RELACIÓN DEL VIGOR INICIAL DE PLÁNTULA CON CARACTERES DE PLANTA ADULTA EN MAÍCES CRIOLLOS MEJORADOS

Francisco Cervantes Ortiz[1]; José R. Gamez Soria[1]; Enrique Andrio Enríquez[1]; J. Guadalupe Rivera Reyes[1]; José A. Rangel Lucio[1]; Mariano Mendoza Elos[1]; Hugo C. Cisneros López[1]; Gustavo López Romero[2]

[1]Instituto Tecnológico de Roque. Roque, Celaya, Guanajuato, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, México.
Autor responsable: frcervantes@itroque.edu.mx

Recibido: Noviembre 14, 2012; Aceptado: Julio 2, 2013

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue correlacionar el vigor inicial de plántula con caracteres de planta adulta en maíces criollos mejorados e híbridos comerciales para El Bajío Guanajuatense. La investigación comprendió 46 genotipos de maíz; 35 cruzas entre poblaciones de maíces criollos, tres mestizos (criollo x mejorado) del I.T Roque, cuatro híbridos de la empresa Monsanto, dos híbridos de Pioneer, uno de INIFAP-CEBAJ y una variedad de polinización libre. Estos materiales fueron sometidos a un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental constó de un surco de cinco metros de longitud, con 25 semillas por unidad experimental. Se evalúo el vigor inicial de plántula, altura de planta y mazorca, número de hojas debajo de la mazorca, número total de hojas, índice de prolificidad y rendimiento de campo. Hubo diferencias significativas (P≤0.01) entre genotipos para los caracteres evaluados. En altura de planta y mazorca sobresalieron las cruzas entre razas con valores altos, comparado con híbridos comerciales de Monsanto y Pioneer. Situación similar ocurrió para número de hojas debajo de la mazorca y total de hojas; ésta condición podría ser aprovechada para utilizar estas cruzas con buen potencial forrajero en agricultura de temporal. En vigor inicial de plántula sobresalió el híbrido Cimarrón y dos mestizos mejorados. Sin embargo, en rendimiento de campo los híbridos comerciales de Monsanto expresaron los valores más altos; aunque también dos mestizos mejorados presentaron buen comportamiento en ésta característica y podrían ser utilizados en agricultura de temporal. No hubo asociación entre vigor inicial de plántula con característica de planta adulta en estos materiales.

Palabras Clave: maíz criollo, vigor de plántula, mejoramiento de maíces criollos.

INTRODUCCIÓN

Estudios que relacionen el vigor inicial de plántula con caracteres de planta adulta y el rendimiento de grano en maíz no son comunes en la literatura. Usando el porcentaje de emergencia, índice de emergencia (índice de velocidad de emergencia), peso seco de plántula a los 42 días después de la siembra como índices de vigor, Mock y Bakri (1976) obtuvieron respuesta significativa para dos ciclos de selección para el vigor de plántula en la población BSSS 13, pero este carácter no se asoció con el rendimiento de grano. Mock y Skrdla (1978) obtuvieron bajas correlaciones entre la floración y el vigor de plántula en 144 introducciones de maíz. En otro estudio que involucró 34 líneas endogámicas de maíz, Mock y Mcnaill (1979) obtuvieron bajas correlaciones entre caracteres de vigor de plántula con altura de planta, floración, número de hojas y rendimiento de grano.

Con selección recurrente en maíz, la correlación entre el vigor de plántula y rendimiento de grano puede ser positiva, negativa o cero (Fakorede y Ayoola, 1980); aunque en algunos casos la asociación entre tamaño de grano y crecimiento inicial de plántula es positiva (Hawkins y Cooper, 1979; Derieux*et al*., 1989; Bockstaller y Girardin, 1994). En otros casos, aunque es significativo el efecto de tamaño de grano y el crecimiento de plántula durante el periodo heterotrófico (porcentaje de emergencia, altura de plántula, materia seca), éste desaparece antes de la antesis (Hawkins y Cooper, 1979). Ajala y Fakorede (1988) reportaron el efecto de genes aditivos y no aditivos para el vigor inicial de plántula y rendimiento de grano en líneas de maíz con diferentes niveles de endogamia, y una correlación inconsistente entre caracteres de plántula y planta adulta. El vigor de plántula en líneas endogámicas de maíz está determinado principalmente por los efectos de aptitud combinatoria general (ACG), aunque los efectos de ACE y efectos recíprocos (ER) también son significativos (Revilla *et al*., 1999). La correlación de ACG entre los caracteres de vigor de plántula y planta adulta no es consistente, mientras que los ER para peso de grano se relacionaron con los ER para

