

ESTABILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS NUEVOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN COMPARACIÓN AL TESTIGO REGIONAL HB-83, 1998-2000¹

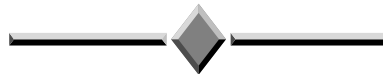
Ismael Camargo², Román Gordón², Mario Fuentes³

RESUMEN

Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos de maíz en comparación al testigo regional HB-83, 1998-2000. Se realizó un estudio en donde se estimó la estabilidad (AMMI) y la confiabilidad o respuesta normalizada (RNI) de híbridos de grano blanco, evaluados en el ensayo regional de maíz del PCCMCA entre los años 1998 y 2000. En este período se evaluaron 100 genotipos en 48 ambientes de nueve países de Centro América y el Caribe. El estudio permitió identificar genotipos que combinan baja interacción con el ambiente y una respuesta normalizada variando de buena a promedio ($0,6 \geq \text{RNI} < 0,9$) con respecto al testigo. Se determinó la estabilidad y el grado de confiabilidad de la respuesta con respecto al testigo regional HB-83 para cada año. Adicionalmente se realizó el mismo análisis para el combinado de los 12 híbridos coincidente al menos en dos años del combinado. El análisis combinado indicó que el 25% de los genotipos presentaron un $\text{RNI} = 0,8$, siendo ellos: CM 933-133, XM 7706 y XM 7708. Seis de los cultivares (el 50%) presentaron RNI promedio, sobresaliendo el H-59 y CB-HS-9 con valores de 0,73 y 0,75 respectivamente; los otros 25% mostraron RNI bajo, o sea inferior a 0,6. El análisis AMMI por su parte identificó al grupo de conformados por el HB-83, CB-HS-11, HN-12 y Trop E 103 como los cultivares con menor interacción con el ambiente. Ambos análisis permitieron verificar que el HB-83 continúa siendo un testigo regional vigente y competitivo por su alta producción y buena estabilidad a través de ambientes contrastantes.

ABSTRACT

Stability and reliability of the new corn hybrids in comparison to the regional control HB-83, 1998-2000. A study was conducted to estimate the stability (AMMI) and the confidence or normalized response (RNI) for a white corn hybrid, assessed in a regional PCCMCA corn trial from 1998 to 2000. In this period, 100 genotypes were evaluated at 48 environments at nine Central America and the Caribbean countries. The RNI values represents the specific genotype's probability increase over the mean yield, specified by a control. The study allowed to identify genotypes with low environment interaction and of normalized response varying from good to average ($0.6 \geq \text{RNI} < 0.9$) according with the control. The stability and the confidence degree, regarding to the regional control HB-83, was determined every year. In addition, the same analysis was performed with 12 genotypes in common at least in two year of this phase. The combined analysis indicated that 25% of genotypes showed a $\text{RNI} = 0.8$, these genotypes were CM 933-133, XM 7706 and XM 7708. Six of them (50%) showed standard RNI, outstanding the H-59 and CB-HS-9 with RNI values of 0.73 and 0.75, respectively; the other 25% presented low RNI, less than 0.6. The HB-83, CB-HS-11, HN-12 and Trop E 103 were identified as hybrids with low genotype-environment interaction by the AMMI analysis. Both analysis allowed to verify that HB-83 is still a competitive and current regional control due to its high production and good stability throughout contrasting environments.



INTRODUCCIÓN

El ensayo regional de maíz del PCCMCA se inició en 1956, como un instrumento colaborativo para la eva-

luación sistemática de cultivares desarrollados por los Programas Nacionales y las Empresas Privadas que operan en la región. La experiencia acumulada ha permitido fortalecer las técnicas de campo para la realización

¹ Recibido para publicación en abril del 2002. Presentado en la XLVIII Reunión Anual del PCCMCA. República Dominicana, 2002.

² Programa de Maíz, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Apdo. 6-4391, El Dorado, Panamá 6A, Panamá. Tel (507) 993-3253. E-mail: icamargo@cwpanama.net; rgordonm@cwpanama.net.

³ Programa de Maíz, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), Apdo. 231-A, Guatemala. E-mail: mrfuentesl@hotmail.com

de los experimentos, así como el análisis e interpretación de los resultados mediante el uso de metodologías apropiadas para lograr conclusiones acertadas (Córdova *et al.* 1993).

