

NOTA TÉCNICA

OBTENCIÓN DE UNA POBLACIÓN DE MAÍZ PARA TOLERANCIA A FACTORES ADVERSOS EN TRES ESTADOS DE VENEZUELA

Alberto Chassaigne-Ricciulli¹, Venancio Barrientos-Acosta¹ y Alexander Hernández-Jiménez²

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela se produce en una amplia diversidad de condiciones agroecológicas. Entre las limitaciones bióticas y abióticas se encuentran enfermedades, déficit de oxígeno en el suelo por exceso lluvias, déficit hídrico por sequía, acidez y baja fertilidad del suelo. El mejoramiento genético de poblaciones facilita la selección de variedades de libre polinización y de líneas parentales. El objetivo del trabajo fue formar e iniciar el mejoramiento de la población básica de maíz FD-01B, de grano blanco, con base genética para su adaptación a factores adversos del cultivo en tres estados maiceros de Venezuela. Se seleccionaron como progenitores siete cultivares entre poblaciones y variedades y tres compuestos de líneas mejoradas. A partir de la población FD-01B original se seleccionaron 900 familias S1, se distribuyeron aleatoriamente 300 para cada uno de los estados Portuguesa (P), Yaracuy (Y) y Guárico (G) dando inicio al mejoramiento genético mediante selección recurrente de familias S1 de las poblaciones FD-01BP, FD-01BY y FD-01BG. Con este trabajo se sintetizó una nueva población de maíz y se inició el mejoramiento genético de tres subpoblaciones para su adaptación a condiciones agroecológicas adversas en estados maiceros de Venezuela. La semilla de la población FD-01B original y las subpoblaciones están a la disposición de programas de mejoramiento de entes públicos y privados.

Palabras clave adicionales: Selección recurrente, suelos ácidos, déficit hídrico

ABSTRACT

Obtaining of a corn population for tolerance to adverse factors in three Venezuelan States

Maize (*Zea mays* L.) is produced in Venezuela in a wide diversity of agro ecological conditions. Among the most important biotic and abiotic limitations, there are diseases, soil oxygen deficit due to excess of rains, water deficit by drought, soil acidity and low soil fertility. Population genetic improvement facilitates the selection of open pollinated varieties and inbred lines. The objective of this research was to synthesize and to start the improvement of the white grain basic maize population FD-01B, with genetic base for adaptation to adverse factors in three maize-producer States of Venezuela. Seven populations and varieties and three pool of improved inbred lines were used as progenitors. From the original population FD-01B, 900 S1 families were selected, 300 were randomized to Portuguesa (P), Yaracuy (Y) and Guárico (G) states, thus starting the genetic improvement through recurrent selection of S1 families from FD-01BP, FD-01BY and FD-01BG. This research allowed to synthesize a new maize population and to start improving of three subpopulations adapted to adverse agro ecological conditions in Venezuela. The population FD-01B original and subpopulation seeds are available for breeding programs of public and private entities.

Additional key words: Recurrent selection, acid soils, water deficit

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela forma parte de la cultura agroalimentaria. Para el año 2009 existió una disponibilidad de 43,5 kg de

maíz por persona al año, de los cuales 39,8 kg correspondieron a harina precocida (INN, 2010).

Según el VII Censo Agrícola (MAT, 2010), para el año 2008 en los estados Portuguesa, Yaracuy y Guárico se obtuvo el 73 % de la

Recibido: Diciembre 14, 2011

Aceptado: Junio 22, 2012

¹ Fundación para la investigación Agrícola Danac. San Felipe. Venezuela. e-mail: alberto.chassaigne@danac.org.ve

² Posgrado de Fitopatología, Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: ahernandez@ucla.edu.ve

producción nacional de maíz. No obstante, dicha producción está limitada por factores bióticos y abióticos que varían con las características propias de cada condición agroecológica.

