

4

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 100 ACCESIONES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) NATIVO DEL CHACO BOLIVIANO

*Recibido: 28 de Octubre de 2022 *Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

Autor:

¹ **Herbas Meneses José Gonzalo**

¹ Ingeniería Agronómica
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

gonzalo.herbas1971@gmail.com

(+591) 71865077

RESUMEN

La producción de maíz nativo en el Chaco Boliviano es la actividad más importante de las familias de agricultores campesinos e indígenas por su aporte nutricional y riqueza en variabilidad genética. La investigación comprendió la caracterización morfológica de 100 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de la región del Chaco Boliviano. Los descriptores utilizados fueron del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIMMYT-IBPGR) a través de los cuales se caracterizó de manera morfológica mediante la observación, análisis y características con mayor poder discriminante, aplicando 28 descriptores cuantitativos y 11 cualitativos, ambos evaluados en planta, mazorca y grano. De acuerdo al análisis de correspondencia de factores y correlación, se pudo determinar, que las variables cuantitativas de mayor poder discriminante fueron las relacionadas a mazorca y grano. Las variables cualitativas de mayor poder discriminante fueron: forma de mazorca cónica cilíndrica, disposición de hileras regular, tipo de grano semi dentado, forma y superficie de grano dentado, color de grano amarillo y textura de grano harinoso. El dendograma obtenido reporta que el grupo I aglutina 12 accesiones con características de plantas más bajas, con un promedio de 188 cm y las más precoces de todo el estudio, con 57 y 61 días a floración femenina. En el grupo III se encuentran las accesiones 48 y 50 que forman la asociación más importante de todo el análisis, debido a la cercanía detectada en función a la distancia euclidiana.

Palabras Claves: Recalcitrante, ortodoxa, euclidiana, dendograma, ex situ, in situ.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que ha motivado esta investigación, es la falta de información respecto a la caracterización de variedades de maíz nativo para encarar programas de mejoramiento genético en base a las características fenotípicas y genotípicas importantes que tienen estas variedades, ante factores adversos provocados por el cambio climático. La producción de maíz en la región del Chaco Boliviano es una de las actividades más importantes de las familias de pequeños agricultores campesinos e indígenas guaraníes desde el punto de vista de su seguridad alimentaria y variabilidad genética.

Por su importancia, los tipos de maíz nativo que mayormente se producen en la región son: blando harinoso, perla y maíz duro, de colores variados con predominancia de amarillos, blancos, negros y morados considerados como variedades nativas cuya pureza genética se está deteriorando debido al alto grado de contaminación que estas adquieren por influencia de polen de variedades mejoradas e híbridos (Ávila, G. 1998).

Claire, T. (2006). Indica que la producción de maíz nativo en estas zonas está destinada, en su mayoría al consumo humano en diferentes formas, como choclo, mote, tostado, pito, chicha, sopas, masitas, witimimo y tortillas; por tanto, articulada a sus formas de vida ya que es la base de alimentación y para sus fiestas de convite, en un relacionamiento inter comunal y familiar. Los maíces nativos se siembran asociados a otros cultivos como las cumandas, (*vigna sinensis*), jocos y zapallos (*cucúrbita sp.*) que son parte del sistema de producción y garantizan la seguridad alimentaria, además las variedades nativas constituyen una fuerte base genética para producir variedades mejoradas.

La tendencia que sigue la agricultura en el Chaco Boliviano, es la del monocultivo, sobre todo aquella enfocada a la producción para el mercado como maíz grano, actividad que los medianos agricultores campesinos realizan con la utilización de variedades mejoradas e híbridos de maíz, mientras que en el caso de los agricultores indígenas esta situación no se da, más bien cada año se ve agravada su situación de vulnerabilidad alimentaria.

Los sistemas productivos tradicionales que involucran el manejo de la biodiversidad expresada en especies, variedades y semillas nativas, no están siendo debidamente valorados. En lo social, esta situación involucra la marginalidad de un importante sector de la población rural y la pérdida de un conglomerado cultural ligado al manejo de variedades nativas con fines de alimentación humana, en este caso, el maíz como el cultivo más importante en la región del Chaco Boliviano.

