



Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) con bajo contenido de lignina

Morfoagronomic characterization of 15 sorgo accessions
(*Sorghum bicolor* [L.] Moench.) with low lignine content

Villeda-Castillo, D.A.¹, Parada-Berrios, F.A.², Lara-Ascencio, F.³, Rodríguez-Urrutia, E.A.⁴

Resumen

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental San Andrés No. 1, del CENTA, Ciudad Arce, departamento de La Libertad, El Salvador, durante los meses de diciembre de 2011 a marzo de 2012, con el objetivo de caracterizar 15 accesiones de sorgo bmr, con bajo porcentaje de lignina; utilizando descriptores morfoagronómicos para definir su identidad; ocho de los cuales son cuantitativos y 17 cualitativos, sugeridos por el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT). Se sembraron dos surcos por accesión de cinco metros lineales, a un distanciamiento

de 0.80 m entre surco y 0.15 m entre plantas. La metodología estadística, consistió en el uso del método de multivariantes. El análisis determinó, que las 15 accesiones están agrupadas en tres componentes principales que explican el 78.02% de la variabilidad total; donde el primero está formado por las accesiones CI0938, CI0936, CI0916, CI0910, que sobresalen por tener mayor número de tallos, menor longitud de inflorescencia y peso de grano; al relacionarlas con los descriptores cualitativos sobresalen por presentar buen vigor de cruzamiento, color de glumas claras, plantas parcialmente cerosas, inflorescencia compacta semi elípticas y jugosidad dulce. Al segundo grupo, corresponden las

1 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. dorisvilleda01@gmail.com
2 Asesor, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. faparadaberrios@yahoo.com
3 Asesor, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. fcolaraa@yahoo.es
4 Asesor, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. earu_1663@yahoo.com.mx

accesiones CI 0970, CI 0919, CI 0973, CI 0925, CI 0914, CI 0972 y CI 0968, mostrando similitud en mayor longitud y excursión de la inflorescencia, peso de grano intermedio, menor altura de la planta, ancho de inflorescencia, menos días a floración y número de granos por panoja. Además, se caracteriza por presentar un vigor de cruzamiento medio, inflorescencia compacta elíptica, plantas de parcial o total serosidad, no suculentas y generalmente insípidas. Al tercer grupo pertenecen las accesiones CI 0932, CI 0943, CI 0947, CI 0929, que presentaron los valores más altos en la altura de planta, ancho de inflorescencia, días a floración, peso de grano y número de granos por panoja; este grupo se caracterizó por presentar buen vigor de cruzamiento, inflorescencia semi elíptica compacta; plantas parcialmente serosas con una jugosidad y sabor intermedio. Por lo que se concluye que las 15 accesiones de sorgo mostraron diversidad en el comportamiento, según los descriptores cuantitativos y cualitativos. Como hallazgo relevante se encontraron cuatro accesiones con potencial para la producción de grano (CI 0932, CI 0943, CI 0947 y CI 0929), que corresponden al componente dos y el resto de accesiones para la producción de forraje (componentes uno y tres).

Palabras claves: Descriptor, Caracterización, Accesión, Método multivariante, Sorgo bmr, componentes principales.

Abstract

This research was carried out at the CENTA, San Andrés No.1, Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador, during the months of december 2011 to march 2012, with the objective of characterizing 15 sorghum accessions bmr, with low percentage

of lignin; using morphoagronomic descriptors to define their identity; eight of which are quantitative and 17 qualitative, suggested by the ICRISAT. Two rows were planted by accession of five linear meters, at a distance of 0.80 m between furrow and 0.15 m between plants. The statistical methodology consisted in the use of the multivariate method. The analysis determined that the 15 accessions are grouped into three main components that explain 78.02% of the total variability; where the first is formed by accessions CI0938, CI0936, CI0916, CI0910, which stand out for having a greater number of stems, shorter inflorescence length and grain weight; when related to qualitative descriptors, they stand out for having good crossbreeding vigor, color of clear glumes, partially waxy plants, semi-elliptical compact inflorescence and sweet juiciness. To the second group, the accessions CI 0970, CI 0919, CI 0973, CI 0925, CI 0914, CI 0972 and CI 0968 correspond, showing similarity in greater length and exceeding of the inflorescence, intermediate grain weight, lower plant height, inflorescence width, less days to bloom and number of grains per panicle. In addition, it is characterized by a medium cross vigor, elliptical compact inflorescence, partial or total serosity plants, not succulent and generally tasteless. Accessions CI 0932, CI 0943, CI 0947, CI 0929 belong to the third group, which presented the highest values in plant height, inflorescence width, days to flowering, grain weight and number of grains per panicle; This group was characterized by presenting good cross vigor, compact semi-elliptical inflorescence; partially serous plants with juiciness and intermediate flavor. Therefore, it is concluded that the 15 accessions of sorghum showed diversity in behavior, according to quantitative and qualitative descriptors.

As a relevant finding, four accessions with potential for grain production were found (CI 0932, CI 0943, CI 0947 and CI 0929), which correspond to component two and the other accessions for forage production (components one and three).

Keywords: Descriptor, Characterization, Accession, Multivariate method, Sorghum bmr, main components.

Introducción

Los recursos genéticos constituyen las bases biológicas para la seguridad alimentaria mundial y están conformados por la diversidad de material genético que contienen las variedades tradicionales y los cultivares modernos. Estos recursos son la materia prima de los fitomejoradores y el mayor aporte para la producción y diversidad genética que utilizan los agricultores (FAO 1996, IBPGR 1981).

El sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) ocupa el quinto lugar entre los cereales del mundo, pero en El Salvador es el segundo grano en volumen producido, después del maíz blanco. Para el periodo 2012-2013 la producción alcanzó 3.1 millones de kilogramos, en 103,365.73 hectáreas sembradas, con un rendimiento promedio de 1,318.18 kg.ha⁻¹ (DGEA 2012-2013).