vigor inicial, materia seca final y días a las floraciones masculina y femenina; además hay efecto del progenitor femenino en la formación de la semilla (Revilla *et al*., 1999).

La diferencia en semillas con alto y bajo vigor se detectan sólo en fases iníciales de crecimiento y bajo condiciones adversas, pero no hay suficientes evidencias de que el efecto se conserve para su expresión en rendimiento (Cervantes-Ortiz *et al*., 2007). El vigor de semillas, permite predecir el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para germinación y emergencia. El vigor en plántulas es una característica deseable en todo tipo de semillas, sobre todo cuando las condiciones de siembra y preparación del terreno no son homogéneas o se presentan factores externos, como la compactación del terreno, falta de humedad, topografía accidentada, que afectan el crecimiento de la plántula (Sánchez, 2004). El vigor, la germinación y la viabilidad son parámetros de calidad de la semilla, que le dan un valor comercial. Es importante señalar que los factores que determinan la calidad son los genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos (Moreno, 1998). El objetivo de este trabajo fue determinar la correlación entre el vigor inicial de plántula con caracteres de planta adulta y el rendimiento de grano en cruzas entre razas de maíces e híbridos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2010 en los terrenos del Campo Experimental del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), ubicado en Celaya, Guanajuato, México que de acuerdo con datos del googleearth se encuentra ubicado a los 20º 34' N y 100º 49' O, y 1775 m de altura. Los suelos son de tipo Vertisol Pélico, con arcillas obscuras (García, 1973). En el Cuadro 1 se describen las poblaciones nativas utilizadas en un programa de cruzamientos entre diferentes variedades de maíz criollo. Las cruzas se realizaron en el ciclo P-V/2010, obteniendo un total de 35 cruzas y 3 mestizos (criollo x mejorado), además se evaluaron 8 testigos regionales de los cuales 1 es de INIFAP, CEBAJ (H-374C), 1 variedad de ITR (V. ROQUE), 4 híbridos de la empresa Monsanto (CIMARRÓN, DK 2042, DK 2027 y JABALI) y 2 híbridos de la empresa Pioneer (P3030W y P2946W).

Cuadro 1. Razas de maíz utilizadas en el ensayo. Roque, Celaya, Gto. 2011.

Número	Raza de maíz	Origen	Tipo de endospermo	CIMMyT
1	Tepecintle	Chiapas	Dentado	756
2	Tuxpeño	Michoacán	Dentado	1
3	Jala	Nayarit	Dentado	1665
4	Pepitilla	Guerrero	Dentado harinoso	1346
5	Harinoso de 8	Nayarit	Semidentado suave	2250
6	Celaya	Guanajuato	Dentado	1670
7	Dulce	Guanajuato	Dentado cristalino	1060
8	Reventador	Nayarit	Cristalino	1671
9	Bolita	Oaxaca	Cristalino	5983
10	Tabloncillo	Jalisco	Semidentado cristalino	331
11	Cristalino Chihuahua	Chihuahua	Dentado cristalino	6746

Fuente: Banco internacional de germoplasma, CIMMyT

Los 46 genotipos fueron establecidos bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones; donde la parcela experimental constó de un surco de 5 metros de longitud y se depositaron 25 semillas por unidad experimental. La siembra se realizó el 8 de Abril de 2012 y en ese momento se aplicó en banda el 50 % del Nitrógeno, todo el Fósforo y el Potasio, estos últimos en dosis de 60 kg ha^{-1} y el nitrógeno a razón de 150 kg ha^{-1}; la otra mitad del nitrógeno se aplicó 40 días después de la siembra (dds).

