

Caracterización morfoagronómica de cinco variedades de maíz criollo (*Zea mays*) en la zona de San Luis Talpa bajo un manejo orgánico

Flores Barahona, E.M.T.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: floresbarahona@hotmail.com

Miranda Vásquez, A.A.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: angel21mv@yahoo.es

Hernández Ramírez, U.

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: ulises.hernandezramirez@gmail.com

Parada Berrios, F.A

Docente director

Departamento de Fitotecnia,

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Correo electrónico: faparadaberrios@yahoo.com

Iraheta Villatoro, R.

Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,

Universidad de El Salvador

Correo electrónico: r_irahetavillatoro@yahoo.com

Resumen

El proyecto de investigación Caracterización Morfológica de cinco variedades de maíz criollo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, se realizó durante los meses de agosto 2010 a enero 2011; con el propósito de determinar las características morfológicas que poseen los cinco materiales de maíz criollo: Santa Rosa, Raque, Tizate, Capulín y Catracho. Se realizaron visitas a los productores de la zona del Bajo Lempa junto con la Asociación Mangle, para la recolección de las cinco variedades, las cuales fueron caracterizadas con base a los descriptores de maíz del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y del Trigo), utilizados por CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal).

Las plantas seleccionadas para cada variedad, fueron polinizadas manualmente y analizadas cuantitativa y cualitativamente. Tanto en las mediciones de campo como en las de laboratorio se utilizó estadística descriptiva, basada en valores máximos, mínimos, promedios, desviación estándar, correlación, y coeficiente de variación utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS). Con las curvas de absorción de los principales elementos, se determinaron los puntos críticos de acumulación de N, P, K; la variedad Catracho presentó la mejor asimilación de nutrientes en comparación con las demás variedades.

Morfoagronómicamente la variedad Capulín resultó ser la más homogénea para la variable rendimiento con un coeficiente de variación igual a 9.39%; mientras que para la variable peso de 100 granos, las variedades Tizate y Raque resultaron ser las más homogéneas con coeficientes de variación iguales a 2.16% y 2.74% respectivamente. Con respecto a la variable número de hileras la variedad más homogénea fue Santa Rosa con un coeficiente de variación igual a 2.76%; mientras que la variedad Catracho presentó un bajo coeficiente de variación para la variable diámetro de mazorca igual a 5.27%.

Palabras clave: caracterización, morfoagronómica, homogeneidad, manejo orgánico, variedades, criollas, maíz.

Abstract

The research project Morphological Characterization of five varieties of maize in the Experiment Station and Practices of the College of Agricultural Sciences, University of El Salvador, located in the municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, was conducted during the from August 2010 to January 2011, with the purpose of determining the morphological characteristics that have the five landraces materials: Santa Rosa, Raque, Tizate Capulin and Catracho. Visits were made to producers in the Lower Lempa with the Mangrove Association, for the collection of the five varieties, which were characterized based on the descriptors of maize CIAT (International Center for Tropical Agriculture) and CIMMYT (Centro Internacional Maize and Wheat), used by (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal), CENTA.

The selected plants for each variety, were pollinated manually and analyzed quantitatively and qualitatively. Both field measurements in the laboratory as descriptive statistics, based on maximum, minimum, average, standard deviation, correlation, and coefficient of variation using the Statistical Analysis System (SAS). With the absorption curves of the main elements, identified the critical points of accumulation of N, P, K, the variety Catracho presented the better assimilation of nutrients compared to other varieties.

Morfoagronómicamente Capulín variety was the most consistent performance for the variable with a coefficient of variation equal to 9.39%, while for the variable weight of 100 grains, and Raque Tizate varieties were the most homogeneous with coefficients of variation equal to 2.16 % and 2.74% respectively. With respect to the variable number of rows was more homogeneous variety Santa Rosa with a coefficient of variation equal to 2.76%, while the variety Catracho presented a low coefficient of variation for variable ear diameter equal to 5.27%.

Key words: morphoagronomic, characterization, homogeneity, organic management, landraces, corn.

Introducción

Una de las problemáticas en cuanto a la producción de granos básicos es que los productores de maíz en el ámbito nacional no realizan un proceso adecuado de selección de las semillas criollas, no tienen los elementos técnicos para seleccionar las variedades, desconocen los avances de los métodos de mejora genética, así como los métodos de conservación de las semillas nativas para volver a utilizarlas y obtener nuevamente una producción, existiendo un alto grado de contaminación y degeneración genética de los materiales que están siendo propagados, aumentando el grado de heterogeneidad dentro de las variedades, esto debido a la pérdida de su pureza genética, lo que ha generado que las variedades de maíz criollo, produzcan bajos rendimientos en las cosechas de los productores de maíz. (Poehlman, 1987).