Por ello, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), a través del Programa de Granos Básicos y con el apoyo del Instituto para la Investigación del Sorgo y Mijo de Estados Unidos (INTSORMIL), promueve la incrementación de nuevas variedades particularmente, con el propósito de mejorar la digestibilidad y palatabilidad del ensilaje para consumo

animal, en el 2004 inician los trabajos de incorporación de ocho líneas donantes de genes bmr a las variedades de sorgo de doble propósito nacionales y extranjeras (Clará 2011); este gen posee la característica de disminuir la lignina que se encuentra en los tejidos de las hojas y de los tallos, pues los sorgos actuales contienen altos niveles de lignina (Compton 1990).

En la actualidad, los sorgos bmr se utilizan en forma de híbrido por las empresas de semillas transnacionales y su costo en América Central es el limitante para que los productores de sorgo utilicen esta tecnología, sin embargo, con la producción de estas variedades de polinización libre, la accesibilidad será mayor debido a que los agricultores podrán producir su propia semilla para sembrarla en unas cuatro generaciones sin perder su potencial de producción y calidad (Clará 2008; Clara y Zeledón 2010.).

Sin embargo en el país, la información básica para describir las características morfológicas y agronómicas del *Sorghum bicolor* es escasa, esta especie a través de los años ha cambiado considerablemente como resultado de mutaciones naturales y trabajos efectuados por los fitomejoradores. Este recurso fitogenético es de vital importancia si se conserva y se utiliza adecuadamente y esto es posible si se conocen las características que permiten diferenciar una especie de otra.

La presente investigación está orientada a caracterizar morfológicamente 15 accesiones de sorgo que poseen el gen "bmr-12", describiendo sus atributos morfoagronómicos a fin de generar información cuantitativa y cualitativa, que determinen la identidad fenotípica de las accesiones.

Materiales y métodos

Ubicación del área experimental

La investigación se realizó en el período comprendido entre diciembre de 2012 a marzo de 2013, en la Estación Experimental San Andrés No.1, del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), ubicado en el municipio de Ciudad Arce, departamento de La Libertad, a una elevación de 460 metros sobre el nivel del mar (msnm), una temperatura promedio de 26° C y un promedio de lluvia de

1,600 mm anuales; suelos de textura franco arenosa, fertilidad moderada (Morales 2011).

Material vegetal utilizado

Para esta investigación se utilizaron 15 cultivares del género *Sorghum*, las accesiones provenientes del Banco de Germoplasma del CENTA, introducidas de diferentes países, siendo elegidas con base a su adaptación en las zonas agroecológicas de procedencia, características agronómicas y comerciales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de pasaporte del material de *Sorghum bicolor* caracterizado en la localidad de la Estación Experimental San Andrés No.1 CENTA, 2012-2013

Número de identificación	Nombre del cultivar	Genealogía	País de introducción
1	CI 0968 bmr	(RCV*BO3290) S-11-7	El Salvador
2	CI 0972 bmr	(RCV*BO3290) S-13-9	El Salvador
3	CI 0970 bmr	(RCV*BO3290)	El Salvador
4	CI 0973 bmr	(RCV*BO2043) S-19-1	El Salvador
5	CI 0916 bmr	(VG-146*BO2043) S-2-2	México
6	CI 0919 bmr	(VG-146*BO2043) S-26-1	México
7	CI 0914 bmr	(VG-146*BO3289) S-5-4	México
8	CI 0910 bmr	(CENTA S-2*BO2043) S-27-5	El Salvador
9	CI 0925 bmr	(CENTA S-3*BO3289) S-21-4	El Salvador
10	CI 0929 bmr	(CENTA S-3*BO3288) S-30-12	El Salvador
11	CI 0932 bmr	(CENTA S-3*BO3288) S-95-9	El Salvador
12	CI 0936 bmr	(Tortillero*BO3292) S-2-5	Nicaragua
13	CI 0938 bmr	(Tortillero*BO2043) S-5-2	Nicaragua
14	CI 0943 bmr	(Tortillero*BO3292) S-12-4	Nicaragua
15	CI 0947 bmr	(Tortillero*BO328 S-64-13	Nicaragua

Procedimiento experimental

La preparación del terreno fue mecanizada, con dos pasos de rastra y un surcado; el área total de la parcela fue de 140.8 m². Como tratamientos fueron considerados las 15 accesiones, con dos surcos por accesión con una longitud de 5 metros lineales, haciendo un total de 30 surcos, separados a 0.80 m y 0.15 m entre plantas. La unidad experimental fue de 1.60 m; para la evaluación se utilizaron las plantas de los surcos centrales, despreciándose un metro de la parte inicial y final de los surcos, para evitar el efecto de borde y cabecera; dejando 12 plantas por metro lineal y surco por accesión, para tener 72 plantas por unidad experimental. La fertilización se realizó con fórmula 16-20-0 al momento de la siembra; aplicando 4.54 kg.parcela-1 y durante el crecimiento se aplicó sulfato de amonio a razón de 5.68 kg.parcela-1; el control de malezas fue manual.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas resultaron de la selección de 25 descriptores de los cuales ocho fueron cuantitativos y 17 cualitativos, se evaluaron en base a lo propuesto por el (ICRISAT 1984).

Variables cuantitativas

Altura de la planta (alpa); el número de tallos florales por planta (ntallos); la longitud de la inflorescencia (longinflor); ancho de la inflorescencia (anchoinflor); días a floración (díasflor); exerción de la inflorescencia (exerinflor); peso de granos (pesograno) y número de granos por panícula (nugrapa).