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 (Lin *et al.* 1986, Lin y Binns 1994). La caracterización de la estabilidad de los genotipos evaluados en diferentes sitios y años se ha logrado por medio de los modelos de regresión propuestos por Finlay y Wilkinson (1963), Eberhart y Russell (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 otros son eliminados por su pobre comportamiento. La sustitución de cultivares en ensayos regionales repetidos anualmente en ambientes contrastantes, resulta en una serie de datos desbalanceados que requieren análisis especiales para aprovechar la información generada a través de varios años. Algunos autores entre ellos, Hill y Rosenberger (1985), Jones (1988), Eskridge y Mumm (1992), Nuland y Eskridge (1992), Eskridge *et al.* (1993), Jones (1988), Lin y Binns (1994), Eskridge (1997), han propuesto metodologías estadísticas que permiten identificar genotipos superiores utilizando datos desbalanceados.

La metodología propuesta por Jones (1988), permite la comparación de los cultivares contra el testigo utilizando los datos de varios años. Eskridge y Mumm (1992), Eskridge *et al.* (1993) Nuland y Eskridge (1992), Eskridge (1997), perfeccionaron el análisis de confiabilidad o respuesta normalizada, basados en las diferencias de rendimiento de los cultivares respecto a un testigo adaptado a la región, Lin y Binns (1994) definieron como medida para caracterizar el desempeño genotípico, el cuadrado medio de la distancia entre la respuesta media del cultivar y la respuesta media superior para todos los ambientes, así, el cuadrado medio menor indicará una superioridad del cultivar.

El concepto de confiabilidad propuesto por Eskridge y Mumm (1992), Eskridge *et al.* (1993) Eskridge (1997), es similar, en principio, al análisis de superioridad propuesto por Lin y Binns (1994). Baker (1996), Indica que ambos conceptos estadísticos la medida de superioridad y el análisis de confiabilidad, representan avances importantes en el entendimiento de los proble-

mas del mejoramiento genético, producto de la interacción genotipo-ambiente. Por otro lado, Córdova *et al.* (1993), Hodges *et al.* (1995), Camargo *et al.* (2001), han demostrado la aplicación práctica de esta metodología para determinar la confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre un testigo, e identificar potenciales cultivares para su liberación comercial y para ser utilizados como nuevo testigo para discriminar los cultivares en años subsiguientes. Córdova *et al.* (1993), basado en sus resultados recomendó el uso del híbrido HB-83 como testigo regional para el ensayo del PCCMCA.

El objetivo del presente estudio fue determinar la estabilidad y confiabilidad para el rendimiento de grano de los nuevos híbridos de maíz de grano blanco con respecto al testigo regional HB-83, a través de ambientes y años contrastantes, así como, verificar la utilidad práctica de estas herramientas en las decisiones asociadas con el cambio tecnológico, que representa la recomendación de un nuevo cultivar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la información experimental

Los datos experimentales utilizados en este estudio, provienen de resultados obtenidos de los ensayos colaborativos del PCCMCA de 1998 al 2000. La metodología experimental, como el número de cultivares y localidades fueron descritas por Fuentes y Quemé (1999, 2000 y 2001). Durante este período fueron evaluados en 48 ambientes de nueve países de la región, 102 híbridos de maíz de grano blanco correspondiendo, 76 de las empresas privadas y 26 de los programas nacionales, apoyados por el PRM-CIMMYT.

En este estudio se estimó la puntuación AMMI para caracterizar la estabilidad y la Respuesta Normalizada (Confiabilidad) con respecto al HB-83. Se utilizaron trece híbridos, con dos y tres años de evaluación, fluctuando el número de localidades entre 32 y 48, para los diferentes genotipos (Cuadro 1).

Concepto de respuesta normalizada (RNI) o confiabilidad de la respuesta

Según Eskridge *et al.* (1993), la confiabilidad estadística de la respuesta en rendimiento del *i*-ésimo genotipo se determina a partir de los diferenciales de rendimiento(d_i) con respecto al testigo, o sea:

$$d_i = P(Y_i - Y_c > d_i)$$

donde:

P(.) representa la probabilidad
 Y_i respuesta del híbrido evaluado
 Y_c respuesta del testigo, y
 d_i es la diferencia entre ambos.