Se han evaluado rendimientos de variedades criollas mejoradas y características morfológicas en diferentes zonas a nivel nacional, para que el agricultor elija la variedad de maíz que más le convenga, según la zona donde tenga la parcela, pero dicho trabajo no ha sido suficiente ya que se necesita cubrir muchos lugares donde no ha llegado la asesoría técnica respectiva (Pablo de Rodríguez *et al.*, 2005).

El maíz es uno de los principales alimentos en la familia, al ser producido por gran parte de los agricultores en el ámbito nacional, motiva a seguir generando y transfiriendo tecnologías orientadas a satisfacer las necesidades de los agricultores y consumidores (Guerra y Osorio, 2002).

El alcance de esta investigación será de beneficio para los productores de la zona paracentral de nuestro país, ya que la mayoría de habitantes cultivan maíz.

Al caracterizar cada uno de los cinco materiales de maíz, se identificaran las variedades más homogéneas, además de determinar las curvas de absorción de nutrientes para cada una de las variedades en estudio y recomendar a los agricultores la más homogénea identificada en la investigación para seguir el proceso de purificación, utilizando el método de selección masal.

Materiales y Métodos

Se realizó la caracterización morfológica de cinco variedades de maíz criollo durante el periodo del 10 de agosto de 2010 hasta 20 de enero de 2011, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Material experimental

El germoplasma evaluado fue conformado por las siguientes variedades: Santa Rosa, Raque, Catracho, Capulín y Tizate, estos fueron recolectados en la zona del Bajo Lempa, municipio de Jiquilisco, departamento de Usulután, en coordinación con la Asociación Mangle.

Se entrevistaron a los agricultores que se dedican a la siembra de semillas criollas, en conjunto con los técnicos de la Asociación Mangle para determinar el origen, utilidad y beneficios de cada variedad. Las coordenadas de ubicación para la variedad Raque y Capulín son, LN 13°20'02" y LO 88°42'0" localizado en la comunidad Zamorano, cuyo donante fue el agricultor Eusebio Ortiz Luna, y la variedad Santa Rosa, Tizate y Catracho, se recolectaron en la comunidad La Canoa, siendo el donador el agricultor Gerardo Rubio Núñez, cuya latitud norte corresponde a 13°18'08" y la latitud oeste 88°45'02".

Herramientas para la caracterización

Las cinco variedades de maíz en estudio se caracterizaron con base a los descriptores de maíz del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y del Trigo), tomando las variables cuantitativas y cualitativas, para las primeras, se utilizaron los siguientes aparatos: pie de rey, balanza semi analítica, regla de medir (30cm), cinta métrica (3m) y el integrador del área foliar (L1-3100, Licor), mientras que para las cualitativas se utilizó las Tablas Munsell.

Además se utilizó estadística descriptiva basada en valores máximos, mínimos, promedios, coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de variación y desviación estándar, para determinar el grado de homogeneidad de las variedades en estudio.

Metodología de campo

Establecimiento de la parcela de investigación

Para el establecimiento de la parcela se procedió a la toma de muestras de suelo y abono orgánico (bocashi), las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelo del CENTA, con lo que se determinaron las propiedades físico-químicas del mismo, criterio que fue utilizado para la formulación de la dosis de fertilizante a aplicar (3 onzas por planta), posteriormente se delimitó el área de siembra.

Elaboración de bocashi

La fertilización del maíz se realizó de forma orgánica, aplicando al suelo abono tipo bocashi, la elaboración del mismo se realizó con ayuda de los agricultores de la zona durante una jornada de intercambio de experiencias planificada en la Estación Experimental y de Prácticas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Siembra de las variedades de maíz criollo

En cada una de las variedades se realizó un tratamiento previo a la semilla, para repeler insectos a base de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss).

Cada surco tenía una longitud de 60 m lineales y dos surcos por variedad hacían un total de 480 posturas, a un distanciamiento entre surco de 0.60 m y 0.3 m entre planta, de las cuales se hizo una selección para la toma de datos, se obtuvieron un total de 333 posturas por cada una de las variedades sembradas.

Manejo Agronómico del cultivo de maíz

Dentro de las actividades tradicionales para el manejo del cultivo de maíz se realizaron las siguientes:

Control de malezas

Se realizaron controles de malezas de forma manual, la primera limpieza se realizó a los 8 días después de la siembra, la segunda a los 21 días y la tercera a los 45 días.

Fertilización

Se aplicó un foliar orgánico, elaborado en la Estación Experimental y de Prácticas, la aplicación fue de 200 cc de foliar, diluidos en una bomba de 5 galones de agua. Se aplicó una fertilización al suelo un día antes de la siembra, de manera incorporada con bocashi, tomando como parámetro el análisis de suelo realizado antes de la siembra, la segunda fertilización se realizó a los 15 días y la tercera a los 45 días después de establecido el cultivo.

