 b	13,36 ab
Ventanas	1,96 b	0,94 c	4,59 b	16,90 a	13,42 ab
CV (%)	4,22	7,04	2,77	4,14	3,39

AP= altura planta; AM=altura mazorca; DM= diámetro mazorca; LM= longitud mazorca NHM= número hileras por mazorca.

⁽ⁱ⁾ Medias con una letra en común no son significativamente diferentes Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4

Reacción a las principales enfermedades en ocho híbridos de maíz evaluados en cuatro localidades

Genotipos/Ambiente	Cinta Roja ¹	Curvularia lunata ¹	Helmithosporium ¹
(SM45 X SSD08) SV39	1,56 a ⁽ⁱ⁾	2,94 a ⁽ⁱ⁾	2,06 a ⁽ⁱ⁾
(SM45 X SV15) SV39	1,50 a	2,63 a	2,13 ab
(SM45 X SV35) SV39	1,56 a	2,75 a	2,13 ab
(SV15 X SM45) SV39	1,88 a	2,88 a	2,00 a
(SV15 X SSD08) SV39	1,56 a	2,88 a	2,13 ab
H-551	1,69 a	2,81 a	2,00 a
H-553	1,50 a	3,00 a	2,19 ab
AG-003	1,38 a	3,31 a	2,44 a
Quevedo	1,75 a	2,47 b	2,22 a
Vinces	1,44 a	3,28 a	2,03 a
Balzar	1,56 a	2,94 a	2,13 a
Ventanas	1,59 a	2,91 a	2,16 a
CV (%)	21,33	21,78	14,55

¹ Escala arbitraria 1= 0% daño; 2= 0 - 5% daño; 3 = 5% - 20% daño; 4 = 20 - 50% daño; 5 = más de 50% daño (Quijije, 2007).

⁽ⁱ⁾ Medias con una letra en común no son significativamente diferentes Tukey ($p \leq 0,05$).

La incidencia de cinta roja o achaparramiento del maíz se encontraron lesiones menores del 5% (Tabla 4) y no se encontró diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$), mientras que para *Curvularia lunata* y *Helmithosporium spp.*, los promedios máximos fueron de 3,31 y 2,44, respectivamente, obteniendo una incidencia no mayor al 20%, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0,05$). Estas diferencias entre cultivares son relatadas en Córdoba, Argentina por Arrieta *et al.* (2007) donde evaluando la incidencia, distribución espacial y severidad de enfermedades foliares entre ellas la de curvularia, encontraron algunos genotipos entre 11 evaluados, con valores de severidad (%) de 1 (la enfermedad se presenta en las plantas sin causar pérdida económica), según esos autores. Caso similar fue encontrado en Centro América

en genotipos de maíz, encontrándose bajos porcentajes de pudrición de mazorca (4-10%), lo cual indica que existen genotipos tolerantes a este factor adverso de origen biótico, si se considera que la pudrición de mazorca como la enfermedad de mayor importancia económica en Honduras, Costa Rica y Guatemala (Fuentes *et al.*, 1993).

En el análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en los cuatro ambientes de evaluación (Tabla 5), se encontró diferencia significativa para las dos fuentes de variación: genotipos e interacción, lo que indica que los genotipos responden de manera diferente a cada uno de los ambientes evaluados. El valor del coeficiente de variación (5,30%) es bajo, lo que sugiere, de acuerdo con Reyes (1990), que la conducción de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 5

Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en híbridos experimentales y comerciales de maíz, evaluados

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	F _{calculado}	F _{0,05}	F _{0,01}
Total	31	34,94				
Genotipo	7	8,70	1,24	4,59 **	2,13	2,88
Residual (Ambiente: 3; Gen x Amb: 21)	24	26,24				
Ambiente (Lineal)	1	18,36				
Gen x Ambiente	7	22,72	3,24	12,00 **	2,13	2,88
Desviación Ponderada	16	4,37	0,27			
Error Ponderado	84		0,13			

CV = 5,30 % ** = Significativo al nivel 0,01.

Los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966) (Tabla 6), muestran el rendimiento medio por localidad y la descripción de acuerdo a los parámetros de estabilidad. Se puede decir que los híbridos experimentales y comerciales pueden ser descritos como “estables”, es decir interactúan con el ambiente, lo que los define, de acuerdo con Carballo y Márquez (1970), como genotipos “deseables”. Se puede observar que en todas las localidades sobresalieron tres genotipos en los que se incluye el híbrido comercial AG-003 con un rendimiento promedio de 7,48 t ha⁻¹. En este grupo sobresalieron estadísticamente los híbridos experimentales (SM45 x SSD08) SV39 y (SM45 x SV15) SV39, con rendimientos medios mayores a 7,0 t ha⁻¹. Estos rendimientos promedios superaron en 18,15 y 13,33% el rendimiento de los testigos comunes H-551 y H-553 respectivamente, mientras que el híbrido testigo AG-003 superó en un 5,74% a los híbridos experimentales más sobresalientes. El efecto detectado en las interacciones genotipo por ambiente indicó que el comportamiento productivo de algunos de estos híbridos varió de una localidad a otra. Así por ejemplo, todos los híbridos obtuvieron rendimientos significativamente mayores en las localidades de Quevedo y Vines, pero no, en las localidades de Ventanas y Balzar, excepto el caso de AG-003 que sobresalió en las

localidades de Quevedo y Balzar, mientras que, en las otras localidades presentó rendimientos inferiores.

