

# Calidad Fisiológica de Semilla en Dos Poblaciones de Maíz Criollo Mejorado



## Physiological Seed Quality in Two Improved Landrace Maize Populations

Norma A. Ruiz-Torres<sup>1\*</sup>, Froylán Rincón-Sánchez<sup>2</sup>, Víctor M. Bautista-Morales<sup>3</sup>, Juan M. Martínez-Reyna<sup>2</sup>,  
Hilda C. Burciaga-Dávila<sup>1</sup>, Magdalena Olvera-Esquivel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, <sup>2</sup>Departamento de Fitomejoramiento, <sup>3</sup>Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Correo-e: nruiz@uaaan.mx (\*Autor responsable).

### RESUMEN

Los atributos de calidad fisiológica de semillas evaluados en laboratorio, son componentes importantes para ampliar la caracterización del germoplasma a utilizar en los programas de mejoramiento, además de proporcionar información sobre la emergencia, establecimiento en campo y capacidad competitiva en diversas condiciones de siembra. Se evaluó la calidad fisiológica de semilla en dos poblaciones de maíz criollo mejorado, las cuales se obtuvieron en el ciclo PV 2005 en Celaya, Gto., México, bajo diferentes estrategias de selección y mejoramiento genético. El estudio en el laboratorio se estableció en un diseño experimental en bloques completamente al azar, en los cuales se evaluaron las variables, plántulas normales al primer conteo, porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas sin germinar, peso seco de plántulas, longitud media de plúmula y radícula. Los análisis de varianza para la fuente de variación bloques mostró diferencias ( $p < 0.05$ ), en la longitud media de plúmula, lo que justifica el haber empleado este diseño. El análisis mostró diferencias ( $p < 0.01$ ) entre poblaciones, siendo la selección precoz, la que mostró mayor eficiencia fisiológica en germinación, producción de materia seca y longitud media de plúmula; estas diferencias entre poblaciones se pueden atribuir a la conformación germoplásmica que presentan, ya que la población selección precoz, contiene germoplasma mejorado en su constitución genética.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., poblaciones, criollo, calidad fisiológica.

### ABSTRACT

The physiological seed quality attributes assayed in laboratory, are important components to extend the characterization of germplasm for use in a plant breeding program, to give information about plant emergency, field establishment, and competitive ability in different seed planting conditions. Seed physiological quality was evaluated in two improved maize landrace populations (early selection and original landrace); which were obtained in the spring-summer season in Celaya, Gto., Mexico in 2005, under different strategies of selection and genetic breeding approaches. The laboratory study was established under a completely randomized block design, the evaluated variables were: normal plantlets at the first count, germination percentage, abnormal plantlets, ungerminated seeds, plantlets dry weight, and plumule and root average length. The variance analysis showed significant differences ( $p < 0.05$ ) among blocks for average plumule length, what justifies having employed this experimental design. There were also significant differences ( $p < 0.01$ ) between populations for physiological efficiency in germination, dry matter production and plumule average length, being the early selection the one with better performance; those differences between populations can be attributed to their germoplasmic conformation, so that the early selection has improved germplasm in its genetic constitution.

**Key words:** *Zea mays* L., populations, landrace, physiological quality.

Recibido: Junio, 2008.

Aceptado: Junio, 2010.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo agrícola más importante de México desde el punto de vista alimentario, industrial, político, económico y social. En 2010, la producción nacional fue de 23,301,879 ton, con una superficie sembrada de 7,860,705 ha y una superficie cosechada de 7,148,046 ha (SAGARPA-SIAP, 2010). Sin embargo, en México, la mayoría de los productores dedicados a la producción de este cultivo prefieren utilizar semilla criolla en sus siembras (SAGARPA - SIAP, 2007).

Debido a la escasa adopción de semillas mejoradas y la preferencia de los agricultores hacia las variedades criollas, una opción para incrementar la producción de este cereal a nivel nacional, es el mejoramiento genético de estos materiales, de tal manera que sean atractivas al productor.