Control de plagas

El control de plagas se concentra en los insectos comunes que atacan al cultivo de maíz, realizándolo a los 20 días después de la siembra, y ya que la plantación presentó problemas por la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó un control manual sobre la plantación durante dos semanas, aplicando tierra sobre el cogollo de la planta.

Además se aplicó ceniza para controlar el “gusano tierrero” (*Spodoptera ornithogalli*).

Riego

Esta actividad se inició a los 43 días después de la siembra; el método utilizado fue por aspersión, con intervalos de 5 días, totalizando tres aplicaciones.

Etapa reproductiva

Consistió en seleccionar las plantas a polinizar y cubrir la flor femenina de cada planta antes de emerger los estigmas en los jilotes. Se utilizaron bolsas de glisina para el control de la polinización. La polinización se presentó en el periodo de dos a tres días después de tapado el jilote; para la recolección de polen se utilizó bolsa de papel kraft recolectando el polen de varias plantas de la misma variedad, la aplicación de polen consistió en depositarlo sobre los estigmas y luego cubrirlos nuevamente, esta actividad se realizó entre las siete y las nueve de la mañana. Las bolsas de glisina se retiraron una semana después de realizada la polinización y se marcaron las plantas con identificadores de colores, para facilitar la toma de datos hasta finalizar el estudio (Fig.1).



Figura 1. a) Identificación de la flor masculina, b) Flor masculina en emisión de polen. c) y d) Selección y tapado de la flor femenina, e) Recolección de polen, f) Polen depositado sobre la flor femenina.

Toma de datos

Fase vegetativa

- a) Días a germinación. Comprende los días transcurridos desde la siembra hasta la emisión de raíces, por lo que se utilizó la prueba de germinación entre papel, colocando 20 semillas por cada variedad.
- b) Días a emergencia. Comprende los días desde la siembra hasta la emergencia del coleóptilo en la superficie del suelo.
- c) Color predominante del coleóptilo. Se realizó comparando el color del coleóptilo del grano con la tabla Munsell, estableciendo un código para el color de cada una de las variedades evaluadas.
- d) Longitud del coleóptilo. Se realizó en las plántulas utilizando una regla. La unidad de medida que se utilizó fue en centímetros.
- e) Altura de la planta. La toma se realizó durante la emergencia de la planta hasta la pre-floración, y comprende desde el suelo hasta la base de la espiga, la unidad de medida fue en centímetros.
- f) Diámetro del tallo. La toma también comprende desde la emergencia de la planta hasta la prefloración, la unidad de medida fue en centímetros
- g) Número de hojas por planta. Se contabilizaron visualmente en cada planta muestreada, después de la floración.
- h) Ancho de hoja. La toma también comprende desde la emergencia de la planta hasta la prefloración y consiste en medir en el punto medio de su longitud.

Fase de floración

- a) Días hasta anthesis masculina. Para esta variable se considerando el tiempo desde la siembra hasta la emisión del polen con el 50% de las plantas.
- b) Días hasta anthesis femenina. Se tomaron considerando el tiempo transcurrido desde la siembra del cultivo, hasta que la planta presentó filamentos o cabellos jóvenes visibles, por lo menos el 50% de las plantas.
- c) Color predominante de las anteras. Se realizó utilizando la tabla Munsell, tomando las flores estaminadas.
- d) Color predominante de las glumas. Se utilizó la tabla Munsell, tomando las flores estaminadas de la planta.
- e) Color predominante del estigma. Utilizando la tabla Munsell, se determinó el código.

- f) Altura de la planta. Este dato se obtuvo utilizando una cinta métrica y se consideró desde el suelo hasta la base de la espiga.
- g) Altura de la mazorca. Dicha variable se tomó desde el suelo hasta el nudo de la mazorca más alta.
- h) Longitud de la lámina foliar. Se tomó desde el nudo de origen de la hoja, utilizando cinta métrica.
- i) Ancho de la lámina foliar. Se midió la parte media de las hojas, utilizando cinta métrica.
- j) Área de la lámina foliar. Se realizó un muestreo destructivo, en el cual se cortaron todas las hojas de una muestra de plantas y se introdujeron en el Integrador de Área Foliar, para determinar el área promedio de cada variedad.
- k) Longitud del pedúnculo de la panoja. Se midió la panícula desde la base de la espiga hasta el comienzo de la primera ramificación de la panoja, utilizando cinta métrica.
- l) Número de ramificaciones secundarias de la panoja. Se contabilizaron los ejes de la panoja que poseían ramificaciones dobles en forma visual.
- m) Tipo de espiga. Se identificaron visualmente si eran primarias, secundarias o terciarias según la figura descrita en el descriptor CIMMYT (1991).
- n) Longitud de la panoja. se midió con cinta métrica desde la base del pedúnculo de la panoja hasta el final del eje central de la panoja, y se toma en cuenta ya que es un factor altamente heredable en el maíz, y es determinante para la producción de polen influyendo directamente en el llenado de granos en la mazorca.
- o) Número total de hojas por planta. Se contabilizaron visualmente las hojas de las cincuenta plantas muestreadas.
- p) Ancho de la hoja. Se utilizó cinta métrica, medición del punto medio de su longitud.
- q) Orientación de las hojas. Visualmente se identificó la posición de las hojas con respecto a la planta.
- r) Número de hojas arriba de la mazorca más alta. Se contabilizaron todas las hojas que estaban arriba de la mazorca más alta.
- s) Días hasta la senescencia de la hoja. Se contabilizaron los días desde la emergencia de la planta hasta el secado del 50% de las mazorcas.