En el estado Portuguesa los principales problemas de suelo asociados a la siembra de maíz son los déficit de humedad en las posiciones topográficas altas y el exceso de aguas superficiales en las posiciones bajas así como las texturas finas y la baja permeabilidad que conlleva al déficit de oxígeno y al mal drenaje interno (Cabrera, 2000; Vera, 2010). En el estado Yaracuy, Monasterio et al. (2008) encontraron que los años con mayores productividades correspondieron a aquellos en los cuales hubo mayor precipitación durante el período crítico del cultivo, ya que la cantidad de lluvia caída durante la etapa de prefloración a llenado de grano determina significativamente los rendimientos de maíz en la zona de estudio. Rivero y Torres (2010) indicaron que en suelos ácidos de las sabanas del estado Guárico, caracterizados por un alto grado de evolución, los sistemas de manejo aplicados hasta ahora han conllevado a un rápido descenso de los niveles de materia orgánica.

La adaptación al cambio climático, principalmente al déficit o exceso de agua, así como a condiciones edáficas adversas como acidez y baja fertilidad, ha sido objetivo del mejoramiento genético del maíz. Bennet et al. (1986) y Pandey y Gardner (1992) mencionan que dicha alternativa constituye una vía ecológicamente limpia, económica y efectiva para incrementar los rendimientos del maíz en estas áreas de producción, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema. Desde hace varias décadas se plantean diversas estrategias para mejorar el maíz para resistencia a estreses abióticos (Lafitte, 2001), una de ellas es la formación de poblaciones de maíz con tolerancia a estos estreses. Por su parte, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha utilizado la selección recurrente de progenies endocriadas (Familias S1) para el mejoramiento de sus poblaciones a la tolerancia a factores adversos (Pandey et al., 1994).

El objetivo del trabajo fue obtener la población básica de maíz FD-01B, de grano blanco, con base genética para su adaptación a factores adversos del cultivo en tres estados maiceros de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La formación de la población se realizó en los años 1998 y 1999, en la sede de Fundación para la Investigación Agrícola Danac en San Javier, estado Yaracuy, con temperatura media de 27 °C, altitud de 100 msnm, precipitación anual de 1296 mm y un período de lluvias definido entre los meses de mayo y noviembre.

Como progenitores se seleccionaron del banco de germoplasma de la Fundación Danac cinco poblaciones, dos variedades y tres compuestos. Estos cultivares y sus principales características fueron:

- Población Tuxpeño Sequía (TS8): Es una población para tierras bajas tropicales, de madurez tardía, granos blancos dentados, seleccionada por su tolerancia a la sequía. Fue derivada de la población de CIMMYT Tuxpeño. Planta Baja C11 y mejorada por selección recurrente de familias de hermanos completos hasta su sexto ciclo, denominándola TS6. Posteriormente fue mejorada por selección recurrente de familias S1 durante dos ciclos más hasta obtener TS8 (CIMMYT, 1998).

- Variedad Santa Ana: Obtenida en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado-Portuguesa (CIAEP) actualmente INIA-Portuguesa, y desarrollada para la tolerancia al déficit de oxígeno en el suelo. Originalmente de la Población 43 (La Posta) del CIMMYT se extrajeron 300 familias de medios hermanos que se evaluaron en los estados Portuguesa y Apure, las mejores familias se recombinaron y se obtuvo la variedad Agua Blanca, de ella se extrajeron familias de hermanos completos y luego de su evaluación, selección y recombinación se obtuvo esta variedad (S. Cabrera, INIA Portuguesa. Comunicación personal).

- Variedad CIMCALI 93-SA6: Se formó recombinando seis familias S1 de la población SA6 en su tercer ciclo (Luis Narro, comunicación personal 2005). SA6 (tolerante a suelos ácidos) es una población mejorada por CIMMYT-Colombia, de grano blanco dentado, con amplia base genética y alto potencial de rendimiento en suelos ácidos (pH <5,0; saturación con aluminio > 55 %; y fósforo <10 mg·kg⁻¹) y también en suelos fértiles no ácidos. Su mejoramiento se realizó por cruces de prueba de familias S1 y por hermanos completos, fue conformada por 16 líneas S1

derivadas de Across 8043, Tuxpeño sequía C₆ (TS6), La Máquina 7843, La Máquina 8022, y Poza Rica 7843 (CIMMYT, 1998).

- Tiwf-DMR: Es la población del CIMMYT “Tropical Intermedial White Flint” con tolerancia a falsa punta loca causada por el hongo *Perosclerospora sorghi*. Posee madurez intermedia a tardía; buen tipo de planta y rendimiento potencial. Se mejoró por familias de medios hermanos modificado, alternando S1 con S2 y medios hermanos (CIMMYT, 1998).