Se aplicaron cuatro riegos de auxilio de forma rodado, utilizando tubos de compuertas. Para mantener el cultivo libre de malezas se aplicó el herbicida dicosulfurón y paracuat; el primero en dosis de 1 L ha^{-1} y del segundo se aplicaron 2 L ha^{-1}. Además se hicieron dos escardas mecánicas (20 y 40 dds). Para el control de plagas del suelo se aplicó

el insecticida granulado carbofurán mezclado con el fertilizante al momento de la siembra.

Se registraron los siguientes caracteres: vigor inicial de plántula a 40 dds, con la escala: 1=excelente y 5=pobre; En una muestra de cinco plantas por unidad experimental se determinaron la altura de planta (AP) y mazorca (AM) en madurez fisiológica, medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta el punto de inserción de la hoja bandera y a la altura de la segunda mazorca, el número de hojas debajo de la mazorca (HBM) y el número total de hojas (HT), considerando el número de hojas presentes a floración. El índice de prolíficidad se determinó al dividir el número de mazorcas cosechadas entre el número de plantas de la parcela útil y el rendimiento de campo se obtuvo de cosechar todo el surco de cada unidad experimental, eliminando una planta en cada extremo.

Para todos los caracteres evaluados se hizo un análisis de varianza usando el procedimiento PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (SAS, 1999) ver. 8.1. La comparación múltiple de medias se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0.05). Del mismo modo, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas entre genotipos (P≤0.01) para vigor visual determinado a los 40 días de edad de la planta, altura de planta y mazorca, el número de hojas debajo de la mazorca, el número total de hojas y para el rendimiento de campo. Sin embargo, el índice de prolíficidad presentó una significancia del 5% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios para el vigor visual de plántula y caracteres de planta adulta en genotipos de maíces criollos. Roque, Celaya, Gto. 2011.

F.V	G.L	VV	AP	AM	HBM	HT	IP	RC
Bloques	2	373.9	0.11	0.13	10.41	12.38	0.03	1.06
Genotipos	45	550.5**	0.24**	0.20**	4.75**	6.28**	0.07*	5.18**
Error	90	296.8	0.06	0.05	1.27	1.88	0.04	1.83
C.V (%)	-----	31.4	11.80	21.20	12.10	9.42	20.15	21.39

*, ** Significativo al 5 y 1% de probabilidad. FV, GL, VV, AP, AM, HBM, HT, IP Y RC = fuente de variación, grados de libertad, Vigor visual de plántula, altura de planta, altura de mazorca, hojas debajo de la mazorca, hojas total, índice de prolificidad y rendimiento de campo, respectivamente.

En el Cuadro 3, se muestra la prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) para la altura de plata y mazorca, el número de hojas debajo de la mazorca y para el número total de hojas; donde se puede observar que los genotipos jala (3) x tepecintle (1), tepecintle (1) x jala (3), tuxpeño (2) x jala (3), tuxpeño (2) x tepecintle (1) y pepitilla (4) x tepecintle (1) mostraron la mayor altura de planta con valores por arriba de 2.56 m. Por otro lado, los híbridos DK 2042, jabalí, cimarrón, P3030W y la cruza entre las razas bolita (9) x cristalino Chihuahua (11) fueron consistentes con la menor altura de planta. En esta característica es importante resaltar que los híbridos comerciales de las empresas Monsanto y Pioneer mostraron baja altura de planta, ya que estos genotipos fueron desarrollados para rendimiento de grano. De forma general se puede establecer que existe una fuerte variación genética para este caracter, lo cual coincide con los resultados reportados por Andrio *et al.* (2011) en razas de maíz y Cervantes *et al.* (2011) en diseño de cruzamientos dialélicos en líneas endogámicas de maíz tropical. Con respecto a la altura de mazorca, los genotipos que presentaron los valores más altos fueron las cruzas entre las poblaciones tuxpeño (2) x tepecintle (1), pepitilla (4) x tepecintle (1), tuxpeño (2) x jala (3), tepecintle (1) x jala (3) y jala (3) x pepitilla (4). Por el contrario la variedad Roque, los híbridos jabalí, P3030W, cimarrón y P2946W presentaron baja altura de mazorca. Es importante señalar que en la mayoría de las cruzas donde interviene la raza jala se muestra una altura de mazorca importante. Estos resultados coinciden a los reportados por Andrio *et al.* (2011) en poblaciones nativas de maíz, quienes reportaron una fuerte variación fenotípica de este carácter. En relación al número de hojas debajo de la mazorca, sobresalieron las cruzas entre las poblaciones tuxpeño (2) x tepecintle (1), tuxpeño (2) x jala (3), pepitilla (4) x tepecintle (1), harinoso de 8 (5) x jala (3) y jala (3) x tuxpeño (2) al expresar la mayor cantidad de hojas (11.3-12.5); mientras que, las cruzas entre bolita (9) x cristalino Chihuahua (11),