Variables cualitativas

Las variables cualitativas del descriptor para sorgo se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descriptores cualitativos para sorgo con su respectiva escala

Descriptor cualitativo	Escala del descriptor
Vigor de cruzamiento después de 15 días de emergidas las plantas	3= malo, 5= media, 7= alto
Inflorescencia compacta y forma de la floración	1= panícula laxa, 2= muy suelto rama primaria erecta, 3= muy floja rama primaria caída, 4= ramas primarias erectas, 5= suelta cayendo de ramas primarias, 6= semi-sueltas ramas primarias erectas, 7= semi-suelta cayendo ramas primarias, 8= semi-elíptica compacta, 9= compacto elíptica, 10= ovalada compacto, 11= la mitad broom, 12= broom maíz.
Aspecto de todas las plantas al momento de la cosecha	3= pobre, 5= medio, 7= bueno
La cutina o cera	0= no ceroso, 3= medio, 5= parcialmente ceroso y 9= completamente ceroso
La senescencia de la hoja	0= No senescente, 1= muy poco senescente, 3= un poco envejecido, 5= intermedio, 7= sobre todo senescente y 9=hoja completamente senescente.
Color de las plantas	1= Pigmentada, 2= no pigmentada.
Jugosidad del tallo	0= Seco, 2= jugoso
Sabor del jugo del tallo	1= Dulce, 2=insípido
Color del grano	se utilizó la tabla Munsell
Color de la gluma	1= Blanco, 2= tan, 3= caoba, 4= rojo, 5= púrpura, 6= negro y 7= gris.
La cubierta del grano	1= 25% de cobertura, 3=50%, 5=75% y 7= 100% de cobertura
Gordura del grano	3= Cóncavo 7= convexo
La forma del grano	1= Individual, 2= en pareja
Textura del endospermo	1= Completamente córnea, 3= parcialmente córnea, 5= intermedia, 7= sobre todo con almidón, 9= completamente con almidón
Color del endospermo	1= blanco, 2= amarillo
Tipo de endospermo	1= normal, 2= cerado, 3= azucarado
Plagas y Enfermedades	3= baja susceptibilidad, 5= susceptibilidad media, 7=alta susceptibilidad.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los descriptores cuantitativos consistió en el uso de tres herramientas del método multivariante:

a) El análisis descriptivo, que incluye medidas de tendencia central y de dispersión: media, máximo, mínimo, coeficiente de variación y desviación estándar; donde el coeficiente de variación, si es mayor significa que habrá mayor heterogeneidad y por el contrario entre menor sea el coeficiente significa que habrá mayor homogeneidad (Cuadro 3).

b) Análisis de componentes principales (ACP), en el cual se tomó como criterio los indicadores que presentaron valores propios superiores a 1.

c) Análisis de conglomerados para la agrupación y selección de las accesiones utilizando como índice de similitud la distancia Euclidiana, determinando la media y desviación estándar para las variables. De esta forma se dispuso de grupos de accesiones que permitieron hacer el análisis más sencillo y objetivo de su comportamiento. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 19 e INFOSTAT.

Para los 17 descriptores cualitativos se realizó un cuadro de frecuencias absolutas y relativas para determinar las categorías más frecuentes de las accesiones en estudio (López *et al.*, 2008).

Finalmente se hizo una relación entre los descriptores cualitativos y por conglomerado.

Cuadro 3. Promedio de los descriptores, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos, para las 15 accesiones de *Sorghum bicolor* [L.] Moench.

Fase fenológica	Descriptor cuantitativo	Número de observaciones	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo
Vegetativo	Altura de la planta	15	1.40	0.12	8.89	1.24	1.64
	Número de tallos	15	1.31	0.83	63.75	0.00	2.00
Floración	Longitud inflorescencia	15	22.24	4.21	18.93	15.40	28.50
	Ancho inflorescencia	15	4.80	0.94	19.47	2.50	6.54
	Días a floración	15	71.67	3.09	4.31	63.00	77.00
	Exerción de la inflorescencia	15	13.46	5.04	37.43	6.13	23.93
Cosecha	Peso del grano	15	2.99	0.38	12.77	2.34	3.86
	Número de granos por panoja	15	1125.93	394.65	35.05	527	2200

Resultados y discusión

Según el análisis descriptivo del Cuadro 3 y los coeficientes de variación, se denota que existe un comportamiento distinto de los descriptores de acuerdo a las fases fenológicas del sorgo, manteniéndose, el principio, que los altos valores del coeficiente de variación indican heterogeneidad en el comportamiento de las accesiones.

Para los descriptores altura de las plantas (alpa), días a floración (diasflor) y peso del grano (peso grano) se obtuvo un coeficiente de variación bajo (8.89, 4.31 y 12.77), es decir, todas las accesiones manifestaron homogeneidad en su comportamiento. Similares respuestas encontraron Zapata y Orozco (1991); Clará, *et al.* (2009), manifestando que esta variación depende más de los factores genéticos que de los factores ambientales. Caso contrario sucedió con el descriptor número de tallos florales por planta estos resultados inciden en la manifestación heterogénea del descriptor, expresando un alto coeficiente de variación (63.75%) y una desviación estándar (0.83) respectivamente; además el rango de rebrotes varió entre 0.0 y 2.0.

Este comportamiento fue válido para las accesiones CI 0929, CI 0932, CI 0943 y CI 0937 quienes presentaron un solo tallo (26.7%), a diferencia del 73.3% de las accesiones cuyo rango varió entre 1.45 a 2.0 tallos; con un promedio de 1.31, lo que implica que el 26.7% son accesiones que genéticamente no expresan rebrotes aun siendo las condiciones ambientales favorables para esta característica (Figura 1).

Sin embargo, esta aptitud de las plantas, es influenciada por el grado de dominancia apical, por tanto, es una característica

heredable que puede ser modificada por factores ambientales como: la temperatura, fotoperíodo, humedad del suelo y manejo agronómico (Gutiérrez 2004; Harding 1996 y House 1985).