Córdova *et al.* (1993) indican que pueden ser planteadas las hipótesis alternas en función, a sí el valor promedio de d_i es mayor o menor que cero es decir:

Ho: $d_i - c \leq 0$

Ha: $d_i - c > 0$

Cuadro 1. Listados de los híbridos considerados en el estudio combinado de tres años, institución, los años de evaluación, el número de localidades, y el país de origen. PCCMCA 1998-2000

Híbridos	Institución/ Empresas	Años Eval.	Loc's Eval.	País
CB-HS-11	Cristiani B.	2	35	Guatemala
CB-HS-9	Cristiani B.	2	35	Guatemala
Trop E-101	S. del Trop.	2	32	Guatemala
Trop E 103	S. del Trop.	3	48	Guatemala
CMS933133	CIMMYT	3	48	México
H-59	CENTA	3	48	El Salvador
HN-12	INTA	2	32	Nicaragua
VN30F94	Pioneer	3	48	México
XM-7706	Asgrow	2	35	México
XM-7708	Asgrow	2	35	México
HR-93	Seminal	3	48	Guatemala
HR-99	Seminal	2	35	Guatemala
HB-83 ¹	ICTA	3	48	Guatemala

¹ Testigo regional

Para probar estas hipótesis calculamos primero los valores promedios de d_i y la desviación estándar de las diferencias a través de todas las localidades (Sd_i). Posteriormente se determina el valor estandarizado (d_i/Sd_i) al cual se le determina la Probabilidad Normal Estandarizada (usando la tabla de Z normal de una cola). A esta probabilidad se le denomina Confiabilidad Normalizada con respecto al testigo (RN_i). El análisis de confiabilidad fue calculado para todas las comparaciones de interés, luego se procedió a ordenar de manera descendente los genotipos en función de esta probabilidad.

El valor de RN_i para cada genotipo representa la probabilidad de que un genotipo específico supere en

promedio el nivel de producción establecido por el testigo, en el conjunto de todos los ambientes y años donde se efectuaron las evaluaciones (Eskridge y Mumm 1992, Eskridge *et al.* 1993 y Eskridge 1997). De acuerdo a Córdova *et al.* (1993), los genotipos pueden ser clasificados en cuatro categorías según el RN_i estimado, a saber: a) confiabilidad superior ($0,9 \geq RN_i < 1,0$); b) buena ($0,8 \geq RN_i < 0,9$); c) promedio ($0,6 \geq RN_i < 0,8$), y; d) baja ($RN_i < 0,6$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estabilidad y confiabilidad respecto al testigo

La ventaja práctica del análisis de confiabilidad basado en las diferencias de rendimiento de los genotipos respecto al testigo, es que con éste se permite comparar los híbridos en una amplia gama de ambientes y además se determina la estabilidad relativa de los genotipos evaluados sin considerar el conjunto original de materiales, facilitando un mayor aprovechamiento de la información generada a través de varios años en la toma de decisiones acertadas al recomendar la nueva tecnología (híbridos) al productor.

En el Cuadro 2, se presenta un resumen que contiene para cada año de evaluación el número de híbridos, localidades y países involucrados, además, la media general y el rango obtenidos para rendimiento de grano durante el periodo cubierto por el estudio.

El análisis de varianza de acuerdo al modelo AM-MI, Cuadro 3, muestra que en los tres años cubiertos por el estudio, la varianza ambiental fue mayor que la varianza de los genotipos, estos resultados eran esperados debido a la gran variabilidad ambiental existente en el mega ambiente Mesoamericano (Fuentes y Quemé 1999, 2000 y 2001). Se observa además, que los tres años fueron bien contrastantes dada las magnitudes de sus varianzas, la mayor variación ambiental se estimó en 1998 y la menor en el año 2000.

Cuadro 2. Años de evaluación, número de genotipos, ambientes, países, medias y rangos de rendimiento de grano. PCCMCA 1998-2000.

Años	Geno.	Amb.	Países	Rendimiento (t/ha)	
				Media	Rango
1998	42	13	8	6,07	7,10-4,98
1999	30	19	8	6,52	7,47-5,18
2000	30	16	9	5,81	6,70-4,09
Total	102	48			

Cuadro 3. Análisis AMMI para la variable rendimiento de grano (t/ha) de la evaluación de híbridos blancos del PCCMCA. 1998, 1999 y 2000.

Fuente de Var.	Grados libertad			Cuadrados Medios**		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
AMB'S	12	18	15	329,9	258,5	161,4
GEN'S	41	29	29	13,09	15,94	13,06
G x A	492	522	435	1,025	1,25	1,14
PCA ₁	52	46	43	2,155	3,27	2,97
PCA ₂	50	44	41	1,958	2,73	2,28
Residuo	390	432	351	0,754	0,89	0,79
Error	1066	1102	928	0,586	0,49	0,46
Total	1637	1709	1439	3,488	3,75	2,65

**Todas las fuentes de variación presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en 1998, 1999 y 2000.

Por otro lado, la varianza de los genotipos se mantuvo a niveles similares en los tres años cubiertos por el estudio, esto puede sugerir que los genotipos evaluados en su conjunto presentan buena adaptabilidad a los diferentes ambientes de la región.