tablón (10) x cristalino Chihuahua (11), tablón por dulce (7), los híbridos comerciales jabalí y DK-2027 presentaron la menor cantidad. En este tópico, Presa *et al.* (2012) (*comunicación personal)* mencionan que los genotipos que sobresalen para esta característica pueden ser una buena fuente para la producción forraje. Para el carácter número total de hojas (Cuadro 3), se puede observar que los genotipos más destacados correspondieron a las cruzas entre las poblaciones tuxpeño (2) x tepecintle (1), tuxpeño (2) x jala (3), pepitilla (4) x tepecintle (1), harinoso de 8 (5) x jala (3) y jala (3) x tuxpeño (2); en contraste, las cruzas de las razas bolita (9) x cristalino Chuhuahua (11), tablón (10) x dulce (7), tablón (10) x Cristalino Chihuahua (11), bolita (9) x Celaya (6) y harinoso de 8 (5) x dulce (7), presentaron la menor cantidad de hojas totales. Esta condición puede ser aprovechada en aquellos genotipos sobresalientes para uso forrajero en las zonas rurales. Por otro lado, esta variación fenotípica encontrada en este carácter se atribuye a la diversidad genética de los materiales evaluados, como fue reportado por Cervantes *et al.* (2007) aunque ellos trabajaron con cruzas simples provenientes de líneas endogámicas de maíz tropical y Andrio *et al.* (2011) en poblaciones de maíz.

Cuadro 3. Comparación de medias para caracteres de planta adulta en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Gto. 2011.

GEN	AP (m)	GEN	AM (m)	GEN	HBMZ (no)	GEN	HT (no)
3x1	2.71 a	2x1	1.60 a	2x1	12.53 a	2X1	18.36 a
1x3	2.71 a	4x1	1.60 a	2x3	12.53 a	2X3	17.73 a
2x3	2.64 ab	2x3	1.58 ab	4x1	11.86 ab	4X1	17.13 ab
2x1	2.62 ab	1x3	1.51 ab	5x3	11.53 ab	5X3	16.96 ab
4x1	2.56 ab	3x4	1.46 ab	3x2	11.30 ab	3X2	16.83 ab
3x7	2.04 cd	6x8	1.08 cd	H-374C	9.30 cd	P3030W	14.36 cd
9x7	2.04 cd	10x11	1.07 cd	3X10	9.16 cd	3X10	14.33 cd
9x5	2.03 cd	7x6	1.07 cd	10X9	8.96 cd	10X8	14.26 cd
6x8	2.02 cd	9x8	1.03 cd	7X9	8.86 cd	CIMARR	14.26 cd
9x8	2.01 cd	9x6	1.03 cd	7X4	8.86 cd	7X5	14.23 cd
P3030W	1.78 de	P2946W	0.77 de	DK2027	8.20 cd	5X7	13.20 de
CIMARR	1.78 de	CIMARR	0.74 de	JABALI	8.10 cd	9X6	13.16 de
9X11	1.74 de	P3030W	0.71 de	10X7	7.33 cd	10X11	12.63 de
JABALI	1.73 e	JABALI	0.70 de	10X11	7.23 cd	10X7	12.50 de
DK2042	1.72 e	V.ROQUE	0.61 e	9X11	6.96 d	9X11	11.23 e

Gen= genotipo. 1=Tepecintle, 2=Tuxpeño, 3=Jala, 4=Pepitilla, 5=Harinoso de 8, 6=Celaya, 7=Dulce, 8=Reventador, 9=Bolita, 10=Tabloncillo y 11=Cristalino chihuahua, respectivamente.