Por otra parte, se seleccionaron tres poblaciones de maíz de granos blancos, obtenidas por la Fundación Danac, de la cuales se han obtenido variedades comerciales y líneas que intervinieron en las tres siguientes combinaciones híbridas:

- FPX-02B prolífica ciclo 5: Proviene del cuarto ciclo de selección de la población FPX-2B con granos semiduros, se hizo presión de selección sobre las plantas con más de dos mazorcas. Se mejoró por selección recurrente fenotípica para prolificidad (Barrientos et al., 2000).

- FPX-01B ciclo 3: Tiene su origen en un compuesto formado a partir de una mezcla de siete poblaciones de granos duros blancos y amarillos, mejoró por selección recurrente de familias de medios hermanos (Chassaigne y Borges, 1998).

- FPX-03B ciclo 4: Tiene su origen en un compuesto formado a partir de una mezcla de siete poblaciones de granos dentados blancos y amarillos. Se mejoró por selección recurrente de familias de medios hermanos (Chassaigne y Borges, 1998).

De igual forma, se seleccionaron 12 líneas élites de maíz de granos blancos de Fundación Danac, las cuales fueron parentales de híbridos comerciales, con ellas se realizaron tres compuestos:

- L25, L20, L15-2#10 y F20HC

- F04, D07-7, D25 y 40101-4-1

- L17-7#3, P21-104, 80802-2 y 80502-14

Para cada población y variedad se sembraron diez hileras de 5 m de largo, donde se establecieron 20 plantas en cada una. Previo a la floración se cubrieron con bolsas especiales las inflorescencias femeninas de todas las plantas en floración; se colectó polen en cada hilera para ser llevado a la hilera vecina con la finalidad de evitar autopolinizaciones.

Para la formación de los tres compuestos, se

tomó semilla de los seis híbridos simples parentales en los cuales intervienen las 12 líneas. Se realizaron cruzamientos entre los híbridos simples dentados; lo mismo se realizó en los duros e intermedios.

En la cosecha de cada uno de los parentales se descartaron las mazorcas defectuosas y se tomaron los granos de la región central de 50 mazorcas. Las semillas fueron mezcladas y divididas para conservar una porción seca y refrigerada y otra para la formación de la nueva población.

Para realizar la primera recombinación se siguió la metodología descrita por el Programa Maíz del CIMMYT (1999) para la formación de una variedad con algunas modificaciones. Se sembraron cuatro hileras de cada una de las diez fuentes (dos hileras se sembraron el 10/02/1999 y las otras dos cinco días después) en dos fechas de siembra, con el fin de poder combinar cultivares de floración tardía con los precoces. La recombinación se realizó por cruzamientos planta a planta en sistema dialélico (sin cruces recíprocos) como se muestra en la Figura 1.

En la cosecha se seleccionaron las cinco mejores mazorcas de cada hilera hembra y se tomó la semilla del centro de la mazorca obteniéndose 45 F1.

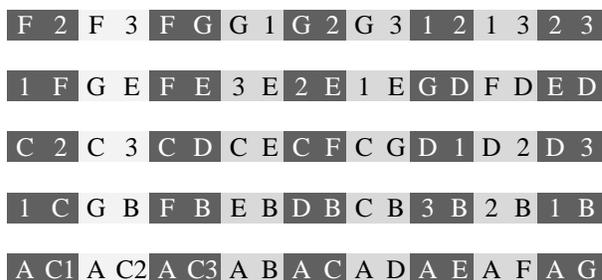


Figura 1. Diseño de bloques de cruzamientos (dialelo sin cruces recíprocos) para la primera recombinación en la formación de la población FD-01B. Las letras representan las poblaciones y variedades A: Santa Ana, B: CIMCALI93-SA6, C: FPX-01B-C, D: FPX-03B-C4, E: TUX-Sequía C8, F: TIWF-DMR-##, G: FPX-2BP-C5. Los números son los compuestos 1, 2 y 3

Para la segunda recombinación se sembró en un lote aislado una hilera con cada una de las 45 F1 y se intercalaron hileras con mezcla de semillas de todas las F1 (Figura 2). Este diseño se repitió cuatro veces en el lote. Todas las inflorescencias

masculinas de las F1 fueron retiradas antes de emitir polen (hembras), permitiendo que solamente fueran fecundadas por el polen proveniente de las hileras con la mezcla (machos), al finalizar las fecundaciones se cortaron las plantas machos. En la cosecha se tomaron cinco mazorcas de cada familia (hembras), se desgranaron y mezclaron en forma balanceada con un separador de muestras para obtener la población básica FD-01B.