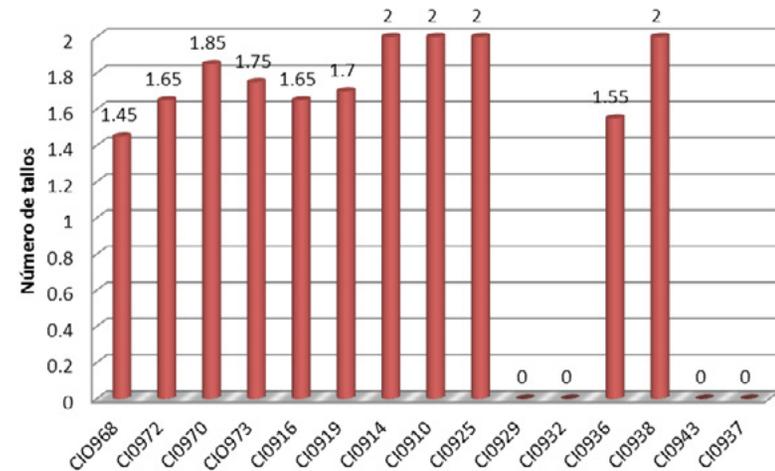


Figura 1. Número de tallos o rebrotes producidos durante el ciclo del cultivo.

El análisis factorial mediante el método de componentes principales (Cuadro 4), se incorporaron ocho descriptores cuantitativos sujetos del análisis descriptivo, obteniéndose los resultados que permiten visualizar el número de componentes principales adecuados y su relación con la varianza total explicada. De los ocho puntos de varianza originales, a los primeros tres componentes principales le corresponden 3.247, 1.852 y 1.143 que representan el 40.58%, 23.15% y 14.28% de la varianza original respectivamente, en total explican el 78.0% de la misma.

Cuadro 4. Promedio de los descriptores, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos, para las 15 accesiones de *Sorghum bicolor* [L.] Moench.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.247	40.583	40.583	3.247	40.583	40.583	2.557	31.885	31.885
2	1.852	23.148	63.732	1.852	23.148	63.732	2.455	30.686	62.571
3	1.143	14.284	78.016	1.143	14.284	78.016	1.236	15.445	78.016
4	0.826	10.319	88.335						
5	0.374	4.671	93.007						
6	0.318	3.970	96.977						
7	0.173	2.161	99.138						
8	0.069	0.862	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Considerando la matriz de componentes principales (Cuadro 5), se muestra claramente que el primer componente se asocian los descriptores número de tallos (ntallos), longitud de la inflorescencia (longiflor), ancho de inflorescencia (anchoinflor), excursión de la inflorescencia (exerinflor) y número de granos por panícula (nugrapa), explicando el 40.58% de la variabilidad total, equivalente al 52.02% del total explicado por los tres componentes relacionados, con cargas factoriales de -0.842, -0.658, 0.702, -0.870 y 0.713 respectivamente.

El segundo componente se asocian los descriptores altura de planta (alpa) y días a floración (díasflor), explicando el 23.15% de

la variabilidad total, equivalente al 29.67% del total explicado por los tres componentes, con cargas factoriales de 0.725 y -0.791 respectivamente.

Al tercer componente principal le corresponden el descriptor peso de grano (pesograno) explicando 14.28% de la variabilidad total, equivalente al 18.31% del total explicado por los tres componentes, con una carga factorial de 0.929. Este componente se relaciona con el peso de grano perteneciente a la fase fenológica de cosecha.

Cuadro 5. Matriz de componentes principales por descriptor.

Descriptores	Componente		
	1	2	3
ALPA	0.292	0.725	0.075
NTALLOS	-0.842	-0.037	-0.286
LONGINFLOR	-0.658	0.450	0.294
ANCHOINFLOR	0.702	0.482	-0.271
DIASFLOR	0.467	-0.791	0.054
EXCERINFLOR	-0.870	0.271	-0.025
PESOGGRANO	0.208	0.060	0.929
NUGRAPA	0.713	0.434	-0.167

La Figura 2, muestra la relación gráfica entre componentes principales donde el primer y segundo componente separa días a floración y altura de planta, del resto de los descriptores, por lo tanto, la mayor variabilidad entre las accesiones de sorgo involucradas se explica con estas variables. La accesión CI 0929 está más asociada con los descriptores número de granos por panoja y ancho de la inflorescencia (nugrapa y anchoinflor); la accesión CI0968 está más asociada con el descriptor altura de la planta (alpa); Las accesiones CI 0919, CI 0943, CI 0932 y CI 0937 están más asociadas con el descriptor peso de grano y las accesiones CI 0968, CI 0925, CI 0970, C I0973, CI 0914, CI 0972 y CI 0919 están más asociados con los descriptores excersión de la inflorescencia, longitud de la inflorescencia y número de