Al establecer experimentos en diferentes ambientes, se espera que el comportamiento de los genotipos en evaluación sea diferentes en algunos de ellos en particular, o en general, en todos los ambientes (Cruz, 1989). Los resultados de estos trabajos permitieron identificar híbridos experimentales de maíz que presentaron buena respuesta en diferentes ambientes y que además tienen mayor o igual potencial de rendimiento que los testigos regionales, por lo que representan nuevas y mejores opciones para los productores.

El valor de los parámetros de estabilidad (b_i , S^2_{di}) se refleja en la Tabla 7. De acuerdo a la clasificación propuesta para la deseabilidad de los genotipos (Carballo y Márquez, 1970), el valor de los coeficientes de regresión de los genotipos experimentales se le considera como híbridos consistentes de mejor respuesta en ambientes desfavorables. El genotipo comercial AG-003, se identifica como deseable, ya que muestra buena respuesta en ambientes favorables y un alto rendimiento; en cambio, los genotipos comerciales H-551 y H-553 se les clasifica como genotipos con buena respuesta en ambientes favorables, porque el valor de sus desviaciones de regresión es igual a cero.

Tabla 6

Rendimientos medios de híbridos experimentales y comerciales de maíz.

Trat.	Híbridos	Rendimiento de grano t ha ⁻¹				Prom.
		Quevedo	Vines	Balzar	Ventanas	
1	(SM45 X SSD08) SV39	7,94	8,07	6,48	6,12	7,15 a ⁽ⁱ⁾
2	(SM45 X SV15) SV39	7,86	8,37	6,67	5,29	7,05 a
3	(SM45 X SV35) SV39	7,57	8,00	6,20	5,66	6,86 ab
4	(SV15 X SM45) SV39	7,35	8,03	6,08	5,53	6,75 ab
5	(SV15 X SSD08) SV39	7,56	8,00	6,27	4,96	6,70 ab
6	INIAP H-551	6,08	6,53	4,53	5,92	5,77 c
7	INIAP H-553	6,42	6,69	5,51	5,83	6,11 bc
8	AG - 003	8,12	6,91	7,90	6,94	7,48 a
	PROM	7,37 a ¹	7,57 a ¹	6,21 b ¹	5,78 b ¹	
	CV (%)	7,15	5,51	14,66	15,67	

⁽ⁱ⁾ Medias con una letra en común no son significativamente diferentes Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 7

Rendimiento medio, coeficiente y desviación de regresión obtenida mediante el análisis de estabilidad

Trat.	Genotipos	Rendimientos medio (t ha ⁻¹)	Coeficiente de regresión	Desviación de regresión	Descripción ⁽ⁱ⁾
1	(SM45 X SSD08) SV39	7,15	1,14	0,12	3
2	(SM45 X SV15) SV39	7,05	1,52	0,03	3
3	(SM45 X SV35) SV39	6,86	1,26	0,12	3
4	(SV15 X SM45) SV39	6,75	1,30	0,08	3
5	(SV15 X SSD08) SV39	6,70	1,54	0,01	3
6	INIAP H-551	5,77	0,59	0,59	5
7	INIAP H-553	6,11	0,55	0,04	5
8	AG - 003	7,48	0,11	0,50	5

⁽ⁱ⁾ De acuerdo con Carballo y Márquez (1970): 1 = Estable, 2 = Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes, 3 = Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistentes; 4 = Respuesta mejor en ambientes desfavorables pero inconsistente; 5 = Buenas respuestas en buenos ambientes y consistentes; 6 = Mejor respuestas en ambientes buenos pero inconsistentes.

En la práctica, los híbridos experimentales (SM45 X SSD08) SV39 y (SM45 X SV15) SV39 darán mayor seguridad a los agricultores porque se comportan mejor en ambientes pobres, aunque sacrificarán un poco de rendimiento en ambientes ricos.

En lo referente a los rendimientos medios y los índices ambientales registrados en el análisis de parámetros de estabilidad para cada localidad (Tabla 8), se encontró que la localidad de Vinges registró el rendimiento más alto (7,57 t ha⁻¹) con un índice ambiental de 0,64, sin diferir estadísticamente de la localidad de Quevedo, que registró un rendimiento de 7,37 ha⁻¹ con un índice de 0,84; entre tanto las localidades de Balzar y Ventanas, registraron rendimientos medios de 6,21 y 5,78 t ha⁻¹ con índices ambientales de -0,93 y -0,95, respectivamente.