Los avances en el mejoramiento de poblaciones criollas para un sistema de producción sustentable pueden ser incrementadas si se unen los esfuerzos de agricultores, fitomejoradores e instituciones involucradas (Rincón y Ruiz, 2004). Una buena opción para el mejoramiento de maíces criollos es el aprovechamiento de la heterosis (Holland *et al.*, 1996; Tallury y Godman, 1999). Los cruzamientos de germoplasma criollo con mejorado han permitido incrementar el uso de diversos materiales genéticos e identificar patrones heteróticos en maíz (Cossa *et al.*, 1987).

El conocimiento del origen, distribución y características morfológicas y fisiológicas de las poblaciones de maíz, ayuda al fitomejorador a aprovechar los caracteres favorables de acuerdo a los propósitos que persigue (Wellhausen *et al.*, 1951). La asociación entre caracteres agronómicos de campo e indicadores de calidad fisiológica de semillas en laboratorio y sus componentes genéticos, son factores importantes para ampliar la caracterización del germoplasma en un programa de mejoramiento.

En cuanto a la calidad de la semilla, esta constituye la suma de múltiples atributos de la misma, siendo esto, la pureza genética, daño mecánico, capacidad de germinación y vigor, tamaño, contenido de hu-

medad, daños provocados por insectos y la infestación causada por diferentes agentes (Pérez, 1995). Asimismo la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético (Estrada *et al.*, 1999).

En un estudio realizado por Pérez de la Cerda *et al.* (2007), con 56 cruza simples de maíz, encontraron mayor vigor y calidad fisiológica de semilla conforme aumentó la cantidad de endospermo córneo. Una correlación positiva entre germen y endospermo córneo se reflejó en una mayor acumulación de biomasa en la parte aérea y raíz de las plántulas normales en pruebas de germinación estándar, lo que es indicativo de mayor vigor.

En un estudio anterior Pajic *et al.* (1998), encontraron también diferencias en la capacidad de germinación en genotipos de maíz con diferente textura de endospermo y detectaron mayor germinación y emergencia en el maíz dentado, mientras que los menores valores correspondieron a la población de maíz súper dulce.

De acuerdo a Matthews (1980), la rápida emergencia uniforme y el alto nivel de emergencia de la semilla son el reflejo del alto vigor de la misma, por el contrario, las diferencias en el vigor de la semilla son la causa de una emergencia no uniforme en campo. Powell (1988) y Hampton (1991) mencionan que las causas de las diferencias en el vigor de las semillas son definidas por su constitución genética y contenido de humedad, así como por daños físicos y por el ambiente.

El programa de investigación en Recursos Fitogenéticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ha generado materiales criollos mejorados adaptados a la región sureste de Coahuila, en el noreste de México. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron, determinar la calidad fisiológica de semilla en dos poblaciones de maíz criollo mejorado, así como los cambios ocurridos en la población criolla en respuesta al mejoramiento genético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2007, en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### Poblaciones evaluadas

Las poblaciones evaluadas, se obtuvieron bajo la siguiente metodología: la población Jagüey se formó a partir de una población criolla adaptada a la localidad de Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coah., México a la cual se le aplicó el método de selección recurrente de familias de hermanos completos; la población Selección Precoz, se obtuvo por selección recurrente de familias de hermanos completos a partir de la combinación del germoplasma criollo Jagüey con una población precoz mejorada (Rincón *et al.*, 2004). De tal manera que se evaluó la semilla de 80 familias de hermanos completos (tercer ciclo de selección) de la población Jagüey; y 100 familias de hermanos completos (tercer ciclo de selección) de la población Selección Precoz; producidas en el ciclo PV 2005, en Celaya, Gto., México.

### Germinación

El ensayo de germinación se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido por el ISTA (2004), con algunas modificaciones. Se sembraron tres repeticiones por cada familia; cada repetición consistió en colocar 25 semillas entre hojas de papel Anchor previamente humedecidas, las cuales se enrollaron y posteriormente se acomodaron aleatoriamente, cuatro rollos por bolsa, y se establecieron en una cámara germi-nadora Hoffman Manufacturing, a una temperatura de 25 °C durante siete días.