La prueba de comparación de medias para el vigor inicial de plántula (Cuadro 4), muestra que el híbrido cimarrón, el mestizo 1 (criollo x mejorado), la cruza entre la raza Celaya (6) x harnoso de 8 (5) el híbrido DK-2042 y la cruza entre Celaya (6) x dulce (7) fueron consistentes al presentar el vigor inicial más alto en campo registrado a los 40 días de edad de la planta. Por el contrario, las cruzas entre las poblaciones Harinoso de 8 (5) x dulce (7), dulce (7) x bolita (9), jala (3) x dulce (7), pepitilla (4) x tepecintle (1) y el híbrido H-374 C, presentaron los porcentajes más bajos de vigor inicial de plántula. Esta característica se ha evaluado a nivel genético (Fakorede y Ayoola, 1980; Fakorede y Agbana, 1983; Revilla *et al.,* 1999; Cervantes *et al.,* 2007). Los resultados de la prueba de comparación de medias para el índice de prolificidad o el número de mazorcas por planta (Cuadro 4), indica que las cruzas entre las razas tuxpeño (2) x jala (3), tuxpeño (2) x tepecintle (1), bolita (9) x harinoso de 8 (5), harinoso de 8 (5) x dulce (7) y el mestizo 2 (criollo x mejorado) produjeron más de una mazorca por planta; mientras que las cruzas jala (3) x pepitilla (4), jala (3) x dulce (7), dulce (7) x Celaya (6), harinoso de 8 (5) x jala (3) y bolita (9) x cristalino Chihuahua (11) presentaron un rango de producción de 0.68 a 0.81 mazorcas por planta. También Ramírez *et al.* (2003) reportaron resultados similares a esta investigación, pero ellos lo hicieron en maíz azul para Valles Altos. En relación con el rendimiento de campo, la prueba de comparación de medias (Cuadro 4) mostró que los híbridos DK-2042, DK-2027, cimarrón, el mestizo 1 (criollo x mejorado) y la cruza entre las razas Jala (3) x dulce (7) presentaron los rendimientos más altos al superar 8 t ha^{-1}. Por otro lado, las cruzas entre las razas dulce (7) x jala (3), jala (3) x tepecintle (1), tuxpeño

(2) x tepecintle (1), pepitilla (4) x harinoso de 8 (5) y dulce (7) x harinoso de 8 (5) expresaron el peor comportamiento para este carácter no superando las 5 t ha^{-1}. Es importante resaltar que en los genotipos con los rendimientos más altos están aquellos pertenecientes a la empresa Monsanto; comportamiento esperado ya que estos materiales tienen una alta heterosis y por lo tanto, un alto potencial genético. Aunque también aparecen en este grupo dos criollos mejorados con buen potencial para ser usados en agricultura de temporal en Guanajuato. Estos resultados indican que el mejoramiento de maíces Criollos a través del método de integración de alelos es una excelente alternativa para incrementar los rendimientos en las zonas rurales de nuestro país (Amri *et al.,* 1997; Bergvinson *et al.,* 2007). Otros investigadores también sostienen esta tesis sobre el mejoramiento genético de maíces criollos (Casas *et al.,* 2001; Ramírez *et al.,* 2003; Andrio *et al.,* 2011; Cervantes *et al.,* 2012).

Cuadro 4. Comparación de medias para el vigor visual de plántula, índice de prolificidad y el rendimiento de campo en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Gto. 2011.