Los resultados del análisis de estabilidad y confiabilidad de la respuesta (RN_i), para los 12 híbridos evaluados durante los últimos tres años en la región mesoamericana, permitieron identificar genotipos con rendimiento superior al testigo HB-83 (5,81 t/ha) y baja interacción con el ambiente, como CB-HS-11, TROP-E 103, HN-12 CMS933133 y H-59, estos genotipos presentaron puntuaciones AMMI cercanas a cero. No obstante, el análisis de confiabilidad permitió clasificarlos en tres categorías con respecto al testigo, los genotipos CMS 933133, XM-77088 y XM-7706K presentaron buena confiabilidad ($0,8 \geq RN_i < 0,9$) las probabilidades normalizadas de estos tres híbridos, significa que por lo menos en ocho de cada 10 localidades hay una respuesta superior de estos genotipos con respecto al testigo (Cuadro 4).

Entre tanto, los híbridos CB-HS-9, H-59, 30F94, CB-HS-11, TROP E 103 y HN-12 presentaron confiabilidad promedio ($0,6 \geq RN_i < 0,8$). Finalmente, los genotipos TROP E 101, HR-99 y HR-93 mostraron baja confiabilidad ($0,3 \geq RN_i < 0,6$). Los híbridos con niveles de confiabilidad por debajo de 0,60 y hasta 0,50 representan un riesgo relativamente similar para el productor con respecto al HB-83, es decir, que el productor puede sembrar cualquiera de estos genotipos con resultados muy similares al alcanzado con el testigo, siempre que otros componentes económicos permanezcan sin alteraciones como el costo de la semilla.

Cuadro 4. Rendimiento promedio, diferencias en rendimiento, desviación estándar y confiabilidad en 12 híbridos de maíz de grano blanco con respecto al testigo HB-83. PCCMCA 1998-2000.

Híbridos	Rend. (t/ha)	Dif. (t/ha)	Desv. Est. (t/ha)	Punt. AMMI	Prob. $RNi > 0$
CMS933133	6,89	1,08	0,974	-0,24	0,86a
XM-7708	6,83	0,94	0,956	0,80	0,83a
XM-7706	6,77	0,87	0,957	-0,55	0,82a
CB-HS-9	6,37	0,48	0,709	-0,50	0,75b
H-59	6,28	0,47	0,789	-0,22	0,73b
30F-94	6,24	0,43	0,867	-0,40	0,69b
CB-HS-11	6,27	0,37	0,834	0,01	0,67b
Trop E 103	6,10	0,29	0,777	-0,15	0,64b
HN-12	6,18	0,17	0,577	0,14	0,61b
Trop E 101	6,17	0,16	0,821	-0,59	0,58c
HR-99	5,75	-0,15	0,823	0,92	0,43c
HR-93	5,07	-0,74	1,261	-0,40	0,28c
HB-83	5,81			-0,05	

Nivel de confiabilidad: a Buena, b Promedio, c Baja.

Las magnitudes de las respuestas normalizadas (RNi) obtenidas en este estudio, coinciden con las obtenidas por Nuland y Eskridge (1992), Eskridge y Mumm (1992), Eskridge *et al.* (1993), Hodges *et al.* (1995), Córdova *et al.* (1993), Camargo *et al.* (2001). En el estudio de Córdova *et al.* (1993), las ganancias en rendimiento sobre el híbrido H-5 fueron más impactantes al presentar genotipos con confiabilidad superior (H30 y HB-85). Entre mayor es la diferencia de rendimiento entre el genotipo evaluado y el testigo, más elevada es la confiabilidad.