La importancia de la conservación, mantenimiento y recuperación de las variedades nativas de maíz se resume en que éstas garantizan a las familias campesinas e indígenas su alimento, debido a que las semillas se pueden almacenar por largos periodos de tiempo, aspecto que no se puede hacer con las semillas de maíz híbrido que son más susceptibles al ataque de plagas de poscosecha. Los maíces nativos están adaptados a nuestro ambiente y toleran factores adversos del cambio climático, muchos de ellos son precoces, y se adaptan a suelos pobres, los alimentos tradicionales y sus recetas son producto del conocimiento que se tiene de los maíces nativos, estos están relacionados con el saber ancestral y la cultura. Si bien, en Bolivia se han emprendido importantes esfuerzos para la conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos nativos en el cultivo del maíz, es evidente que aún han sido insuficientes y es necesario retomar estos trabajos.

De acuerdo a lo planteado, es necesario generar programas que permitan la conservación ex situ e in situ, de manera paralela, programas de mejoramiento genético que permitan generar nuevas variedades con características resilientes a los efectos adversos del cambio climático (Claure, T. 2006).

El objetivo general de la investigación fue desarrollar la caracterización morfológica de 100 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) nativo de la región del Chaco Boliviano y los objetivos específicos fueron:

- Determinar el nivel de diversidad morfológica presente en las 100 accesiones de maíz nativo.
- Identificar las variables cuantitativas y cualitativas con mayor capacidad discriminante.
- Establecer semejanzas entre las accesiones de maíz nativo a través del análisis de agrupamiento o clúster.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Experimental de la Carrera de Ingeniería Agronómica, dependiente de la Facultad de Ciencias Integradas del Gran Chaco de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ubicado en la comunidad de Algarrobal, municipio de Yacuiba; primera sección de la Región Autónoma del Gran Chaco del departamento de Tarija, a 22 Km carretera Yacuiba – Santa Cruz. Geográficamente está situado a 21° 50'53" de latitud sur y 63° 36' 28" de longitud oeste, a una altura de 606 m.s.n.m.

• Procedimiento experimental

De acuerdo a las características del trabajo de investigación, el procedimiento experimental aplicado, corresponde a la clasificación de estadística descriptiva multivariada de clasificación o agrupamiento. Las herramientas de análisis utilizadas fueron: Estadísticos simples, métodos de análisis multivariado, como el análisis de correspondencia de factores y análisis de agrupamiento Clúster.

Se utilizaron 100 accesiones de maíz nativo provenientes de la unidad de conservación de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal Chaco.

Se utilizaron descriptores de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, (IBPGR), caracterizadores cuantitativos y cualitativos que se evaluaron en tres etapas: En planta, en mazorca y en grano (IBPGR, 1991).

Los tratamientos fueron conformados por las accesiones de maíz nativo, los mismos se distribuyeron en parcelas experimentales de 3 surcos, cada uno de 5 metros de largo con

una distancia entre surcos de 70 cm y 25 cm planta a planta, donde al menos el 30% de las plantas fueron caracterizadas y auto polinizadas con la finalidad de evitar contaminación con polen de otras accesiones, a la vez incrementar semilla, para el efecto, cada una de las entradas fueron identificadas con etiquetas plásticas de color.

Las principales actividades que se ejecutaron para el desarrollo de la investigación, se detallan a continuación:

- **Preparación del material genético**

Como actividad preliminar a los trabajos de campo, se realizó la preparación de cada una de las accesiones de maíz nativo, el trabajo consistió en retirar semillas de cada accesión de los correspondientes frascos y luego retirar una cantidad de 120 semillas por cada accesión y colocar en sobres de papel, luego de realizar el tratamiento con un cura semilla con su respectiva identificación.

Figura 1. Preparación de accesiones para la implementación de los ensayos experimentales



Fuente: Fotografía propia.

