

Caracterización Física y Fisiológica de Poblaciones Criollas de Maíz bajo dos Sistemas de Producción

Bey Enrique Sánchez Pérez*, Norma Angélica Ruiz Torres, Froylán Rincón Sánchez, Hilda Cecilia Burciaga Dávila

Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: sanchez_7971@hotmail.com. (*Autor responsable).

Abstract

Physical and Physiological Characterization of two Maize Landrace Populations under Two Production Systems.

The objectives of this study were to characterize female populations (detasseling) and male native maize improved populations, based on physical and physiological traits, and to determine the changes in populations as a result of the production system. The research consisted of two studies: I) Physical characterization of the cob, and II) Determination of physiological seed quality of both populations. In Study I were found, significant differences ($P<0.05$) among populations for cob diameter (DMA), and highly significant ($P<0.05$) ones for thousand seed weight (PMS) and ear length (LMZ), the male population showed a higher weight and size. In study II, differences were highly significant ($P<0.01$) between populations for vigour (V), dry weight of plumule (PSP), dry weight of radicle (PSR), average length of plumule (LMP) and average length of radicle (LMR). The male population exceeded the female one, showing a better expression expression in these variables. So, it may be concluded that the male population exceeded the female population traits of physical and physiological quality due, mainly, to changes in plant metabolism, resulting from the manual detasseling in the field. The male population yielded heavier seeds, larger ears, and seed quality exceeded in effect the female population.

Key words: *Zea mays* L., improved maize landraces, seed production, plumule and radicle dry weight, physiological quality.

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron: caracterizar poblaciones hembra (desespigadas) y poblaciones macho de maíz criollo mejorado, en base a atributos físicos y fisiológicos; así como determinar los cambios ocurridos en las poblaciones por efecto del sistema de producción. La investigación constó de dos estudios: I) Caracterización física de la mazorca; y II) Determinación de la calidad fisiológica en semilla de ambas poblaciones. En el estudio 1 se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre poblaciones para diámetro de mazorca (DMA) y altamente significativas ($P<0.01$) para Peso de mil semillas (PMS) y longitud de mazorca (LMZ); la población macho mostró mayor peso y tamaño. En el estudio II, se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P<0.01$) entre poblaciones para vigor (V), peso seco de plúmula (PSP), peso seco de radícula (PSR), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR). La población macho superó a la población hembra, mostrando mejor expresión en las variables mencionadas. Se concluye que la población macho superó a la población hembra en atributos de calidad física y fisiológica, debido principalmente a cambios en el metabolismo de la planta, resultado del desespigue manual aplicado en campo. La población macho mostró semilla de mayor peso, mayor tamaño de mazorca y en cuanto a la calidad de la semilla, superó en vigor a la población hembra.

Palabras clave: *Zea mays* L., maíz criollo mejorado, producción de semilla, peso seco de plúmula y de radícula, calidad fisiológica.

Introducción

México es reconocido como un país de megadiversidad biológica (Sánchez 2005) y es, también, considerado como uno de los países con mayor diversidad de plantas

cultivadas y de sistemas agrícolas. Además, la producción depende de la capacidad humana de mantener la fuente continua de genes para llevar a cabo la obtención de maíces

de alto rendimiento, que asimismo estén adaptados a las condiciones cambiantes del ambiente.

Márquez (1988) indica que las poblaciones regionales o adaptadas son de interés para los mejoradores de maíz, ya que a través de años de selección natural o inducida por los agricultores, se han concentrado alelos de interés económico, como resistencia a factores adversos, entre otros muchos atributos; sin embargo, estos tienen deficiencias agronómicas que limitan su aprovechamiento, de ahí la importancia de su mejoramiento.

Un genotipo que se mejora debe caracterizarse para determinar los avances en relación al original. Entre las variables para caracterizar un material genético, se puede mencionar días a floración masculina y femenina, rendimiento de grano y altura de planta, y de mazorca (Caraboloso *et al.*, 2000); así como longitud y diámetro de mazorca, número de hileras en la mazorca (NHM), índice de grano y sanidad de mazorca (Hernández y Esquivel, 2004).

En materiales híbridos, Poehlman (1979) comenta que en los grandes campos de producción de semillas se utilizan comúnmente máquinas, sobre las cuales van los trabajadores que efectúan el desespigue, en el cual debe tenerse cuidado de no eliminar hojas juntamente con la espiga, ya que la eliminación de hojas reduce el rendimiento de la planta. Se ha demostrado una disminución de hasta el 20 % del rendimiento, dependiendo de la cantidad de hojas que se eliminan. Según Serrato (1995) el desespigue es usado en la producción de híbridos de maíz (cruzas simples, dobles, triples) con el objeto de que la hembra solo reciba polen del progenitor macho, por lo tanto debe hacerse antes de que la espiga de la misma libere polen.