De acuerdo con Lin *et al.* (1986), los análisis de estabilidad representan una medida relativa que permite hacer inferencia solamente en función del grupo fijo de genotipos evaluados. Sin embargo, Eskridge *et al.* (1993), indican que la confiabilidad permite hacer inferencias amplias en relación con la estabilidad, ya que, solamente depende de las diferencias en rendimiento del testigo común y de un genotipo específico y no depende de otros cultivares. Según Eskridge y Mumm (1992), Eskridge *et al.* (1993), la confiabilidad es una medida relacionada con otros parámetros de estabilidad como el coeficiente de regresión b_i de Finlay y Wilkinson (1963), la desviación del cuadrado medio S^2_i de Eberhart y Russell (1966) y la varianza de estabilidad de Shukla (1972). Córdova *et al.* (1993), indica que la confiabilidad es una medida que evalúa las ganancias en rendimiento con respecto al testigo, así como, la variabilidad de la respuesta en los diferentes ambientes, tal como se aprecia en la

Figura 1, donde se presenta la relación observada entre la diferencia con respecto al HB-83 y la confiabilidad de la respuesta de los híbridos evaluados. Se verifica que entre mayor es la diferencia de rendimiento, mayor es la confiabilidad estimada. Por otro lado, la variación en confiabilidad para los genotipos dentro de un diferencial de rendimiento dado, se debe fundamentalmente a las diferentes magnitudes de las desviaciones estándares a través de ambientes (Figura 1).

Las curvas de dispersión y regresión lineal de las diferencias de rendimiento con respecto al testigo en función de la probabilidad normalizada de los tres cultivares con mayor confiabilidad, se presenta en la Figura 2. En ésta se aprecia como los tres cultivares presentan patrones muy similares de respuesta en comparación con el testigo. También se encontró, que los coeficientes de las ecuaciones de las regresiones son muy similares. Esta similitud sugiere que el híbrido HB-83 es un testigo que ha permitido discriminar eficientemente los cultivares en cuanto a producción de grano y estabilidad.

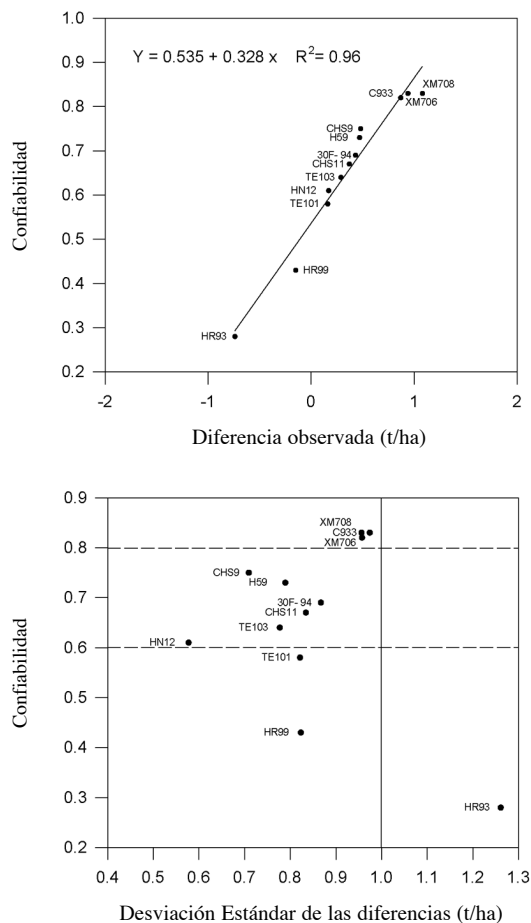


Figura 1. Relación de la confiabilidad con la magnitud de las diferencias en rendimiento, y la desviación estándar de 12 híbridos de maíz evaluados en el PCCMCA, 1998-2000.

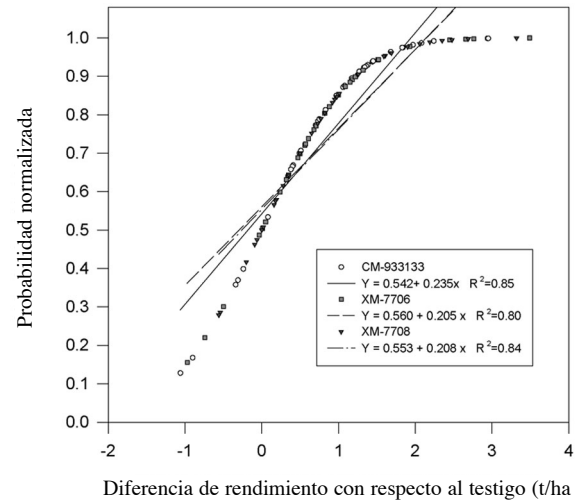


Figura 2. Relación de la probabilidad normalizada con las diferencias de rendimiento de tres híbridos de maíz evaluados en el PCCMCA, 1998-2002.