- **Identificación de parcelas y plantas a evaluar**

Con la finalidad de tener un esquema de investigación ordenado para cada una de las entradas y de acuerdo a normas básicas se procedió con la identificación de cada una de las entradas con una cinta de identificación plástica de color rojo, las mismas que tenían una identificación BOCHAZM, dicho código significa Bolivia correspondiente a las dos primeras letras (BO), seguido del lugar (CHA) y a continuación las iniciales del nombre científico de la especie Zea mays (ZM) y la numeración desde la accesión 1 a la 100. Por otro lado, con la finalidad de realizar las evaluaciones correspondientes a la caracterización se identificaron dentro de cada entrada 15 plantas para la correspondiente evaluación.

Figura 2. Identificación de parcelas y plantas a evaluar.



Fuente: Fotografía propia.

- **Auto polinizaciones**

Al manejar 100 accesiones diferentes de maíz nativo, y considerando que el maíz es una especie alógama o de polinización cruzada, el riesgo de contaminación con polen entre accesiones era alto, si no se toma alguna medida para controlarlo, por esta razón y para controlar dicho riesgo, se aplicó la técnica de auto polinización, aislando previamente tanto el órgano masculino como femenino de la planta de maíz, para posteriormente realizar las correspondientes autopolinizaciones.

Figura 3. Autopolinización



Fuente: Fotografía propia.

- **Cosecha y evaluación**

A la madurez fisiológica, se procedió con la cosecha de todo el ensayo, en primer lugar, las mazorcas autopolinizadas de cada una de las accesiones, manteniendo cada mazorca en el sobre correspondiente, luego las mazorcas que no fueron autopolinizadas.

Figura 4. Cosecha y evaluación.



Fuente: Fotografía propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados alcanzados a través del análisis de correspondencia de factores y correlación, nos indica que, las variables cuantitativas de mayor poder discriminante entre las accesiones evaluadas son las relacionadas a mazorca y grano, altura de planta, precocidad, longitud de espiga, longitud de hojas y número de hojas. Para las variables cualitativas en función al análisis estadístico realizado a través de la prueba de Chi Cuadrado (X^2), se pudo determinar que las variables de mayor poder discriminante entre las accesiones evaluadas son: forma de mazorca cónica cilíndrica en un 69%, disposición de hileras regular, también en un 69% tipo de grano semi dentado en un 30%, forma y superficie de grano dentado 62%, color de grano amarillo 22%, textura de grano harinoso 34%, orientación de las hojas colgantes en su mayoría y tipo de espiga primaria secundaria; las mismas reportaron valores altamente significativos, mientras que las variables color de tallo, acame de raíz y acame de tallo no presentaron significancia. Resultados similares fueron reportados como importantes en otro estudio de diversidad en maíz por Diego (2012), donde se reconocen como relevantes para valorar la diversidad presente entre poblaciones de esta especie a nivel de una región.

De acuerdo al dendograma determinado por el análisis de agrupamiento "clúster" y en función a la distancia euclidiana, se determinó que en el Grupo 3 se encuentra el par de las accesiones 48-50 (maíz cubano criollo y maíz criollo colombiano) presentando 2.25 unidades de distancia euclidiana, este par forma la asociación más importante de todo el análisis, seguido de los pares 73-81, 53-78, 84-95 y 67-100 cuyas unidades de distancia euclidiana se encuentran en un rango de 2.25 a 3.0 estas son las siguientes: 2.51, 2.53, 2.70 y 2.78 respectivamente, lo que demuestra que también todos estos pares de accesiones tienen una estrecha asociación y relación de dependencia por tener características en común.

Como se puede ver, el análisis de agrupamiento, pudo determinar a las accesiones de maíz 48 y 50, como las más emparentadas, por su cercanía en función a características morfológicas que determinan diferencias muy marcadas, respecto a las demás accesiones estudiadas.