t) Color del tallo. Se realizó utilizando la tabla Munsell, tomando las 50 plantas muestreadas.

u) Pubescencia de la vaina foliar. Se realizó de forma visual al momento de la floración, identificando si era escasa, intermedia o densa.

Fase de cosecha

a) Número de brácteas por mazorca. En forma manual se procedió al conteo de las brácteas por variedad en estudio.

b) Longitud del pedúnculo de la mazorca. Se realizó utilizando cinta métrica, desde la base de la mazorca hasta la yema axilar de la planta.

c) Forma de la mazorca. Se realizó tomando como referencia el descriptor del CIMMYT (1991).

d) Diámetro de la mazorca. Se realizó utilizando un pie de rey, midiendo la parte central de la mazorca.

e) Longitud de la mazorca. Se midió con regla desde la base del pedúnculo hasta el ápice de la mazorca.

f) Índice de prolificidad. Se realizó dividiendo el número total de las mazorcas entre el número total de mazorcas más las 50 plantas muestreadas.

g) Índice de prolificidad =
$$\frac{\text{N}^\circ \text{ total mazorcas}}{\text{N}^\circ \text{ total plantas (más de 20 plantas)}}$$

h) Diámetro del raquis. Se realizó utilizando pie de rey, la unidad de medida es en milímetros, midiendo la parte central más blanda del olote.

i) Color del olote. Se definió de forma visual en las 50 plantas muestreadas.

j) Diámetro del olote. Se utilizó pie de rey, las unidades de medida es en milímetros, midiendo la parte central del olote abarcando el marlo y el raquis.

k) Disposición de hileras de granos. Según las ilustraciones del descriptor CIMMYT (1991).

l) Número de hileras por mazorca. Se hizo un conteo de forma manual.

m) Número de granos por hilera. Se contabilizaron en forma directa desde la base hasta el ápice de la mazorca.

n) Longitud del grano. Se realizó con el pie de rey, de un extremo a otro, la unidad de medida fue en milímetros.

o) Ancho del grano. Se realizó utilizando pie de rey, las unidades de medida fue en milímetros.

p) Grosor del grano. Se utilizó el pie de rey, las unidades de medida es en milímetros, midiendo el espesor del grano.

q) Forma de superficie del grano. Se realizó de forma visual, según el descriptor CIMMYT (1991).

r) Color del pericarpio. Se realizó de forma visual observando la pared que envuelve la semilla.

s) Color de la aleurona. De forma visual, se determinó el color en el interior de la semilla.

t) Color del endosperma. Se realizó en forma visual determinando el tejido de reserva de la semilla.

u) Color del grano. De forma visual, se identificó de cada variedad.

v) Peso de 100 granos. Se utilizó una balanza semianalítica y la unidad de medida gramos.

w) Tipo de grano. Se realizó al tacto, identificando las texturas de las semillas de las variedades en estudio.

x) Rendimiento. El rendimiento se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \left[\frac{\text{Peso maíz desgranado (lb)}}{\text{Número de mazorcas desgranadas}} \right] * \text{n}^\circ \text{ de plantas por mz}$$

Resultados y Discusión

Las variables más representativas según los descriptores del CIMMYT y CIAT utilizados por CENTA, para caracterizar este tipo de materiales, se describen a continuación.

Altura de la planta. En la etapa de floración, la variedad que mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fue Santa Rosa con 1.75, 2.5 y 2.12 metros respectivamente, mientras que la variedad Tizate presentó los menores valores de mínimo, máximo y promedio con 1.3, 1.8 y 1.77 metros respectivamente. Pablo de Rodríguez, *et al.* (2005), evaluó en San José Cortes, Ciudad Delgado la variedad Capulín y obtuvo a los 60 días una altura promedio de 1.8m, y en lugar Sitio del Niño, municipio de San Juan Opico evaluó la variedad Santa Rosa, esta presentó a los 75 días una altura

promedio de 2.0m como mínimo y 2.5m como máximo, también evaluó la variedad Catracho en La Virgen, San Cristóbal, la cual presentó una altura mínima de 2.5m y una máxima de 3.0m a los 75 días, obteniendo similares resultados en este trabajo.