Tabla 8

Rendimiento medio e índices ambientales.

Ambiente	Rendimiento medio t ha ⁻¹	Índices Ambientales
Quevedo	7,37 a	0,64
Vinges	7,57 a	0,84
Balzar	6,21 b	-0,93
Ventanas	5,78 b	-0,95

En relación a las tendencias de respuesta de genotipos sobresalientes a través de los

cuatro ambientes de evaluación, particularmente se observó que los genotipos son deseables en virtud de que sobresalieron tanto en ambientes favorables como en desfavorables.

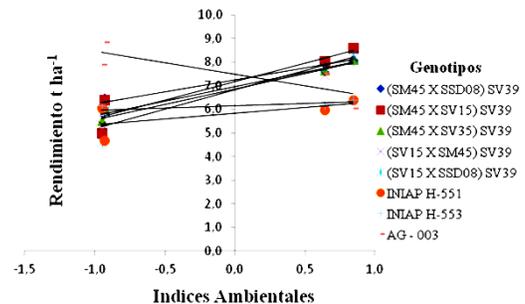


Figura 2. Tendencias de respuesta de genotipos de maíz a través de los ambientes.

4. Conclusiones

Dentro de los genotipos evaluados en los cuatro ambientes a través de sus valores de parámetros de estabilidad, se determinó como el más estable, en función del rendimiento, al híbrido experimental (SM45 x SSD08) SV39. Los genotipos de maíz que sobresalieron fueron (SM45 x SSD08) SV39, (SM45 x SV15) SV39 y el testigo comercial AG-003. Los mejores índices ambientales y rendimientos promedio se registraron para las localidades de Quevedo y Vinges; los índices ambientales más bajos en las localidades de Balzar y Ventanas.

Referencias bibliográficas

- Arrieta, K.; Salazar, C.; Ocampo, R.; Villarreal, N. 2007. Enfermedades patogénicas en los híbridos de maíz (*Zea mays*) en el medio y bajo sinú del Departamento de Córdoba. *Temas Agrarios* 12 (1): 58-69.
- Becker, H.; Leon, J. 1988. Stability analysis in Plant Breeding. *Plant Breeding* 101: 1-23
- Bonilla, N. 2005. Análisis de estabilidad de cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en ambientes de Costa Rica. San José, (C.R.). INTA. *Alcances Tecnológicos* 3(1):63-71.
- Camargo, I.; Gordon, R.; Fuentes, M. 2003. Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos de maíz en comparación al testigo regional HB-83, 19988-2000. *Agronomía Mesoamericana*, 14/02. Universidad de Costa Rica UCR.
- Carballo, C.; Márquez, S. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencias* 5(1): 129-146.
- Córdova, H.S.; Castellanos, S.; Barreto, H.; Bolaños, J. 2002. Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: Logros y estrategias hacia el 2000. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 73-84.
- Cruz, R. 1989. Un ejemplo a la prueba exacta de los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell. *Fitotecnia Mexicana* 12(2): 147-155
- Crespo, S. 1991. Conocimientos necesarios para realizar un buen cultivo de maíz. Quevedo EC. Estación Experimental Pichilingue. p4 "mimeografiado".
- Eberhart, A.; Russell, W. 1966. Stability parameter for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Esckridge, K. 1997. Evaluation of corn hybrids using the probability of outperforming a check based on strip-test date. *Journal of agricultural, biological and environmental statistics* 2(3): 245-254.
- Finlay, K.; Wilkinson, G. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust J Agric Res* 14: 742-754.
- Fuentes, M.; Quemé, J.; Pérez, C. 1993. Efectos de aptitud combinatoria general e identificación de híbridos triples de maíz (*Zea mays* L.) grano blanco. Programa Regional de Maíz (PRM), 1991. *Agronomía Mesoamericana* 4: 71-76
- Gordón-Mendoza, R.; Camargo-Buitrago, I.; Franco-Barrera, J.; González-Saavedra, A. 2006. Adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 189-199.
- Gordón-Mendoza, R.; Franco-Barrera, J.; Camargo-Buitrago, I. 2010. Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 11-20.
- Hill, R.; Rosenberger, J. 1985. Methods for combining data from germoplasm evaluation trial. *Crop Sci.* 25: 467-470.
- INFOTERRA-UTEQ. 2012. Mapas biofísicos y cantonales de la provincial de Los Ríos. Área de cartografía. Instituto de Informática. UTEQ.
- Jones, T. 1988. A probability method for comparing varieties against checks. *Crop Sci.* 28: 907-912.
- Reyes, C. 1990. Diseños de experimentos aplicados. Ed. Trillas 3^{ra} Ed. México. 348 p.
- Zobel, R.; Madison, J.; Gauch, H. 1988. Statistical Analysis of a Yield Trial. *Agron. J.* 80: 388-393.