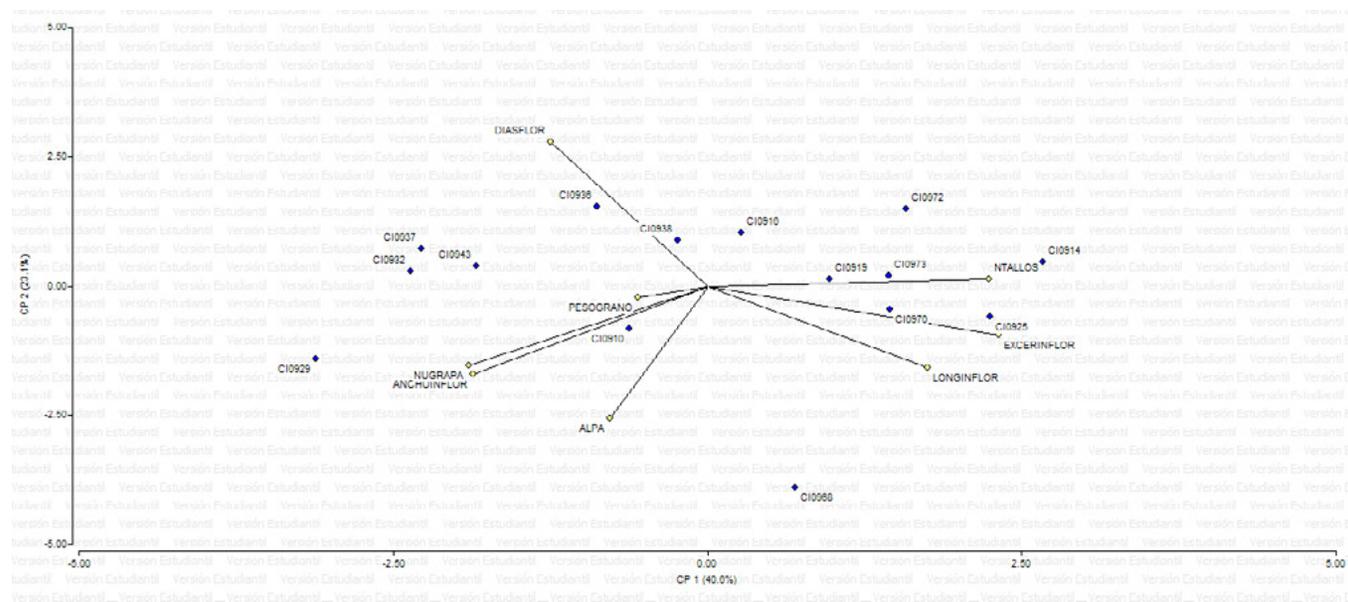


Figura 2. Relación entre el primer y segundo componente principal.

tallos(excerinflor, longiflor, ntallos); y CI 0936, CI 0938, CI 0916 están más relacionadas con días a floración (díasflor). Aun cuando la accesión CI 0910 no parece estar asociada a algún descriptor en particular, guarda alguna aproximación con el descriptor peso de grano (pesograno), en los ejes de los componentes principales uno y dos (CP1 y CP2).

Por su parte, el componente tres aporta menos a la varianza total. Estos resultados podrían estar más vinculados a aquellas accesiones con el mayor pesograno como son: CI 0937, CI 0910, CI 0970 y CI 0972 (Figura 3).

En el dendograma generado mediante el análisis de conglomerado y la distancia euclídea, se observan 3 grupos de accesiones bien diferenciados (Figura 4).

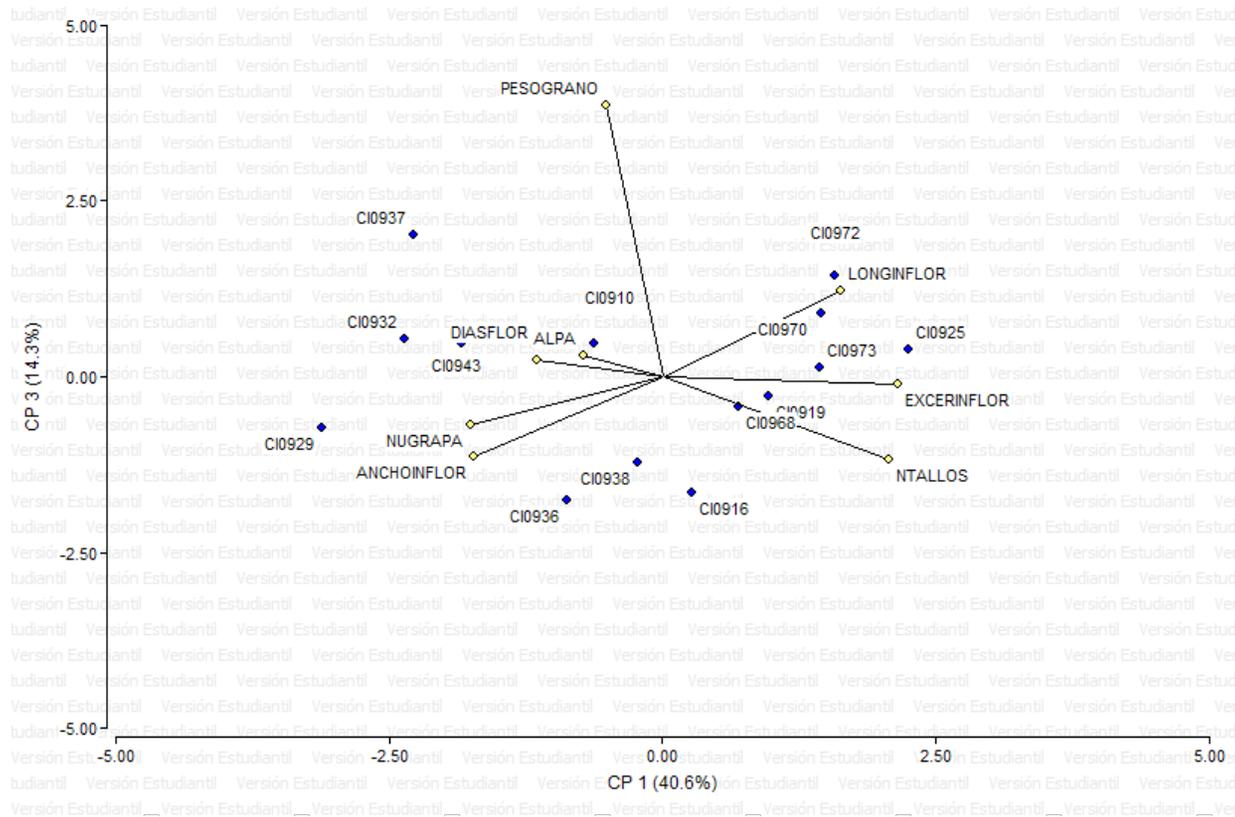


Figura 3. Relación entre el primer y tercer componente principal.