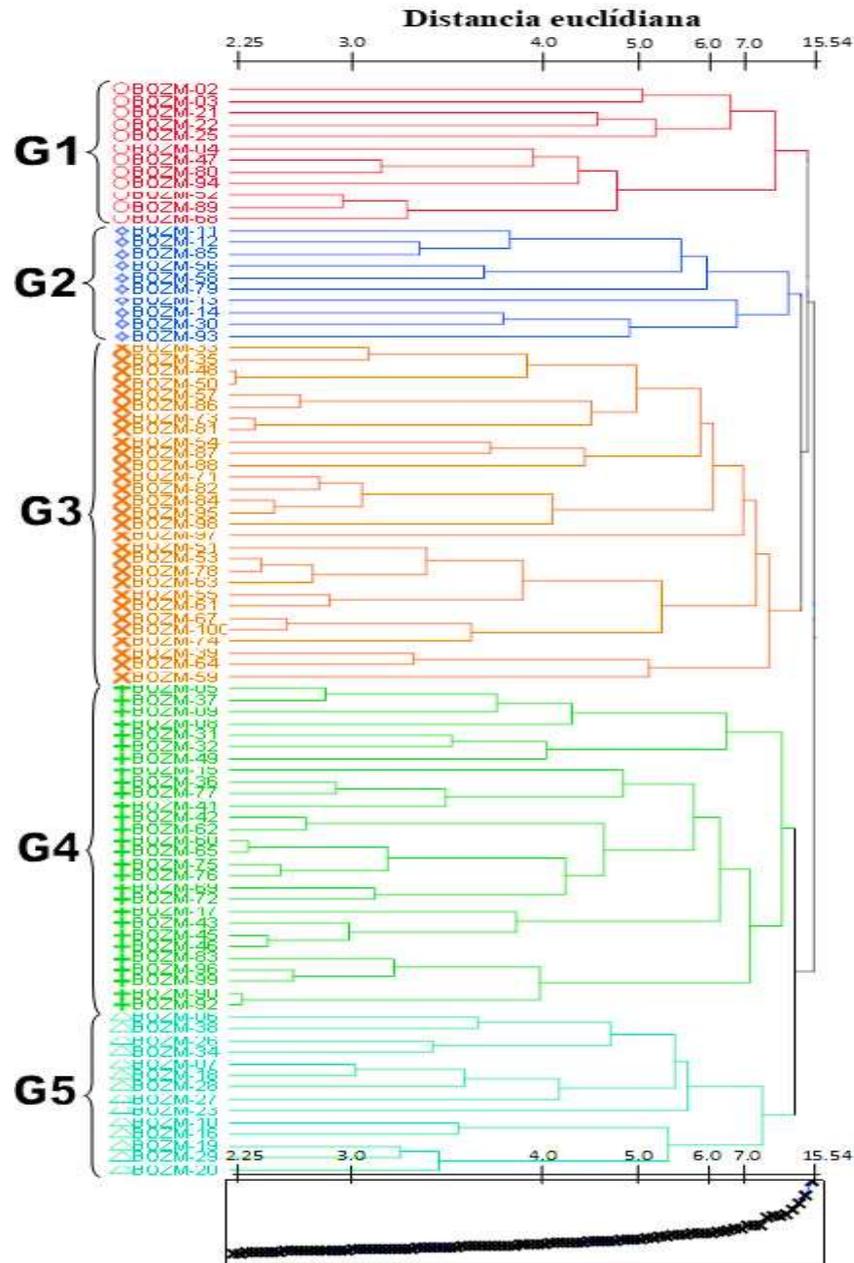
De acuerdo al diagrama de dispersión entre los 5 diferentes grupos formados a través del dendograma y comparando el comportamiento de los diferentes factores principales, en base a sus variables que la componen, se observa de manera general, que la asociación de los grupos 3 y 4 mostraron mucha más variabilidad y diferencias muy marcadas del grupo 1, básicamente debido a que cuenta con plantas de porte bajo y precoces, seguido de los grupos 2 y 5 que cuentan con plantas de porte mediano y alto, de ciclo tardío y medio tardío.

Este resultado, ha generado una información valiosa, que permitió conocer las accesiones con cualidades importantes al momento de seleccionar los materiales con caracteres deseables, como la precocidad y plantas de porte bajo que caracterizan a las accesiones del grupo 1, mismas que podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético de maíz, utilizando como base genética a las accesiones de dicho grupo.