La buena producción de semilla depende también de factores genéticos y de la interacción que se establece con los factores del medio ambiente, tales como temperatura, luz, humedad del aire, condiciones de suelo y velocidad del aire, entre otros (Petrovich y Prokofeva, 1996).

Besnier (1989) comenta que el éxito en la producción comercial de semillas depende de la calidad del producto terminal, la cual está determinada por un conjunto de atributos que la hacen deseable para su siembra, donde la calidad genética, física, sanitaria y biológica juegan un papel importante, manifestándose directamente en su vigor inicial y en la productividad de los cultivos. Douglas (1982) indica que la calidad de la semilla es muy importante al ser esencial para la supervivencia de la humanidad; está, almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar, y además la considera como un elemento vital para el desarrollo de la agricultura moderna.

Por lo anteriormente mencionado, el presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de diferentes sistemas de apareamiento en la producción y calidad del maíz.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah., México en las coordenadas 25 23' LN y 101 00' LO y con una altitud media de 1743 m.

El material genético utilizado provino del ciclo invierno-primavera (IP) 2006-2007, el cual se obtuvo en el Campo Experimental Dr. Mario Castro Gil ubicado en el municipio de Tepalcingo, Mor., México, el cual se encuentra localizado geográficamente entre los paralelos 18° 26' de LN y los 98° 18' de LO, a una altitud de 1,100 m, y con un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con una temperatura media anual de 24.3 °C, y una precipitación promedio anual de 885.3 mm.

El material genético consistió de cien familias de maíz derivadas de una población criolla mejorada, generadas a través de dos diferentes sistemas de apareamiento. La población criolla mejorada se sembró en un lote de producción de semilla, donde se identificaron surcos hembra y surcos macho en proporciones similares. En los surcos hembra se eliminó la espiga manualmente, en tanto que en el macho permanecieron las plantas completas.

Estudio I: Caracterización Física de Poblaciones

Después de la cosecha se obtuvieron 50 mazorcas completas tomadas al azar tanto de los surcos hembra como de los surcos macho, las cuales fueron caracterizadas de manera individual de acuerdo a los descriptores del CIMMYT y IBPGR, 1991.

Variables Evaluadas

Peso de la Mazorca (PMAZ). Se pesó cada mazorca de manera individual y se reportó su peso en gramos ajustando la humedad al 12 %.

Longitud de la Mazorca (LMAZ). Se midió en centímetros desde la base hasta la punta de la mazorca.

Diámetro de Mazorca y Olote (DMAZ y DOLO). Se midió con un vernier digital y se reportó en milímetros.

Número de Hileras en la Mazorca. Se contó el número de hileras en la mazorca.

Peso de Semillas (PSEM). Una vez desgranada la mazorca, se reportó el peso en gramos ajustado a 12 % de humedad.

Peso de Mil Semillas (PMS). Se seleccionaron dos repeticiones de 500 semillas del total y se registró su peso en gramos ajustando al 12 % de humedad.

Contenido de Humedad de la Semilla. Para determinar la humedad de la semilla, se pesaron aproximadamente 5 g de cada muestra, las cuales fueron sometidas a secado en una estufa a 145 °C por un periodo de 2 h, para después tomar el peso de las semillas; con los dos pesos se calculó el porcentaje de humedad del grano.

$$CHS = \left[\frac{PH - PS}{PH} \right] * 100$$

Donde: CHS = Contenido de humedad de la semilla; PH = peso de la muestra húmeda; PS = peso seco de la muestra.

Estudio II. Estudio de la Capacidad de Germinación

Germinación Estándar. Se determinó mediante la prueba estándar de la ISTA (2004) con algunas modificaciones en semillas de las dos poblaciones (hembra y macho). La prueba consistió en tres repeticiones de 25 semillas, las cuales se sembraron sobre toallas de papel de germinación (anchor paper) humedecido; posteriormente se formaron rollos que se sujetaron en los extremos. Se colocaron al azar cinco rollos por bolsa y se mantuvieron en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C, durante siete días.

Primer Cuento de Germinación. Se contó el número de plántulas normales (PN) al cuarto día después de la siembra.