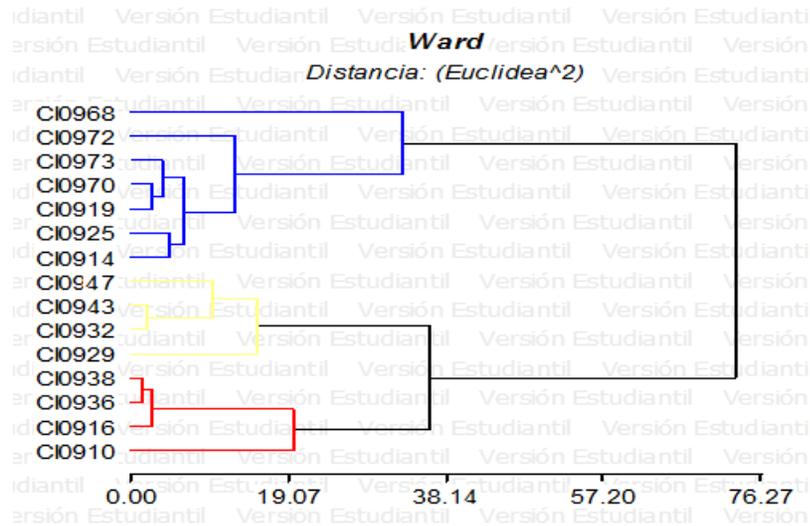


Figura 4. Dendrograma según conglomerados de los descriptores cuantitativos y accesiones.

El dendrograma establece, que el primer grupo está conformado por las accesiones CI 0938, CI 0936, CI 0916 y CI 0910, logrando las dos primeras, de acuerdo a los descriptores involucrados, mayor homogeneidad (1.55), que al relacionarse con la accesión CI 0938 y CI 0916 con una distancia de 2.42 y 2.55 respectivamente. Sin embargo, el comportamiento de la accesión CI 0910 con relación al resto del grupo representó la mayor heterogeneidad (19.71) (Figura 4).

Considerando la estadística descriptiva para los descriptores cuantitativos; y frecuencias absolutas y relativas para los descriptores cualitativos (Tabla 5 y 6) según los conglomerados, se destaca que el primer grupo incluye cuatro accesiones (CI 0938, CI 0936, CI 0916 y CI 0910) y estas sobresalen por presentar el mayor

número de tallos, la menor longitud de inflorescencia y peso de grano; para el resto de descriptores las accesiones tuvieron un comportamiento intermedio. Analizando los descriptores cualitativos se observó que las accesiones involucradas presentan buen vigor de cruzamiento, con una inflorescencia de forma semi elíptica compacta y un aspecto medio de las plantas; senescencia de hojas intermedia con presencia de cera o cutina de poco a parcialmente presente y color de la planta con predominancia no pigmentada, aunque en este grupo de accesiones, fue donde se presentó aquella accesión que manifestó pigmentación; con una jugosidad indeterminada y en el caso de las jugosas su sabor fue dulce.

En cuanto al grano se presentó un color que va de amarillo a rojo amarillento con glumas color claro y una cobertura del grano que va desde descubierto hasta el 50% de cobertura; sin embargo, la forma del grano fue individual y una gordura convexa, con un tipo de endospermo normal de color blanco y textura intermedia; en cuanto a la susceptibilidad respecto a plagas en este conglomerado hubo desde baja hasta alta susceptibilidad, sin embargo, en el caso de las enfermedades todas las accesiones de este conglomerado presentaron alta susceptibilidad al tizón foliar de la hoja, provocado por el hongo *Helminthosporium* sp. (Tabla 6).

El segundo grupo, según el dendrograma, está formado por siete accesiones CI 0970, CI 0919, CI 0973, CI 0925, CI 0914, CI 0972 y CI 0968, las cuales presentaron un mejor grado de homogeneidad en el comportamiento según los descriptores. Las accesiones CI 0970 y CI 0919 manifestaron un comportamiento más homogéneo del grupo (2.58); seguido por la relación entre CI 0970, CI 0919

y CI 0973 que fue de 2.58 y 3.79 respectivamente. Un poco más distante, se relacionaron con las accesiones CI 0973 y CI 0925, que alcanzó valoraciones de 4.88, CI 0925 y CI 0914 que fue de 4.73. Aún, cuando los valores extremos podrían omitirse del análisis, la relación entre las accesiones CI 0914 y CI 0968 es tan heterogénea que alcanzó valoraciones de 32.87 (Figura 4).

Este grupo de accesiones presentó la mayor longitud y excursión de inflorescencia, número de tallos, peso de grano intermedio; por otro lado, se manifiesta la menor altura de planta, ancho de inflorescencia, días a floración y número de granos por panoja que pudieran afectar la producción de semilla si fuera el caso. En los descriptores cualitativos, este grupo reflejó un vigor de cruzamiento entre medio y bueno; una inflorescencia compacta elíptica un aspecto de plantas medio, una senescencia intermedia y vainas de las hojas de parcial a completamente cerosa; el color de la planta en un 100% fueron no pigmentadas sin jugosidad en los tallos y de sabor insípido.

El grano presentó un color amarillento con color de gluma rojo y una cobertura desde descubierto hasta el 25% de cobertura; la forma del grano individual con una gordura convexa, con un tipo de endospermo normal de color blanco y textura intermedia; en cuanto a plagas las accesiones se comportaron de baja susceptibilidad y alta susceptibilidad para el caso del tizón foliar de la hoja (Tabla 5 y 6).