Por otro lado, el Análisis de Componentes Principales (ACP), mostró que, con los cinco primeros componentes, explicó el 60% de la variación observada, análisis que permitió identificar las variables que explicaron de manera eficiente la variabilidad existente entre las poblaciones evaluadas y estas podrían emplearse para estimar variabilidad entre poblaciones de maíz. De igual forma, Tapia (2015), en un estudio similar, observó que las características morfológicas y del ciclo biológico de la planta fueron de mayor importancia para describir la variación entre accesiones de maíz nativo.

El análisis de distribución de las accesiones considerando los factores departamento y municipio, presentaron una distribución uniforme, no reportando patrones específicos, mientras que para el factor localidad presentaron valores extremos que permitió concluir que las accesiones colectadas contribuyeron de alguna manera a la formación de los cinco grupos tomando en cuenta la localidad y formados a través del dendograma siguiente:

Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de accesiones en grupos homogéneos-método Ward.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente destacar que la variabilidad morfológica encontrada en este estudio se ve reflejada en que, el fenotipo de las diferentes accesiones, es producto de la diversidad genética expresada en multiplicidad de frecuencias alélicas presentes. Esta diversidad en áreas relativamente pequeñas y contiguas, hace que exista mayor segregación, expresión genética, adaptaciones específicas y alta variabilidad que es de utilidad como fuente importante de nuevos alelos para utilizar en programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

- El estudio de caracterización de accesiones de germoplasma de maíz nativo, ha puesto en evidencia la gran variabilidad genética existente para el conjunto de caracteres morfológicos estudiados.
- La aplicación del análisis de conglomerados por agrupamiento jerárquico de Cluster (método Ward), ha permitido clasificar las accesiones de maíz nativo en cinco grupos relativamente homogéneos.
- La formación de los 5 grupos es visible solo a partir de 9.0 unidades de distancia euclidiana, evidenciándose el clado final de cada cluster, donde nace el ancestro común para cada grupo según las accesiones que lo conforman.
- De acuerdo al análisis de estadística descriptiva, se obtuvieron valores de coeficiente de variación (CV) de 87,99% para la variable índice de macollamiento (IM) para caracterización en planta. La variable peso de mazorca (PMAZ) con un CV= 57,65 % para caracterización en mazorca. Un valor de CV= 32,92 % para grosor de grano (GRGRAN) para caracterización en grano. Todos estos valores significan que son las variables más discriminantes con mayor variabilidad entre todas las accesiones evaluadas.
- De acuerdo al análisis de correspondencia de factores y de correlaciones se pudo determinar las variables cuantitativas con mayor poder discriminante: características de mazorca y grano, altura de planta, precocidad, longitud de espiga, longitud de hojas y número de hojas.
- En función al análisis estadístico realizado a través de la prueba de Chi Cuadrado (χ^2) para las variables cualitativas, permitió determinar las variables de mayor poder discriminante: Forma de mazorca cónica cilíndrica, disposición de hileras regular, tipo de grano semi dentado, forma y superficie de grano dentado y color de grano amarillo.
- De acuerdo al análisis de similitud y en función a la distancia euclidiana, se observa, que en los Grupos 3 y 4 se encuentran las accesiones más emparentadas, el par de accesiones más importante fue el 48-50, seguido de los pares 90-92, 60-65, 73-81 y 53-78, lo que indica que estas, representan las asociaciones o similitud más importante de todas las accesiones.
- El diagrama de dispersión analizado, ha permitido la comparación de grupos de conglomerados, mostrando diferencias entre las accesiones por sus características evaluadas, sobre todo la precocidad, altura de planta y otros caracteres favorables evaluados, mismos que han permitido definir las variables que se podrían utilizar para un programa de mejoramiento genético y generar materiales promisorios resilientes a factores adversos provocados por el cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, G. et al, (1998). Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos conservados en el banco de germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia.
- Clure, T. y Maita, R. (2006). El cultivo de maíz en la macro región del chaco boliviano. Informe Compendio 2005-2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Pp 59-63
- Franco, T. e Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico nº 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- IBPGR, (1991). Descriptors for Maize and Wheat Improvement Center, México City International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Tapia, C. (2015). Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la sierra del Ecuador. Tesis Dr. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 184 p.
- Diego, F. P., (2012). Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la region Mixteca Baja Oaxaqueña, México. Revista FCA Uncuyo. 171 p.