Según CORDES (2005), la variedad Capulín, presentó una altura de 2.69m, mientras que la variedad Raque presentó alturas de hasta 3.12m; en esta investigación los resultados promedio fueron de 2.05m.

En otros estudios, realizados por CENTA (2011), determinaron que la altura máxima de Santa Rosa mejorada fue de 2.5m, obteniendo alturas más bajas en esta investigación, ya que comprenden desde 1.75m y 2.5m. Estos resultados poseen ciertas diferencias con los obtenidos en este trabajo, que puede deberse en gran parte a la deficiencia de agua que se obtuvo durante la etapa de floración del cultivo ya que la precipitación no alcanzó los requerimientos de 700 mm (SNET, 2010) para un buen crecimiento y desarrollo de la planta; además de la variabilidad que pueda presentar la semilla, producto del grado de selección y conservación que se haya realizado por parte de los agricultores; ya que Luchsinger A y Camilo E, (2008), mencionan que la altura de la planta de maíz se ve afectada por las condiciones ambientales y del genotipo. Además según Alas Castro, (2005), menciona que el maíz, por ser de polinización cruzada presenta cierto grado de contaminación, lo que genera una segregación muy alta con el paso del tiempo.

Según sea el destino, muchas personas prefieren plantaciones altas, para la producción de forrajes y para el consumo por animales; por otra parte se tiene que considerar que para la producción de granos, las variedades criollas presentan grandes alturas debido a que son características genéticas de las plantas y por prácticas culturales de fertilización con base a productos con altas concentraciones de nitrógeno (Fuentes López, 1990). Por otra parte la mayoría de productores del Bajo Lempa, prefiere plantaciones con alturas promedio de 2.5m y menores a 3m ya que según ellos las milpas que presentan plantas demasiado altas son susceptibles al acame y las siembras con plantas muy bajas presentan problemas por la humedad de las malezas, además una plantación relativamente grande produce mazorcas de buen tamaño.

Diámetro de mazorca. Las variedades Capulín y Tizate mostraron los mejores valores de mínimo, máximo y promedio con 4.2 cm, 4.9 cm y 4.7 cm respectivamente, mientras que la variedad Catracho presentó los menores

valores con 3.2 cm, 4.6 cm y 4.4 cm respectivamente.

El diámetro de mazorca presentó cierta variación, lo cual podría deberse a la genética de la planta madre (Shenk, *et al.*, 1983). Además existen otros factores que pueden intervenir, como la disponibilidad de agua, ya que según FENALACE (2008) los mayores requerimientos de agua se presentan durante la germinación, la floración y el llenado de granos con valores medios que van de 4,8 a 5,4 mm/día; sin embargo, es muy importante que haya suficiente disponibilidad de agua en el suelo durante todo el ciclo de vida del cultivo, para que se cumplan a cabalidad los procesos fisiológicos. Además el maíz no tolera encharcamientos prolongados pues el estrés hídrico disminuye la longitud de las etapas reproductivas y por lo tanto, el rendimiento.

Número de hileras. La variedad que mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fue Santa Rosa con 10, 18 y 16 hileras respectivamente, mientras que la variedad Catracho presentó los menores valores con 8, 12 y 10 hileras respectivamente.

Según CENTA (2010), los híbridos Platino y Oro blanco presentaron entre 15 y 14 hileras por mazorca en promedio respectivamente, mientras que los maíces criollos evaluados, Catracho y Raque son los que poseen menor número de hileras en promedio con 10 y 12 respectivamente, en comparación con Tizate, Capulín y Santa Rosa que alcanzaron como datos promedio entre 14 los dos primeros y 16 el último mencionado, es decir que no hay diferencias marcadas de los criollos con los híbridos en cuanto al número de hileras por mazorca.

Según Fuentes López (1990), el número de hileras de una mazorca está definido por las características genotípicas, siendo un número que difiere según la planta, puede ir de 6 a 14 hileras por mazorca.

Las variedades Capulín, Catracho y Santa Rosa las mejores correlaciones con valores de $r=0.11$, $r=0.04$ y $r=0.06$ respectivamente con respecto a las variables número de hileras y diámetro de mazorca, lo que indica que a mayor diámetro, mayor número de hileras; además según FAO (1993), el número de granos está determinado por el número de hileras y el número de granos por hilera de la mazorca, también señala que los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1,000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca.