El tercer grupo según el dendograma está conformado por cuatro accesiones: CI 0932, CI 0943, CI 0947 y CI 0929. La distancia entre las primeras dos accesiones (CI 0932 y CI 0943) fue de 2.15, lo que indica un alto grado de homogeneidad; siendo la proximidad de

CI 0943 con la accesión CI 0947 una distancia de 7.22 y con la CI 0932 una distancia de 9.22. La máxima distancia corresponde a las accesiones extremas CI 0947 y CI 0929, alcanzando un valor de 16.47 (Figura 4).

Estos grupos expresaron valores más altos con respecto a los descriptores altura de planta, ancho de inflorescencia, días a floración, peso de grano y número de granos por panoja. Sin embargo, presentaron un solo tallo y la menor excursión de la inflorescencia y una longitud de inflorescencia intermedia; siendo las accesiones CI 0932, CI 0943, CI 0947 y CI 0929 quienes forman parte de dicho grupo. Cualitativamente el conglomerado presentó un vigor de planta bueno, con inflorescencia semi elíptica compacta, un aspecto medio en todas las plantas y una senescencia de las hojas intermedia; en cuanto a la cera o cutina se presentó parcialmente, con ausencia de pigmentación y una jugosidad y sabor indefinido.

En relación al grano, este presentó un color amarillo con una cubierta indefinida desde descubierto hasta el 75% de cobertura y un color de la gluma claro; en cuanto a la forma del grano fue individual con una gordura indefinida entre cóncavo y convexo; el tipo de endospermo fue normal de color blanco y una textura intermedia; las accesiones correspondientes a este grupo se comportaron con baja susceptibilidad respecto a plagas y alta susceptibilidad al *Helminthosporium sp.* (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Estadística descriptiva para descriptores cuantitativos según agrupación de accesiones de sorgo.

Conglomerado	Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	ALPA	1.40	0.16	1.30	1.64
	NTALLOS	1.80	0.23	1.55	2.00
	LONGINFLOR	17.34	1.76	15.40	19.68
	ANCHOINFLOR	4.98	0.38	4.45	5.33
	DIASFLOR	72.50	1.29	71.00	74.00
	EXCERINFLOR	11.15	1.37	9.28	12.20
	PESOGRAÑO	2.74	0.48	2.34	3.42
	NUGRAPA	1050.75	75.55	971.00	1150.00
2	ALPA	1.37	0.13	1.24	1.61
	NTALLOS	1.77	0.20	1.45	2.00
	LONGINFLOR	26.19	1.50	23.85	28.50
	ANCHOINFLOR	4.30	1.01	2.50	5.58
	DIASFLOR	69.86	3.34	63.00	73.00
	EXCERINFLOR	17.84	3.53	13.02	23.93
	PESOGRAÑO	3.00	0.23	2.73	3.33
	NUGRAPA	845.2	348.34	527.00	1641.00
3	ALPA	1.44	0.09	1.32	1.52
	NTALLOS	0.00	0.00	0.00	0.00
	LONGINFLOR	20.25	1.24	19.03	21.43
	ANCHOINFLOR	5.50	0.80	4.60	6.54
	DIASFLOR	74.00	2.16	72.00	77.00
	EXCERINFLOR	8.12	1.33	6.13	8.98
	PESOGRAÑO	3.23	0.43	2.88	3.86
	NUGRAPA	1493.50	474.99	1172.00	2200.00

Conglomerado 1 formado por las accesiones: CI 0938, CI 0936, CI 0916 y CI 0910.

Conglomerado 2 formado por las accesiones: CI0970, CI0919, CI0973, CI0925, CI0914, CI0972 y CI0968

Conglomerado 3 formado por las accesiones: CI0932, CI0943, CI0947 y CI0929

Cuadro 7. Descriptores cualitativos por categoría y por conglomerado que se relacionan con las accesiones.

Descriptor	Categoría	Conglomerado 1 y accesiones	Conglomerado 2 y accesiones	Conglomerado 3 y accesiones	Total
Vigor de cruzamiento	Media	0	4	1	5
	Bueno	4	3	3	10
Inflorescencia compacta y forma	Compacta elíptica	1	6	1	8
	Semi suelta erecta		1		1
	Semi elíptica compacta	3		3	6
Aspecto de todas las plantas	Pobre	1			1
	Medio	14	Ídem	Ídem	14
Senescencia de las hojas	Poco	1			1
	Intermedia	14	Ídem	Ídem	14
	Un poco presente	1			1
Cera o cutina vaina de las hojas	Media	1		1	2
	Parcialmente	2	3	3	8
	Completamente		4		4
Color de la planta	Pigmentada	1			1
	No pigmentada	14	Ídem	Ídem	14
Jugosidad del tallo	No jugosa	2	5	2	9
	Jugosa	2	2	2	6
Sabor del jugo del tallo	Dulce	3	2	2	7
	Insípido	1	5	2	8
Color de la gluma	Claro	3	3	3	9
	Rojo	1	4	1	6

Descriptor	Categoría	Conglomerado 1 y accesiones	Conglomerado 2 y accesiones	Conglomerado 3 y accesiones	Total
Cubierta del grano	Grano descubierto	2	1	1	4
	0.25 grano cubierto	1	4	1	6
	0.50 grano cubierto	2		1	3
	0.75 grano cubierto		1	1	2
Color del grano	Amarillo	2	6	3	11
	Rojo amarillo	2	1	1	4
Forma del grano	Individual	15	Ídem	Ídem	15
Gordura del grano	Cóncavo	1	1	2	4
	Convexo	3	6	2	11
Textura del endospermo	Intermedia	15	Ídem	Ídem	15
Color del endospermo	Blanco	15	Ídem	Ídem	15
Tipo de endospermo	Normal	15	Ídem	Ídem	15
Plagas	Baja susceptibilidad	2	6	4	12
	Media susceptibilidad	1	1		2
	Alta susceptibilidad	1			1
Enfermedades	Alta susceptibilidad	15	Ídem	Ídem	15

Conglomerado 1 formado por las accesiones: CI 0938, CI 0936, CI 0916 y CI 0910.