### Variables evaluadas

Se realizaron dos conteos: el primero, tomado como indicador de vigor (V), consistió en contar el número de plántulas normales, al cuarto día

después de la siembra; el segundo, se realizó al séptimo día, contando las plántulas normales para determinar el porcentaje de germinación (G), número de plantas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG). Para determinar el desarrollo de las plántulas se midió, en centímetros, la longitud de plúmula y de radícula de las plántulas normales, obtenidas en el ensayo de germinación. Estos parámetros se consideraron como indicadores de vigor.

El peso seco de las plántulas normales, se determinó colocando las muestras en bolsas de papel perforadas, que posteriormente se depositaron en una estufa de secado a 70 °C durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo se pesaron, reportando en miligramos por plántula.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar. Para la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Los datos de las variables estudiadas se procesaron mediante el paquete estadístico SAS (2002-2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para la fuente de variación bloques (Cuadro 1) mostró diferencias ( $p < 0.05$ ) en la longitud media de plúmula, lo que justifica el empleo de este diseño y su eficiencia en la cuantificación de la variación existente dentro de la cámara de germinación, al menos en este atributo. Asimismo, se presentó diferencia ( $p < 0.01$ ) entre poblaciones en las variables: porcentaje de germinación, semilla sin germinar, peso seco, longitud media de plúmula y longitud media de radícula. Lo anterior indica que las poblaciones evaluadas difieren en la calidad fisiológica de la semilla; estos resultados se pueden atribuir a la conformación germoplásmica de las poblaciones en estudio, ya que la población Selección Precoz contiene germoplasma mejorado en su constitución genética, en este sentido, Estrada *et al.* (1999) indican que la constitución genética de las semillas es decisiva para su desempeño germinativo.

El vigor, evaluado al cuarto día, no mostró diferencia significativa entre poblaciones, indicando que todas presentan el mismo potencial para la emergencia rápida y uniforme de plántulas normales en una amplia diversidad de condiciones ambientales. Resultados similares obtuvieron Molina *et al.* (1992), ya que no encontraron diferencias significativas en el primer conteo entre 15 lotes de tres variedades de maíz. Según Heydecker (1972), el vigor de la semilla puede expresarse de cuatro maneras: (a) sobrevivencia intacta cuando culmina una condición de quiescencia: la semilla vigorosa mantiene esta característica; (b) sobrevivencia cuando es sembrada en campo: la semilla vigorosa resiste o supera las condiciones adversas imperantes; (c) capacidad para establecer plantas: la semilla vigorosa

posee cantidad suficiente de reservas adecuadas y las utiliza durante las fases de crecimiento heterótrofo y de transición, y (d) capacidad de crecimiento: la semilla vigorosa origina una planta que crece vigorosamente durante la fase de crecimiento autótrofo.

Perry (1984) indica que el vigor está asociado con los procesos bioquímicos y reacciones en el transcurso de la germinación, tales como la actividad respiratoria y reacciones enzimáticas, la velocidad y uniformidad de la germinación de la semilla y crecimiento de la plántula, la velocidad y uniformidad de la emergencia de la plántula y crecimiento en el campo, y la capacidad de emergencia de las semillas bajo condiciones desfavorables.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza para los atributos fisiológicos de las poblaciones de maíz criollo mejorado Selección Precoz y Jagüey ensayadas en laboratorio (Semilla original, 2005)

<b>FV</b>	<b>GI</b>	<b>V</b> (%)	<b>GER</b> (%)	<b>PA</b> (%)	<b>SSG</b> (%)	<b>PS</b> (mg)	<b>LMP</b> (cm)	<b>LMR</b> (cm)
Bloques	2	49.73 ns	36.85 ns	46.30 ns	9.60 ns	279.09 ns	13.80 *	3.04 ns
Poblaciones	1	516.78 ns	1273.62 **	84.54 ns	701.87 **	25662.54 **	81.35 **	154.81**
Error	506	148.72	82.10	36.01	19.50	120.59	4.56	2.43
C.V (%)		14.47	9.95	97.20	156.60	15.99	18.56	8.08

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; V=Vigor; GER =Porcentaje de Germinación; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas Sin Germinar; PS = Peso Seco; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula.