GEN	VV (%)	GEN	IP (no.)	GEN	RC (ton ha^{-1})
CIMARRON	86.67 a	2x3	1.29 a	DK2042	9.53 a
Mestizo 1	80.00 ab	2x1	1.29 a	DK2027	8.95 ab
6X5	80.00 ab	9x5	1.29 a	CIMARRON	8.80 ab
DK2042	73.33 ab	5x7	1.25 a	Mestizo 1	8.54 ab
6X7	66.67 ab	Mestizo 3	1.23 a	3X7	8.46 ab
9X7	60.00 bc	Mestizo 1	0.98 b	V.ROQUE	6.18 bc
9X5	60.00 bc	10X1	0.97 b	7X6	6.08 bc
2X1	60.00 bc	7X3	0.97 b	1X3	6.05 bc
8X7	53.33 bc	7X5	0.97 b	10X8	6.02 bc
9X11	53.33 bc	DK2042	0.96 b	6X8	6.02 bc
H-374C	40.00 cd	9X11	0.81 bc	7X5	4.88 cd
4X1	33.33 cd	5X3	0.81 bc	4X5	4.87 cd
3X7	26.67 cd	7X6	0.80 bc	2X1	4.85 cd
7X9	26.67 cd	3X7	0.77 bc	3X1	4.77 cd
5X7	20.00 d	3X4	0.68 c	7X3	3.71 d

Gen= genotipo. 1=Tepecintle, 2=Tuxpeño, 3=Jala, 4=Pepitilla, 5=Harinoso de 8, 6=Celaya, 7=Dulce, 8=Reventador, 9=Bolita, 10=Tabloncillo y 11=Cristalino chihuahua, respectivamente.

Es importante aclarar que en las comparaciones de medias sólo se han considerado 15 genotipos para la expresión de cada variable (Cuadros 3 y 4), donde se tomaron los 5 primeros con valores más altos, seguidos por los que tienen un comportamiento intermedio y finalmente los 5 genotipos de dicho Cuadro (resumido). Los coeficientes de Regresión Lineal (Cuadro 5), fueron negativos para todos los caracteres de planta adulta y carecieron de significancia estadística; por lo que se establece que entre el vigor inicial de plántula y caracteres de planta adulta en maíz existe una baja o nula correlación como ha sido reportado por Fakorede y Ayoola (1980), Fakorede y Agbana (1983), Ajalá y Fakorede (1988) y Cervantes *et al.* (2007). Por otro lado, estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Bockstaller y Girardin (1994) y Revilla *et al.* (1999), quienes relacionaron el tamaño y el peso de la semilla con caracteres de plántula y planta adulta en maíz.

CONCLUSIONES

En los caracteres de altura de planta y mazorca, número de hojas debajo de la mazorca y el total de hojas por planta fue expresado en mayor proporción por las cruzas entre las diferentes razas de maíz. En el vigor inicial de plántula sobresalió el híbrido cimarrón y dos mestizos mejorados. Sin embargo, para el rendimiento de campo los híbridos comerciales de la empresa Monsanto expresaron los valores más altos; aunque también hubo dos mestizos mejorados que presentaron un buen comportamiento para esta característica y que pueden ser utilizados en la agricultura de temporal. No hubo asociación entre el vigor inicial de plántula con las característica de planta adulta en estos genotipos.

Cuadro 5. Coeficientes de determinación y de regresión lineal de los caracteres de planta adulta con el vigor inicial de plántula en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Gto. 2011.

Carácter	R^2	b	β0	β1
AP(m)	0.062^{ns}	-0.009	2.31	-0.003
AM(m)	0.007^{ns}	-0.069	1.15	-0.001
HBMZ(no)	0.011^{ns}	-0.064	9.82	-0.006
HT(no)	0.023^{ns}	-0.052	14.23	0.010
IP(no)	0.060^{ns}	-0.011	1.28	-0.001
RC(ton ha^{-1})	0.025^{ns}	-0.049	5.89	0.012

R^2= coeficiente de determinación, b= coeficiente de regresión lineal, β0 y β1= valores de la ecuación lineal simple. AP, AM, HBMZ, HT, IP Y RC, corresponden a la altura de planta, altura de mazorca, hojas debajo de la mazorca, hojas total, índice de prolificidad y rendimiento de campo, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajala SO; Fakorede MAB (1988). Inheritance of seedling vigor and its association with mature plant traits in maize populations at two levels of breeding. Maydica 33: 121-129.