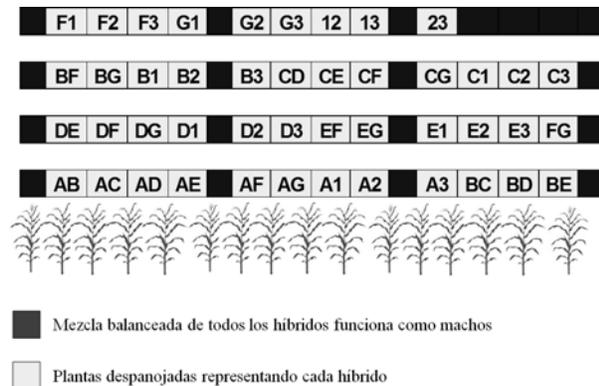


Figura 2. Diseño de bloques de cruzamientos para la segunda recombinación en la formación de la población FD-01B. Las letras y números representan las F1

Una vez obtenida la población básica FD-01B se decidió hacer su mejoramiento genético por selección recurrente de familias S1 y subdividirla en tres sub-poblaciones para su mejoramiento en paralelo en los estados Portuguesa, Yaracuy y Guárico.

La selección recurrente de familias endocriadas (familias S1) ha sido detallada previamente por algunos investigadores del área de fitomejoramiento (Hallauer, 1992; Paterniani, 1990). En este trabajo se describe el inicio de la selección recurrente con la extracción de familias S1.

Para la extracción de familias S1, el 19/10/2000 se sembró en el lote A1 de Fundación Danac, la población FD-01B. Se sembraron cuatro bloques de 80 hileras cada uno y 11 hileras adicionales, cada una de cinco metros de largo y con cuatro plantas por metro lineal para obtener una población inicial de 6620 plantas. Cinco días antes de la floración se seleccionaron cinco plantas por hileras, el criterio de selección fue la sanidad de las plantas. Previo a la emisión de estigmas, se cubrió la flor femenina con bolsas, las

plantas identificadas fueron autofecundadas en promedio a los 55 días después de la siembra, existiendo un rango de floración de siete días entre las precoces y las tardías; esto debido a la variabilidad de días a floración que existió entre las poblaciones que dieron origen a la población FD-01B. Se descartaron las plantas cuya relación entre la altura de inserción de las mazorcas excediera el 50 % de la altura de las plantas, la diferencia entre la floración masculina y femenina fuera superior a los dos días y las que presentaron enfermedades foliares.

El 15/02/2001 se cosecharon las mazorcas de las plantas seleccionadas, se escogieron las 900 mejores, se dividieron aleatoriamente en tres grupos (Portuguesa, Yaracuy y Guárico) de 300 mazorcas cada uno, se trillaron en forma individual y se dividió la semilla en: a) 240 semillas para ensayos y b) semilla remanente (para recombinación, avance de S1 a S2 y recombinación de las variedades).

RESULTADOS

A partir de 10 parentales se formó la población FD-01B, se obtuvieron 100 kg de semilla. Se formaron 900 familias S1, divididas en tres sub-poblaciones FD-01BP, FD-01BY y FD-01BG, para los estados Portuguesa, Yaracuy y Guárico respectivamente.

Se obtuvo la población de maíz FD-01B con base genética para factores adversos del cultivo en Venezuela, de forma que el trabajo permitió reunir en sólo una población los genes de diez materiales genéticos distintos.

La selección de familias S1 de la población FD-01B y su separación en tres subgrupos para los estados Portuguesa (P), Yaracuy (Y) y Guárico (G) fue el inicio del mejoramiento genético en paralelo, mediante selección recurrente de familias S1 de las subpoblaciones FD-01BP, FD-01BY y FD-01BG. En los años siguientes, cada una de las sub-poblaciones fue mejorada para cada estado en particular, de ellas se obtuvieron familias S1 que formaron variedades con adaptación específica y otras de amplia adaptación ambiental y adopción de agricultores agrupados en cooperativas.