### Porcentaje de germinación

En el Cuadro 2, se observa que el porcentaje de germinación, del cual se obtiene información con respecto a la capacidad de la semilla para producir una plántula normal, la población Selección Precoz presentó 92.40 %, superando estadísticamente a la población Jagüey, la cual obtuvo 89.22 %, este resultado se puede atribuir

a que las poblaciones evaluadas presentan diferencias en su constitución genética, ya que la población Selección Precoz se obtuvo a partir de la combinación del germoplasma criollo Jagüey con una población mejorada. Según Creech (1985) la presencia de genes simples recesivos en el endospermo en interacción ocasiona resultados perjudiciales en la capacidad germinativa.

**Cuadro 2.** Atributos fisiológicos evaluados en laboratorio de las poblaciones de maíz criollo mejorado Selección Precoz y Jagüey (Semilla original, 2005)

Población	PC (%)	GER (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PS (mg)
Precoz	85.12 a	92.40 a	5.81a	1.78 b	11.86 a	18.83 b	74.94 a
Jagüey	83.09 a	89.22 b	6.63 a	4.14 a	11.05 b	19.94 a	60.65 b
Media	84.23	91.00	6.17	2.82	11.50	19.32	68.66
Tukey	2.13	1.58	1.05	0.77	0.37	0.27	1.92

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (**Tukey**  $\alpha = 0.05$  %); **PC** = Primer Conteo; **GER** = Porcentaje de Germinación; **PA** = Plántulas Anormales; **SSG**= Semilla Sin Germinar; **LMP**= Longitud Media de Plúmula; **LMR**= Longitud Media de Radícula; **PS**= Peso Seco.

### Semillas sin germinar

La población Jagüey mostró la mayor cantidad de semillas sin germinar (4.14 %). Abdul-Baki y Anderson (1972) señalan que la calidad fisiológica de la semilla inicia un descenso inmediatamente después de la madurez fisiológica. Por lo tanto, estos resultados indican que la población Selección Precoz, presenta un proceso de envejecimiento natural menor, en comparación a la población Jagüey.

### Longitud media de plúmula y radícula

La población Selección Precoz presentó la mayor longitud media de plúmula (11.86 cm) con respecto a la población Jagüey que obtuvo 11.05 cm. En lo que concierne a la longitud media de radícula la población Jagüey fue superior con 19.94 cm en comparación a la Selección Precoz que presentó 18.83 cm. Esto indica que las poblaciones evaluadas presentan diferencias genotípicas, según lo señalado por Moreno (1996), quien menciona que en la prueba de desarrollo y evaluación de las plántulas, diferentes genotipos pueden diferir en la velocidad del desarrollo de las plántulas.

### Peso seco de plántula

En cuanto a la variable peso seco de plántula, la población Selección Precoz acumuló la mayor can-

tidad de materia seca (74.94 mg por plántula), mientras que la población Jagüey, almacenó menor cantidad (60.65 mg por plántula). Como se puede observar se encontró que a mayor longitud de plúmula (Cuadro 2) fue mayor el peso seco. Resultado similar obtuvieron Estrada *et al.* (1999), quienes encontraron relación directa entre la longitud de plúmula y peso seco, confirmando que a mayor longitud correspondió un mayor peso seco.

Las pruebas de germinación y vigor son herramientas confiables para determinar y comparar los niveles de calidad fisiológicas entre las poblaciones evaluadas, tal como lo señala Moreno (1996) al hacer referencia que la prueba de germinación permite establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie. En este caso la población Selección Precoz mostró mayor eficiencia fisiológica, estas diferencias entre las poblaciones evaluadas se atribuyen a la conformación genética, ya que la Selección Precoz proviene de la cruce entre la población Jagüey y una población mejorada, al respecto Perry (1983) menciona que el vigor puede verse alterado por la constitución genética, el desarrollo de la planta madre y por el tipo de progenitores.

### CONCLUSIONES

La población Selección Precoz, mostró mayor eficiencia fisiológica respecto a la población Jagüey, en las variables germinación, longitud media de plúmula y peso seco.



La mayor eficiencia fisiológica observada en la población Selección Precoz, demuestra el aporte del germoplasma mejorado hacia la población criolla.