Como la confiabilidad normalizada permite la comparación de diferentes cultivares con un testigo común, la selección del testigo adecuado tiene un impacto importante en la estimativa de la confiabilidad, y en consecuencia sobre las conclusiones y decisiones a tomar (Eskridge y Mumm, 1992 y Eskridge *et al.* 1993). Por otro lado, Córdova *et al.* (1993), conceptúa que el testigo regional debe proveer tanto al mejorador como al productor un término de referencia común para comparar nuevos genotipos; por lo tanto, se requiere que su comportamiento ante todo sea estable y que tenga un nivel adecuado de producción.

El testigo regional HB-83, ha demostrado ser un genotipo excepcional puesto que combina altos rendimientos y baja interacción; estas características favorables contribuyen para que las respuestas normalizadas promedios de los nuevos cultivares no muestren ganancias espectaculares en rendimiento. Estimativas de las respuestas normalizadas fluctuando de buena a superior, implican incrementos en rendimiento de 20% sobre el HB-83 (5,81 t/ha).

La integración de los dos análisis presentados el de estabilidad AMMI y la confiabilidad normalizada, ayudan a aumentar la certeza del investigador y el productor en el proceso de decisión sobre la selección y/o liberación a nivel comercial de un genotipo en particular o bien identificar genotipos con características adecuadas para testigo y puede ser una manera indirecta de medir el progreso genético para rendimiento en función de un testigo regional.

CONCLUSIONES

Se identificaron genotipos que combinan baja interacción con el ambiente y una respuesta normalizada de buena a promedio (CMS 933133, H-59, CBHS-11 y TROP E-103).

Por su comportamiento el híbrido CMS 933133, reúne los requisitos para ser utilizado como testigo regional.

El HB-83 continúa siendo un testigo regional vigente y competitivo por su alta producción y buena estabilidad a través de ambientes y años contrastantes.

Las metodologías evaluadas son útiles para identificar genotipos superiores, para su liberación o como testigos competitivos.

LITERATURA CITADA

- CAMARGO, I.; GORDÓN, R.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A.; QUIRÓS, E.; FIGUEROA, A. 2001. Confiabilidad de nuevos híbridos de maíz, en Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 07-11.
- CÓRDOVA, H.S.; BARRETO, H.J.; CROSSA, J. 1993 Impacto del desarrollo de híbridos de maíz en Centro América: Confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y consideraciones para selección de testigos regionales. *In: Síntesis de resultados experimentales 1992. CIMMYT - PRM. Guatemala. 1993. Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe (PRM) 4: 3-10.*
- EBERHART, S; RUSSEL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci* 6:36-40.
- ESKRIDGE, K.M. 1997 Evaluation of corn hybrids using the probability of outperforming a check based on strip-test data. *Journal of agricultural, biological and environmental statistics* 2(3): 245-254.
- ESKRIDGE, K.M.; MUMM, V. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theor. Appl. Genet.* 84:494-500.
- ESKRIDGE, K.M.; SMITH, O.S.; BYRNE, P.F. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-
- check differences from on-farm trials. *Theor. Appl. Genet.* 87:60-64.
- FUENTES, M.; QUEMÉ, W. 1999. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de Centroamérica, El Caribe, Colombia y Venezuela. *Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA, 1998. ICTA-PRM. Guatemala, C.A. 14 p.*
- FUENTES, M.; QUEMÉ, W. 2000. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de Latinoamérica. *Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA, 1999. 14 p.*
- FUENTES, M.; QUEMÉ, W. 2001. Evaluación de híbridos de maíz de grano amarillo y blanco en diferentes ambientes de Centroamérica, México y El Caribe. *Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA, 2000. ICTA-PRM. Guatemala, C.A. 18 p.*
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust J Agric Res* 14:742-754.
- Hill R., J.L. Rosenberger 1985. Methods for combining data from germplasm evaluation trials. *Crop Sci.* 25:467-470.
- HODGES, L.; SANDERS, D.C.; PERRY, K. B. 1995. Adaptability and reliability of yield for four bell pepper cultivars across three southeastern states. *Hort Sciences* 30(6):1205-1210.
- JONES, T.A. 1988. A probability method for comparing varieties against checks. *Crop Sci.* 28:907-912.
- 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.; LEFKOVITCH, L.P. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.
- NULAND, D.S.; ESKRIDGE, K.M. 1992. Probability of outperforming a check. *In: H.F. Schwartz (ed.). Proceedings, 35 th Bean Improvement Cooperative Meetings. Colorado State Univ. For. Collins. CO. p. 17-20.*
- ZOBEL, R.W.; MADISON, J.W.; GAUCH, H.G. JR. 1988. *Statistical Analysis of a Yield Trial. Agron. J.* 80:388-393.