Segundo Cuento de Germinación. Se contó el número de plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG) al séptimo día de la siembra. Los datos se registraron en porcentaje en ambos conteos.

Desarrollo y Evaluación de las Plántulas. Consistió en medir en centímetros la longitud de la plúmula y de la radícula. Para esto, se tomaron al azar diez plántulas de

cada repetición. Esta prueba es considerada como indicativo de vigor.

Peso Seco de Plántula. Se utilizaron las diez plántulas del punto anterior; se depositaron por separado las plúmulas y radículas en bolsas de papel perforadas; posteriormente se pusieron en una estufa a 70 °C por 24 h. El peso seco se reportó en miligramos por plántula.

Análisis Estadístico

En el estudio I se utilizó un diseño experimental completamente al azar, mientras que en el estudio II se estableció un diseño en bloques completos al azar. Los datos de las variables evaluadas se procesaron con el paquete estadístico SAS (2004). Se efectuó la comparación de medias a través de la prueba de Tukey (P<0.05).

Resultados y Discusión

Estudio I: Caracterización Física de Poblaciones

Se encontraron diferencias altamente significativas (P<0.01) para el PMS; mientras que en la LMAZ y DMAZ se presentaron diferencias significativas (P<0.05). No se encontraron diferencias significativas para las variables NHM, DOLO, PMAZ, PSEM, y DESG (Porcentaje de desgrane), lo que demuestra diferente respuesta entre las poblaciones al aplicar el desespigue en la población hembra. (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias de las variables en estudio. La población hembra presentó una LMAZ superior a la media. Al respecto Reyes (1990) afirma que la LMAZ es un carácter de gran importancia por ser un elemento correlativo con el rendimiento de grano y que estos caracteres se ven sumamente afectados por las condiciones ambientales.

La población macho presentó un DMAZ mayor a la población hembra. Saldaña y Calero (1991) indican que el DMAZ está relacionado directamente con la LMAZ y es un buen indicador para medir el rendimiento. Ambas variables están determinadas por factores genéticos y ambientales; si los factores ambientales son adversos

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de la caracterización física de la mazorca para las poblaciones hembra y macho

FV	GL	NHM	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMS (g)	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)
Población	1	0.75ns	15.94*	47.65*	14.55ns	13885.32**	130.46ns	115.99ns	0.0004ns
Error	197	3.77	2.42	8.78	4.98	1327.14	268.83	199.55	0.0032
C.V (%)		13.60	11.91	7.49	9.61	18.20	17.35	18.06	6.8590

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; ns = no significativo; GL = Grados de libertad; NHM= Número de hileras en la mazorca; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; DOLO = Diámetro del olote; PMS = Peso de mil semillas; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de semillas; DESG = Porcentaje de desgrane.

Cuadro 2. Comparación de medias de la caracterización física de la mazorca para las poblaciones hembra y macho

FV	NHM	LMAZ (cm)	DMAZ (mm)	DOLO (mm)	PMS (g)	PMAZ (g)	PSEM (g)	DESG (%)
Hembra	14	13.34a	39.05b	23.48b	191.74	93.68	77.45	0.82
Macho	14	12.78b	40.03a	22.94a	208.45a	95.30	78.97	0.83
Media	14.28	13.06	39.54	23.21	200.06	94.49	78.20	0.82
Tukey	0.54	0.43	0.82	0.62	10.18	4.58	3.94	0.01

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey = 0.05 %); GL = Grados de libertad; NHM= Número de hileras en la mazorca; LMAZ = Longitud de la mazorca; DMAZ = Diámetro de la mazorca; DOLO = Diámetro del olote; PMS = Peso de mil semillas; PMAZ = Peso de la mazorca; PSEM = Peso de semillas; DESG = Porcentaje de desgrane.

afectará el tamaño de la mazorca en formación, y por consiguiente se obtendrán menores diámetros, lo que al final repercute en bajos rendimientos.

El PMS de la población macho fue estadísticamente superior al de la población hembra, con una diferencia de 16.71 g. Alizaga (1990) encontró diferencias significativas en el PMS de frijol, entre los cultivares Río Tibagí y Turrialba- 4, esta diferencia se atribuyó al factor genético.

El NHM fue estadísticamente igual en ambas poblaciones (hembra y macho). Al respecto, Contreras (1994) afirma que la fisiología del maíz está determinada en gran medida por el factor genético, pero que el DMAZ puede aumentar relativamente con la fertilización, no así el NHM.