Conglomerado 2 formado por las accesiones: CI0970, CI0919, CI0973, CI0925, CI0914, CI0972 y CI0968

Conglomerado 3 formado por las accesiones: CI0932, CI0943, CI0947 y CI0929

Conclusiones

Con la caracterización se generó la identidad de cada una de las 15 accesiones a partir del análisis con las metodologías estandarizadas en el descriptor generado por el ICRISAT, partiendo de los atributos cualitativos y cuantitativos de cada uno de los materiales de sorgo.

Las accesiones de sorgo de la colección evaluada, mostraron diversidad en sus caracteres morfoagronómicos, determinando que existen algunas accesiones muy afines, no obstante, el análisis de conglomerado aplicado a los descriptores cuantitativos y cualitativos permitieron separar en tres grupos las 15 accesiones de sorgo, lo que indica la existencia de características diferentes entre ellas también.

En los descriptores cuantitativos, altura de la planta, peso del grano y días a floración, se encontró en la mayoría de las accesiones un comportamiento homogéneo, mientras, que con el número de tallos, longitud de floración, excersión de la inflorescencia y número de granos por panoja, mostraron un comportamiento heterogéneo demostrado por sus coeficientes de variación, principalmente en las accesiones CI 0968, CI 0910, CI 0914 y CI 0929.

Se determinó por el análisis de frecuencias que las variables cualitativas con la mayor capacidad discriminante para separar los grupos de accesiones fueron el vigor de cruzamiento, aspecto de las plantas, senescencia de la hoja, color de la planta, cera o cutina de la vaina de la hoja, color del grano, cubierta del grano, gordura del grano y plagas y enfermedades.

Recomendaciones

El uso de descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos discriminantes de este estudio, generan información necesaria para determinar la variabilidad existente en la población, se recomienda su uso para futuros trabajos en otros periodos de tiempo y en ambientes diferentes, para validar si los descriptores influyen en la respuesta de las accesiones.

Difundir los resultados de la investigación a las diferentes instituciones encargadas en la conservación de germoplasma, para identificar accesiones con alto potencial agronómico y evitar pérdida por factores edáfico-climáticos.

Las accesiones CI 0932, CI 0943, CI 0947 y CI 0929 se pueden recomendar para la producción de granos porque estas presentaron las características de mayor altura de planta, ancho de inflorescencia, peso de grano y número de granos por panoja.

De igual manera se recomiendan para producción de forraje las accesiones CI0938, CI 0936, CI 0916, CI 0910. CI 0970, CI 0919. CI 0973, CI 0925, CI 0914, CI 0972 y CI 0968 por las características de mayor número de tallos, longitud y excersión de la inflorescencia.

Bibliografía

Compton, LP 1990. Agronomía del Sorgo. San Andrés. CENTA. El Salvador. 97-104 p.

Clará, R. 2008. Generan nuevas variedades de sorgo para grano y forraje tipo "bmr" INTSORMIL-CENTA San Andrés, La libertad, El Salvador. 7 p.

Clará, R.; Bill, W; Rooney, L. 2009. Control Genético del Color del

- Grano de Sorgo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). L Libertad El Salvador.
- Clara, R; Zeledón, HS. 2010. Protocolo para Incorporación de genes bmr (vena central café) y B1b1-B2b2 (taninos) a variedades comerciales de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), CENTA, San Andrés, La libertad, El Salvador. 9 p.
- Clará, R. 2011. Sorgo CENTA S-2 bmr, Nueva variedad forrajera. CENTA, San Andrés, La libertad, El Salvador. 7 p.
- DGEA (Dirección General de Economía Agropecuaria, sv). 2012-2013. Anuario de estadísticas agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Santa Tecla, El Salvador. 989p
- FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas) 1996. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos: Plan de acción mundial e informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. IT. 10p.
- Gutiérrez, ND. 2004. Caracterización del fotoperiodismo y agromorfología de 14 variedades de sorgo millón (*Sorghum bicolor* [L] Moench.) en tres épocas de siembra en CNIA. Tesis Ing. Agrónomo Generalista. Managua, Nicaragua. 68p.
- Harding, K. 1996. Approaches to assess the genetic stability of plant genetic recovered from in vitro culture. In: In vitro Conservation of Plant Genetic Resources. M. Normah; M. Narimah y M. Clyde (Eds.) 135-168 pp.
- House, LR 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd edn: ICRISAT, India IBPGR. 1981. Oat descriptors. International Board for plant Genetic Resources, Roma 150 p.
- IBPGR (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos) 1981. Oat descriptors. International Board for plant Genetic Resources, Roma 150 p.
- ICRISAT (Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas) 1984. Revised sorghum descriptors. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. AGPG: IBPGR/84/142
- López, JF.; Fernández, H.; Lozada, C. López, J.F, 2008. Analisis factorial con componentes principales para interpretación de imágenes satelitales 2008. Analisis factorial con componentes principales para interpretación de imágenes satelitales "Landsat tm 7". Scientia et technica, Universidad Tecnologica de Pereira (15):38, 241-246 p.
- Morales, AJ. 2011. Caracterización de materiales criollos de sorgo. CENTA, San Andrés, La libertad, El Salvador. 16 p. Sin publicar.
- Zapata M.; Orozco, H. 1991. Evaluación diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común. Tesis de Ing. Agron. UNA. Managua, Nicaragua. 72 p.