Peso de grano. Según el descriptor de maíz del CIMMYT (1991), constituye un dato de suma importancia para la investigación y caracterización de los materiales. Las variedades que mostraron los mejores valores de mínimo, máximo y promedio fueron: Santa Rosa con 32.2g, 37.2g y 35.1g respectivamente y Catracho con 31.5g, 36.4g y 34.1g respectivamente, mientras que la variedad Raque obtuvo los menores valores con 19.8 g, 42.64g y 20.8g respectivamente. Para los agricultores el peso es muy importante, ya que ellos cultivan estas variedades porque tienen la característica de ser maíces de granos pesados, lo que favorecido en la ventas. Algunos investigadores como Alas Castro, S. (2005), mencionan que los materiales de maíz criollo presentan alto contenido de carbohidratos y almidones lo cual hace que el peso sea mayor en comparación a las variedades híbridas; aunque esta teoría no ha sido respaldada por otros autores. El peso de los granos se define por la dureza y la cantidad de almidón presente, es así como la herencia tiene mucha influencia en el peso del grano, que no siempre es proporcional al peso, ya que en el caso de la variedad Santa Rosa posee granos de tamaño medio y sobrepasa el promedio del peso en comparación a otros maíces, igualmente la variedad Tizate, presentó granos de gran tamaño pero el peso es menor a las variedades Santa Rosa y Catracho. Alas Castro, (2005), menciona que los maíces tienen cualidades del grano muy característicos, por lo que es necesario iniciar el proceso de mejoramiento y así lograr una variedad homogénea con características deseables.

Rendimiento. La variedad Santa Rosa mostró los mejores valores de mínimo, máximo y promedio con 48.36qq/mz, 68.27qq/mz y 56.89qq/mz respectivamente, seguido de la variedad Capulín con valores de 28.31qq/mz, 39.96qq/mz y 33.3qq/mz respectivamente, Catracho con 55qq/mz, 51.6qq/mz y 43qq/mz respectivamente, Tizate con 26.83qq/mz, 37.87qq/mz y 31.56qq/mz respectivamente y finalmente la variedad Raque con los siguientes valores de 30.2qq/mz, 36qq/mz y 35.53qq/mz respectivamente; según investigaciones del CENTA (2011), el potencial de rendimiento de Santa Rosa mejorada oscila entre los 60qq/mz, mientras que en esta investigación se obtuvieron rangos de rendimiento de 56.89 qq/mz en promedio, cabe mencionar que el lote donde se establecieron las variedades en estudio se ha estado trabajando bajo un manejo orgánico, ya que en el análisis químico realizado en CENTA, se obtuvo 2.47 % de materia orgánica. Pablo de Rodríguez, *et al.* (2005) indica que el rendimiento promedio alcanzado de la variedad Santa Rosa en San Juan Opico, San Pablo Tacachico y San Cristóbal, fue de 60-70qq/mz, para la variedad Catracho fue en promedio de

50-60 qq/mz en la zona de la Virgen, San Cristóbal, mientras que para las variedades Capulín y Raque se obtuvieron 48qq/mz en la zona de San José Cortez, Ciudad Delgado y San Juan Opico.

Al determinar el grado de correlación entre el número de hileras y rendimiento se obtuvo los siguientes valores para las variedades: Catracho $r=0.16$, Capulín $r=0.24$, Raque $r=0.80$; mientras que para las variedades Santa Rosa y Tizate fueron negativas las correlaciones. Por lo que, para las variedades Catracho y Capulín indica que a mayor número de hileras de grano se obtienen mayores rendimientos en forma proporcional. Además se tiene una correlación positiva, para las variables peso de granos y rendimiento, obteniendo los siguientes valores: para la variedad Catracho $r=0.33$, Santa Rosa de $r=0.03$ y Tizate $r=0.13$, lo que indica que la relación peso de grano es directamente proporcional al rendimiento de cada una de las variedades evaluadas, entre mayor sea el peso, se obtendrán mayores rendimientos, mientras que para las variedades Capulín y Raque las correlaciones fueron negativas.

Para las variables rendimiento y diámetro de mazorca las mejores correlaciones las mostraron las variedades Catracho y Santa con valores igual a $r=0.14$, $r=0.13$ respectivamente, lo que indica que a mayor diámetro de mazorca, mayor rendimiento; no así para las variedades Tizate, Capulín y Raque, cuyas correlaciones fueron negativas.

Probablemente los resultados obtenidos en esta investigación no alcanzaron los rendimientos descritos por otros autores, debido a la falta de lluvias; ya que según FAO (2001), un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida. En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo y sólo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo cual significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1.000 gramos de agua por cada gramo de grano producido. Cabe mencionar que la falta de lluvias durante la etapa de floración del cultivo y la disminución de horas luz necesarias para un buen llenado de grano de la mazorca, son factores que afectaron en gran medida los rendimientos esperados.

Curvas de absorción

Con las curvas de absorción de nutrientes establecidas para cada variedad de maíz se determinaron los puntos críticos de acumulación de los principales elementos N, P y K para cada variedad según el ciclo fenológico. La variedad Catracho presentó la mejor asimilación de nutrientes en comparación con las demás variedades, ya que el porcentaje de acumulación es mayor y la

asimilación ocurrió en momentos óptimos del cultivo, con los siguientes porcentajes de elementos absorbidos: nitrógeno 50%, 30 días después de la siembra; fósforo 25%, a los 45 días después de la siembra, y potasio 55% días después de la siembra (Fig. 2). Es importante mencionar que algunos cultivos necesitan fechas óptimas de fertilización, ya que de ello depende la mayor absorción que la planta pueda tener y afecta directamente en el rendimiento.