No se encontraron diferencias significativas en las variables DOLO, PMAZ, PSEM y DESG, aunque se observaron diferencias numéricas. La población hembra presentó un mayor DOLO en comparación con la población macho. Estrada *et al.* (2000) encontraron que la variedad de maíz VS- 2000, superó al resto de los genotipos en NHIL y LMAZ con 17.8 y 19.0 cm respectivamente; sin embargo, esta superioridad no se vio reflejada en el rendimiento de grano por ser una variedad con olote ancho con fines forrajeros.

Por otra parte, el PMAZ de la población macho fue

1.62 g mayor que el de la población. Al respecto, Loáisiga (1990), menciona que esta variable es de suma importancia debido a que está directamente relacionada al rendimiento de la cosecha. La población macho presentó un PSEM numéricamente mayor valor al de la población hembra.

La población macho presentó un DESG ligeramente mayor a la población hembra, encontrándose una diferencia de 1.21 % entre poblaciones. López *et al.* (2000) trabajando con la VS-Malinche intermedio, encontraron que en los criollos seleccionados tuvieron muy buen aspecto de planta y mazorca, sin embargo el efecto de desgrane fue alto, ya que el grano representó el 90 % de la mazorca.

Estudio II. Estudio de la Capacidad de Germinación

Se presentaron diferencias altamente significativas para vigor (V), peso seco de plúmula (PSP), peso seco de radícula (PSR), longitud media de plúmula (LMP), longitud media de radícula (LMR); la germinación (GERM) presentó un comportamiento estadísticamente igual entre poblaciones. Los resultados indican que existen diferencias en el comportamiento de estas poblaciones en la calidad fisiológica de la semilla por efecto del desespigue aplicado en la población hembra (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones hembra y macho.

FV	GL	V (%)	GERM (%)	PSP (mg)	PSR (mg)	FV	GL	LMP (cm)	LMR (cm)
Repetición	2	175.32ns	5.86ns	0.017**	0.007*	Repetición	2	217.55**	215.93**
Población	1	1122.31**	57.89ns	0.021**	0.053**	Población	1	55.30**	194.80**
Error	288	76.16	70.31	0.001	0.001	Error	2916	2.75	6.15
C.V (%)		213.07	8.99	17.91	21.94	C.V (%)		30.12	15.99

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; ns = no significativo; V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los atributos de calidad fisiológica de las poblaciones hembra y macho en estudio. La población macho presentó mejor expresión en V, ya que superó por 3.97 % a la población hembra. En este sentido, Perry (1983) señala que el vigor puede ser alterado por la constitución genética, el desarrollo y nutrición de la planta, y por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino.

Conclusiones

La caracterización física de las mazorcas mostró que la población macho superó estadísticamente a la población hembra en longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de mil semillas. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas, la población macho mostró valores numéricos mayores en diámetro de olote, peso de mazorca, peso de

Cuadro 4. Comparación de medias de los atributos de calidad fisiológica para las poblaciones hembra y macho

FV	V (%)	GERM (%)	PSP (mg)	PSR (mg)	LMP (cm)	LMR (cm)
Hembra	2.09 b	92.80	170 b	170 b	5.37 b	15.24 b
Macho	6.06 a	93.68	190 a	200 a	5.63 a	15.77 a
Media	4.09	93.24	180	180	5.50	15.51
Tukey	2.01	01.93	0.007	0.009	0.12	0.18

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey = 0.05 %); V = Vigor; GERM = Germinación; PSP = Peso seco de plúmula; PSR = Peso seco de radícula; LMP = Longitud media de plúmula; LMR = Longitud media de radícula

Se encontró una diferencia de 20 mg por plántula en el PSP entre poblaciones, la población macho fue estadísticamente superior con un peso de 190 g por plántula. La población macho presentó el mayor PSR con 200 mg por plántula, mientras que la población hembra registró un peso de 170 mg por plántula. Pérez *et al.* (2006) al comparar el tamaño de semilla en laboratorio en varios materiales observaron que al emplear semillas de tamaño grande, estas obtuvieron mayor PSR (0.80 g) con respecto a la registrada con semilla de tamaño medio (0.72 g).

La LMP de la población macho superó por 0.26 cm a la población hembra. Por otra parte, la población macho presentó una LMR superior a la población hembra en 0.53 cm. Ferguson *et al.* (1990) encontraron que el deterioro de la semilla reduce la tasa respiratoria, la velocidad de emergencia de la radícula y el crecimiento de la planta, respuestas que se asocian con la disminución del vigor de la semilla.