La semilla de la población FD-01B original y las subpoblaciones FD-01BP, FD-01BY y FD-01BG están a la disposición de los diferentes programas de mejoramiento de entes públicos y

privados.

En cada subpoblación se agrupa el potencial genético para tolerancia a los principales factores que afectan la producción de maíz en tres estados de Venezuela, constituyendo un aporte que desde el punto de vista agrícola, pudiera ser valioso en la obtención de nuevos cultivares con adaptación regional.

CONCLUSIÓN

Se obtuvo la población de maíz FD-01B, de grano blanco, con base genética para adaptación a factores adversos del cultivo en los estados Portuguesa, Yaracuy y Guárico de Venezuela. La selección de familias S1 y su separación en tres subgrupos para los estados mencionados representó el inicio del mejoramiento genético en paralelo. Todo el material genético obtenido está a la disposición de programas de mejoramiento de entes públicos y privados.

AGRADECIMIENTO

Investigación co-financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT-Venezuela) a través del proyecto S1-2000000763.

LITERATURA CITADA

- Barrientos, V., M. Segovia, J. Salazar, D. Escobar, G. Chirino, A. Chassaigne y A. Hernández. 2000. Cinco ciclos de selección recurrente fenotípica para prolificidad en la población 'FPX-02B' de maíz (*Zea mays* L.). Revista electrónica Investigación Agrícola 5: 1. <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/index>.
- Bennet, R.J., C.M. Breen y M.V. Fey. 1986. Aluminum toxicity and induced nutrient disorders involving the Uptake and transport of P, K, Ca, and Mg in *Zea mays* L. South Afr. J. Plant Soil 3: 11-17.
- Cabrera, S. 2000. Épocas de siembra y densidades de siembra. El Maíz en Venezuela. Compiladores: H. Fontana y C. González. Fundación Polar. Caracas. pp: 295-309.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1998. A complete listing of improved maize germplasm from CIMMYT. Maize Program Special Report. México, D.F. 94 p. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/757/>
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1999. Programa de Maíz. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. <http://apps.cimmyt.org/>
- Chassaigne, A. y O. Borges. 1998. Efecto de la selección recurrente en dos poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Revista electrónica Investigación Agrícola 3: 1. <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/index>
- España, M., E. Cabrera-Bisbal y M. López. 2006. Estudio de la fijación de nitrógeno por leguminosas tropicales en suelos ácidos de sabanas venezolanas utilizando ¹⁵N. Interciencia 31:197-201.
- Hallauer, A. 1992. Recurrent selection in maize. Plant Breeding Rev. 9: 115-179.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2010. Hoja de balance de alimentos 2009. <http://www.inn.gob.ve/pdf/sisvan/hba2009.pdf>
- Lafitte, H. 2001. Estrés abióticos que afectan el maíz. In: L. Paliwal, G. Granados, H. Laffite, A. Violic y J. Maratheé (eds.). El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción. FAO, Roma. <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S> (consulta del 14/12/2011).
- MAT (Ministerio de Agricultura y Tierras). 2010. Resultados del VII Censo Agrícola Nacional. <http://www.mat.gob.ve/censoagricola/> (consulta del 14/12/2011).
- Monasterio, P., P. García, G. Alejos, A. Pérez, J. Tablante, M. Maturé y L. Rodríguez. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: caso híbridos blancos. Agronomía Tropical 58(1): 69-72.
- Pandey, S. y C. Gardner. 1992. Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in maize. Advances in Agronomy 48: 1-87.
- Pandey, S., H. Ceballos, R. Magnavaca, A. Bahia Filho, J. Duque-Vargas, y L. Vinasco. 1994. Genetics of tolerance to soil acidity in tropical maize. Crop Sc. 34: 1511-1514.
- Paterniani, E. 1990. Maize breeding in the tropics. Plant Sciences 9(2): 125-154.

16. Rivero, C. y A. Torres. 2010. Efecto del uso de coberturas sobre el nitrógeno mineral y total en macro y microagregados de un suelo ácido de los Llanos Centrales de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV) 36(1): 7-11.
17. Vera, E. 2010. Factores que limitan el rendimiento de maíz en parcelas comerciales ubicadas en la colonia agrícola Turén del estado Portuguesa, Venezuela. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 168 p.