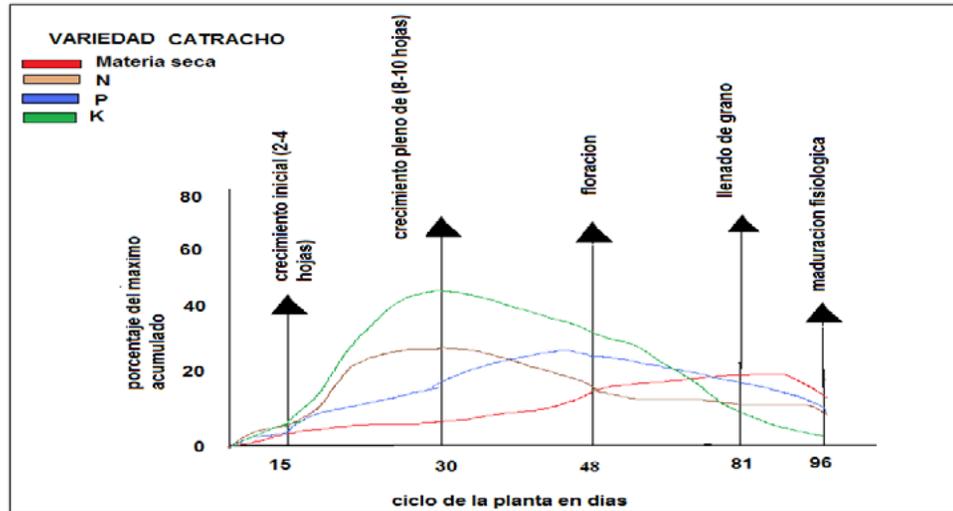


Figura 2. Gráfico de absorción y acumulación de nutrientes de la variedad Catracho.

Porcentaje de homogeneidad

Para determinar el grado de variación de las variables más representativas se utilizó el coeficiente de variación con los valores que se presentan en el cuadro 1.

Los índices de variabilidad se establecen con base al número de variables y se determinó que la mayoría de variables evaluadas presentaron grandes índices de variabilidad.

Para las variables rendimiento, peso de grano, diámetro de mazorca y número de hileras como las principales características a evaluar según CENTA (2010), se obtuvo que la variedad Capulín presentó el coeficiente de variación más bajo para la variable rendimiento en comparación con las demás, con 9.39%, es decir que es la variedad más homogénea con respecto a los datos promedio de rendimiento; mientras que para la variable peso de grano, las variedades con el coeficiente de variación más bajo son: Tizate

y Raque con 2.16% y 2.74% respectivamente, indicando que son las más homogéneas en cuanto a esta variable. Para el número de hileras se obtuvo que la variedad Santa Rosa presentó el coeficiente de variación más bajo de 2.76%, obteniendo la mayor homogeneidad en comparación con las demás en cuanto a esta variable. Para la variable diámetro de la mazorca, las variedades con el coeficiente de variación más bajo son Capulín y Catracho con 5.03% y 5.27% respectivamente, siendo estas las más homogéneas con respecto al promedio del diámetro de mazorcas.

Cuadro 1. Coeficiente de variación de los materiales de maíz criollo evaluados.

Variables Variedades de maíz criollo	Coeficiente de variación (%)			
	Rendimiento	Peso 100 granos	Número de hileras	Diámetro de la mazorca
Tizate	12.25	2.16	5.58	10.66
Catracho	13.64	3.05	7.69	5.27
Santa Rosa	17.88	5.36	2.76	6.05
Raque	38.06	2.74	16.27	13.06
Capulín	9.39	3.34	5.17	5.03

Conclusiones

Con la caracterización morfoagronómica realizada a los cinco materiales de maíz criollo, se determinó que la variedad más homogénea para la variable rendimiento fue Capulín, ya que presentó el más bajo coeficiente de variación igual a 9.39%; mientras que para la variable peso de 100 granos, las variedades Tizate y Raque resultaron ser las más homogéneas con coeficientes de variación iguales a 2.16% y 2.74% respectivamente. Con respecto a la variable número de hileras, la variedad más homogénea fue Santa Rosa con un coeficiente de variación igual a 2.76%; mientras que la variedad Catracho presentó un bajo coeficiente de variación para la variable diámetro de mazorca igual a 5.27%.

Con respecto a las correlaciones, la variedad Catracho fue la que presentó los mejores valores, siendo estos los siguientes: para la variables diámetro de mazorca y número de hileras con un valor $r=0.04$, para diámetro de mazorca y rendimiento con un valor $r=0.14$, para las variables número de hileras y rendimiento con un valor $r=0.16$ y para las variables número de

hileras y peso de grano con un valor $r=0.18$. Seguido de la variedad Capulín con los siguientes valores: para las variables número de hileras y diámetro de mazorca con un valor $r=0.11$ y para las variables número de hileras y rendimiento con un valor $r=0.14$.