Las diferencias en calidad fisiológica entre poblaciones, se pueden atribuir a los procesos bioquímicos y reacciones enzimáticas que se llevan a cabo durante el proceso de germinación, lo cual se refleja en el crecimiento y uniformidad de las plántulas.

### LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. pp. 238-315. *In: Seed Biology*. Vol. 2. Kozłowski, T. T. (Ed.). Academic Press. NY, USA.
- Creech, R.G. 1985. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. *Genetics* 52: 1170-1175.
- Crossa, J., C.O. Gardner and R.F. Mumm. 1987. Heterosis among populations of maize (*Zea mays* L.) with different levels of exotic germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 73: 445-450.
- Estrada, G., J.A., A. Hernández L., F. Hernández O., A. Carballo C. y F. Valerio C. 1999. Tipos de endospermo en maíz y su relación con la calidad de la semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 22: 99-109.
- Hampton, J.G. 1991. Herbage seed lot vigour – do problems start with seed production? *J. Appl. Seed Prod.* 9:87-93.
- Heydecker, W. 1972. Vigour. pp. 259-252. *In: Robert E.H. (Ed.) Viability of Seeds*. Syracuse University Press. Syracuse NY, USA.
- Holland, J.B., M. Goodman M. and F. Castillo G. 1996. Identification of agronomical superior Latin American maize accessions via multistage evaluations. *Crop Sci.* 36: 778-784.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association. Bassersdorf, CHSwitzerland. 700 p.
- Matthews, S. 1980. Controlled deterioration; a new vigour test for crops seeds. pp. 467-660. *In: P.D. Hebblethwaite (Eds.). Seed Production*. London; Butterworths, UK.
- Molina, M., J., D. Lisakowski I. y E. Paulo Z. 1992. Pruebas de vigor para semillas de maíz y su relación con la emergencia en campo. *Rev. Fitotec. Mex.* 15: 10 - 21.
- Moreno, M., E. 1996. Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Tercera Edición. Instituto de Biología UNAM. México, D.F. pp. 237-303.
- Pajic, Z., Popovic, R. and, Sataric, I. 1998. Effect of endosperm type on seed germination in maize (*Zea mays* L.). *Selekcija i Semenarstvo.* 5: 69-72.
- Pérez de la Cerda, F. de J., A. Carballo Carballo, A. Santacruz Varela, A. Hernández Livera y J. C. Molina Moreno. 2007. Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agric. Téc. Méx.* 33(1): 53-61.
- Pérez, F.J. 1995. Pruebas de sanidad de semillas de soya. VII Curso de actualización en tecnología de semillas. UAAAN-CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 41 p.
- Perry, D.A. 1983. El concepto de vigor de semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. P.H. Hebblethwaite (Coord.). F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisferio Sur. MVD, Uruguay. pp. 693-701.
- Perry, D.A. 1984. Manual de métodos de ensayo de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 56 p.
- Powell, A.A. 1988. Seed vigour and field establishment. *Advances in research and technology of seeds II:* 29-61.
- Rincón, S., F. y N.A. Ruiz T. 2004. Comparación de estrategias de selección y manejo aplicadas a una población criolla de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1): 33-37.
- Rincón, S., F., N.A. Ruiz T., H. de León C. y J.L. Herrera A. 2004. Advances on the use of maize germplasm under the participatory plant breeding approach. pp: 117-186. *In: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. J.L. Chavez Servia, J. Tuxtill, D.I. Jarvis (Eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2007. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 131 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2010. Maíz números esenciales de un cultivo fundamental. <http://www.siap.gob.mx>.
- Statistical Applied System (SAS) Institute Inc. 2002-2003. SAS/STAT Users guide. Versión 9.1 Cary, N.C. USA. SAS Institute Inc.
- Tallury, S.P. and M.M. Goodman. 1999. Experimental evaluation of the potential of tropical germplasm for temperate maize improvement. *Theor. Appl. Genet.* 98:54-51.
- Wellhausen, E.J., L.M. Roberts E., E. Hernández X. en colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. SAG, OEE, Foll. Tec. 5. México. 237 p.