Aunque no se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación de plántulas normales, si se observaron diferencias numéricas. La población macho fue 0.88 % mayor que la población hembra. Ducar (1970) comenta que las condiciones de germinación en el laboratorio son casi las ideales y el porcentaje de germinación alcanzado en la prueba suele ser superior al que cabe esperar en campo; las muestras de semillas con un porcentaje bajo de germinación en el laboratorio pueden dar una germinación mucho menor en el campo, así como una tasa reducida de establecimiento de las semillas que germinan a causa de un crecimiento más débil.

semillas y porcentaje de desgrane.

En los atributos de calidad fisiológica evaluados en laboratorio, la población macho nuevamente superó estadísticamente a la población hembra en vigor, peso seco de plúmula, peso seco de radícula, longitud media de plúmula y longitud media de radícula. No se detectaron diferencias estadísticas en el porcentaje de germinación; las diferencias numéricas indicaron un mayor porcentaje en la población macho.

La población macho superó a la población hembra en atributos de calidad física y fisiológica, debido principalmente a cambios en el metabolismo de la planta, resultado del desespigue manual aplicado en campo. La población macho mostró semilla de mayor peso y tamaño de mazorca. La población hembra mostró mejor calidad de semilla, al superar en vigor a la población hembra.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado durante los estudios de Maestría en Ciencias del primer autor.

Literatura Citada

- Alizaga, R. 1990. Alteraciones fisiológicas y bioquímicas en semillas de tres cultivares de *Phaseolus vulgaris* de alto y bajo vigor inducido. Agron. Costarricense. 14 (2): 162-168.
- Besnier, R., F. 1989. Semillas: Biología y Tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 63 p.

- Carabolloso, T., V., A. Mejía C., S. Valderrama C., A. Carballo C. y F.V. González C. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de valles altos de México. *Agrociencia* 34: 167 - 174.
- Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo (CIMMYT) and International Board Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City International Board. Rome, Italy. 88 p.
- Contreras, Z., J. 1994. Influencia de rotación de cultivo y control de malezas; el crecimiento, rendimiento y comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional Agraria (UNA). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. 49 p.
- Douglas, J.E. 1982. Programas de semilla. Guía de planeación y manejo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Serie CIAT. (82). Cali, Colombia. pp. 123 - 163.
- Ducar, M.P. 1970. Producción de semillas pratenses. Manuales de técnica agropecuaria. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 142 p.
- Estrada, C., G., C.G. Martínez R., E.J. Morales R. y C. González V. 2000. Rendimiento y componentes de rendimiento en híbridos y cultivares de maíz para valles altos. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato. Gto., México. 21 p.
- Ferguson, J.M., D.M. TeKrony and D.B. Egli. 1990. Changes during early soybean seed and axes deterioration: Seed quality and mitochondrial respiration. *Crop Sci.* 30: 175-179.
- Hernández, C., J.M. y G. Esquivel E. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz en valles altos de México. *Rev. Fit. Mex.* 27: 27 - 31.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International Rules for Seed Testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- Loáisiga, C., H. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de treinta cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. 86 p.
- López, P., A., H. López S., A. Muñoz O y L. Trejo H. 2000. Formación de variedades sintéticas de maíz para la región La Malinche en el estado de Puebla. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 Octubre. Irapuato. Gto., México. 13 p.
- Márquez, S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos teoría resultados. Tomo I. AGT Editor, S. A. México, D. F. pp. 1 - 60
- Petrovich, I.P. and I.V. Prokofeva. 1996. Influence of climatic factors on the formation of the reproductive organs of Lucerne. *Seed abstracts* 19(3): 123.
- Pérez, M.C., A. Hernández L., F.V. González C., G. García S., A. Carballo C., T.R. Vásquez R. y Ma.R. Tovar G. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agric. Téc. Mex.* 32(3): 341-352.
- Perry, D.A. 1983. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisfério Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 693-701.
- Poehlman, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa S.A. México. p. 22, 278, 279.
- Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. 3ª edición. AGT Editor. México, D.F. 460 p.
- Saldaña, F. y M. Calero. 1991. Efecto de la rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de las malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 63 p.
- Sánchez, V., L. 2005. Maíces, teosintles, *Zea diploperennis* y los indígenas mexicanos. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. <http://dialogo.ugr.es/contenidos/last02/0602-iv-teosintles.htm>. (Marzo de 2007).
- Serrato, C., V.M. 1995. Curso de capacitación en tecnología de semillas a extensionistas. Cap. VII. Pureza varietal. Desespigamiento. San Salvador, El Salvador.
- Statistical applied system. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.