Con respecto a las curvas de absorción de nutrientes establecidas para cada variedad de maíz, se concluye que la variedad Catracho presentó un mayor grado de asimilación de nutrientes en comparación de las demás variedades, con los siguientes porcentajes de elementos absorbidos: nitrógeno 50%, 30 días después de la siembra; fósforo 25%, a los 45 días después de la siembra, y potasio 55% días después de la siembra. En un segundo lugar la variedad que presentó los mejores niveles de asimilación de elementos fue Tizate, con los siguientes valores: nitrógeno 30% alcanzando el crecimiento pleno a los 29 días, el 25% de asimilación de fósforo, alcanzando su punto máximo a los 40 días, y obteniendo una asimilación del 50% de potasio a los 29 días de su desarrollo.

Recomendaciones

Aplicar la técnica de selección masal, y polinización manual en las variedades: Capulín y Tizate durante un periodo de cinco años como mínimo con el propósito de lograr una homogeneidad total arriba del 90% de estos materiales, para características morfoagronómicas más deseables para el agricultor; ya que estas contienen un mayor grado de homogeneidad con respecto a las variables rendimiento, peso de 100 granos y diámetro de la mazorca y son las que pueden purificarse más rápidamente que las otras variedades estudiadas.

Continuar evaluando la asimilación de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en las variedades Catracho y Tizate con los manejos que los cultivos exigen para su desarrollo mediante programas de fertilización, para identificar los momentos críticos de aplicación al cultivo y lograr el pleno desarrollo de la planta, al mismo tiempo establecer un programa de riego para la necesidad de agua y poder tener éxito hasta la última etapa del cultivo de maíz.

A las instituciones públicas, privadas y agricultores inmersos en la actividad agrícola de nuestro país, se recomienda continuar los estudios y reproducción de estos materiales: Catracho, ya que obtuvo las mejores correlaciones para las variables: rendimiento, diámetro de mazorca, peso de grano y número de hileras, mientras que la variedad Capulín presentó los más bajos coeficientes de variación para las variables: rendimiento y diámetro de mazorca, para

lograr el 90% de homogeneidad, según lo realiza CENTA (2010) y obtener materiales con mejores características y contribuir a la riqueza genética de nuestra agricultura.

Bibliografía

Alas Castro, S. 2005. Sistematización para capacitación con los productores(as) en el tema, Rescate y conservación de las variedades de maíz criollo. CORDES, SV. P 18-20.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal SV). 2010. Descriptores varietales para híbridos Platino, Oro blanco y sus progenitores, San Andrés, La Libertad. SV.

_____ 2011. Santa Rosa: Variedad de maíz para la zona con problemas de achaparramiento en El Salvador. San Andrés La Libertad, SV. P.1.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo).1991. Descriptores de maíz. D.F. MX. P 1-28.

CORDES (Asociación Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador). 2005. Sistematización, para capacitación con productores/as en el tema, rescate y conservación de variedades de maíz criollo. Chalatenango, SV. P.20-25.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1993. El maíz en la nutrición humana. (En línea). Consultado el 10 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm>

_____ 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. (En línea). Consultado el 8 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s04.htm>

FENALCE, (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas). 2008. Fisiología de la planta de maíz. Generalidades de la planta. (En línea) consultado el 07 de febrero de 2012. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/57320368/9-Fisiologia-de-la-Planta-de-Maiz>

Fuentes López, MR.1990. Descriptores del Maíz, Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica. Managua NI. P. 23

- Guerra, F; Osorio, M. 2002. Híbrido de maíz, híbrido H-61. Importancia social, económica. San salvador SV. Boletín técnico del maíz, n°21. p 3-15. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador UES. P.6.
- Luchsinger A; Camilo E. 2008. Cultivares de maíz dulce y su comportamiento frente a distintas fechas de siembra en la VI región. Vol. 26, CL. (En línea). Consultado el 08 de febrero de 2012. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718.
- Pablo de Rodríguez A; Bonilla C.R; Reyes C.F, López M.A, Araúz R.E. 2005. Rescate y Mejoramiento del Maíz Criollo: selección y mejoramiento del maíz criollo. 3ª ed. San Salvador, SV. Secretariado Social CARITAS de El salvador.
- Poehlman, JM. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas: Mejoramiento genético del maíz. Ed Limusa, S.A de C.V. México, MX.P.263-270.
- Shenk, M; 1983. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays*) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Turrialba, CR. CATIE. P. 3-5.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2010. Datos meteorológicos para el departamento de La Paz durante los meses de Julio, agosto, septiembre y octubre del año 2010. San Salvador, SV. P.10.