Amri A (1997). Participatory plant breeding, adding value and the effect of agricultural policy on genetic diversity of crops. IPGRI. ROMA, ITALIA.

Andrio EE; Rodriguez HSA; Palomo GA; Espinosa BA; Cervantes OF; Gutiérrez AE; Arámbula VG; Mendoza EM (2011). Caracterización del potencial agronómico de maíces criollos para el mejoramiento genético. Pp. 44-59. Preciado OR E; Montes HS (eds) (2011) Amplitud, aprovechamiento y riesgos de la diversidad genética del maíz en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, Edo. de México. 274 p.

Bergvinson DJ; Ramírez A; Flores Velásquez D; García LS (2007). Mejoramiento de maíces criollos por integración de alelos. México, D.F.: CIMMYT.

Bockstaller C; Girardin P (1994). Effects of seed size on maize growth from emergence to silking. Maydica 39: 213-218.

Casas SJF; Sánchez GJJ; Ramírez DJL; Ron PJ; Montes HS (2001). Rendimiento y sus componentes en retrocruzas de maíz teocintle. Revista Fitotecnia Mexicana. 24(1):17-26.

Cervantes OF; Andrio EE; Rangel LJA; Rivera RJG; Cortes BE; Cisneros LHC; Mendoza EM (2012). Evaluación del rendimiento de maíces criollos mejorados para agricultores rurales del Estado de Guanajuato. XIV Congreso nacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 25-27.

Cervantes OF; García DSG; Carballo CA; Bergvinson D; Crossa JL; Mendoza EM; Andrio EE; Rivera RJG; Moreno ME (2011). Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. Phyton 80:19-26.

Cervantes OF; García SG; Carballo CA; Bergvinson D; Crossa JL; Mendoza EM; Moreno ME (2007). Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. Agrociencia. 41(4):425-433.

Derieux M; Boardu RRJ; Durburq BB; Boizard HH (1989). La crisse de criossance de la plantule de mais á basse temperatura. Agronomie 9: 207-212.

Fakorede MAB; Agbana SB (1983). Heterosis effects and association of seedling vigor with mature plant characteristics and grain yield in some tropical maize cultivars. Maydica 38:327-338.

Fakorede MAB; Ayoola AO (1980). Relationship between seedling vigor and selection for yield improvement in maize. Maydica 25: 135-147.

Fakorede MAB; Ojo DK (1981). Variability for seedling vigor in maize. Exptal. Agric. 17: 195-201.

García E (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (adaptación a las condiciones de la Republica Mexicana). Instituto de Geografía de UNAM, D.F. México. 264 p.

Hawkins RC; Cooper PJM (1979). Effects of seed size on growth and yield of maize in the Kenya highlands. Exptal. Agric. 15: 73-79.

Mock JJ; Bakri AA (1976). Recurrent selection for cold tolerance in maize. Crop Sci. 16: 230-233.

Mock JJ; McNeill MJ (1979). Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in North America. Crop Sci. 19: 239-242.

Mock JJ; Skrdla WH (1978). Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. Euphytica 27: 27-32.

Moreno ME; Vázquez BM; Rivera RA; Navarrete MR; Esquivel VF (1998). Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. Seed Sce. Technol. 26: 439-448.

Presa FMI (2012). Caracterización fenológica y morfológica de colectas de maíces Nativos del Norte de Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Roque.

Ramírez AM; Salinas M Y; Taboada GOR (2003). Maíz azul de los Valles Altos de México, rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Revista Fitotecnia Mexicana. 26 (2):101-107.

Revilla P; Butrón A; Malval RA; Ordás A (1999). Relationships among kernel weight, early vigor, and growth in maize. Crop Sci. 39:654-658.

Sánchez CJ (2004). Velocidad de emergencia y acumulación de materia seca en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos sustratos. Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán. UNAM. México, D. F.

SAS Institute Inc. (1999). SAS/STAT user's guide.Version 8.1. Cary, NC, USA. 359 p.