

Caracterización morfológica y relación fenética de germoplasma mejorado de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.)

Ana V. Corona, Nuraimat Viera y Hernán Laurentin*

Departamento de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía, Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. Cabudare, estado Lara, Venezuela

RESUMEN

La conservación y uso de germoplasma requiere del conocimiento detallado de las introducciones que lo integran. El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo de importancia económica y social en Venezuela, que ha acumulado una cantidad apreciable de germoplasma genéticamente mejorado que debe ser caracterizado. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente 10 materiales élite de ajonjolí y establecer la relación fenética entre ellos, basado en 46 características del descriptor del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos y la Oficina Nacional de Recursos Fitogenéticos de India. Se establecieron dos ensayos de campo sembrados con un diseño estadístico de bloques al azar, uno en Turén, estado Portuguesa y otro en Tarabana, estado Lara, Venezuela. De las 46 variables estudiadas, 35 mostraron al menos algún grado de variación. Ocho de estas variables siguieron una distribución normal, lográndose establecer con análisis de varianza que en siete de ellas hubo diferencias significativas entre genotipos. Las 27 variables restantes se analizaron con la prueba de Kruskal y Wallis y mostraron diferencias entre genotipos. Para determinar las relaciones fenéticas entre los genotipos, basadas en los caracteres evaluados, se hizo un análisis de componentes principales, identificándose al número de nudos en el tallo principal hasta la primera flor, el número de flores por axila y el color de las cápsulas secas como las variables más discriminantes. Esta ordenación permitió identificar cuatro grupos de genotipos de ajonjolí, lo cual sería de utilidad en programas de mejoramiento genético que utilicen el germoplasma evaluado como padres de poblaciones segregantes.

Palabras clave: componentes principales, recursos fitogenéticos, análisis multivariado, germoplasma mejorado

Morphological characterization and phenetic relationship of improved sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm

ABSTRACT

Germplasm conservation and use require of a deep knowledge of accessions of a particular crop. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an important economic and social crop in Venezuela, that have accumulated a large amount of improved genetic germplasm and must be characterized. The objective of this research was to characterize 10 elite sesame lines and to establish the phenetic relationship among them, based on 47 morphological traits proposed by the International Plant Genetic Resources Institute and the National Bureau of Plant Genetic Resources of India. Field assays were established in Turén, Portuguesa state, and Tarabana, Lara state, Venezuela, in a random blocks statistical design. Thirty five traits showed variation. Variance analysis identified significant differences among genotypes in eight variables. Remaining 27 variables also displayed differences, which were analyzed by Kruskal and Wallis test. Phenetic relationship among phenotypes was established based on the main characteristic evaluated, identifying number of nodes to the first flower, number of flowers per leaf axil, and color of dry capsules as the most discriminant variables. Based on this ordination of sesame genotypes, four groups were defined, which is valuable information in sesame breeding programs that use this germplasm to obtain segregant populations.

Key words: principal components, plant genetic resources, multivariate analysis, breed germplasm.

*Autor de correspondencia: Hernán Laurentin

E-mail: hlaurentin@ucla.edu.ve

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo oleaginoso cuyo centro de origen aún no se define completamente, pero se debate entre India y Etiopía. Es cultivado en regiones tropicales y subtropicales (Ashri, 1998), en poco más de siete millones de hectáreas para producir unos cuatro millones de toneladas anuales (FAO, 2013). La demanda de semilla de ajonjolí aumentó cada año debido al interés comercial e industrial por el alto contenido de aceite. Actualmente, Myanmar, India y China son los principales productores del mundo seguidos por Sudán, Uganda, Etiopía y Nigeria. En América los mayores productores son Paraguay, Guatemala, México y Venezuela (FAO, 2013).

En Venezuela la superficie utilizada para la siembra es de alrededor 60 000 ha anuales en promedio durante los últimos 10 años, produciendo 17 000 t anuales (Fedeaagro, 2013). La comercialización del ajonjolí venezolano para la exportación alcanza el 90% de la producción nacional (García, 2010). En este sentido, la Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado inició un programa de mejoramiento genético con el objetivo de lograr cultivares con el atributo para la exportación como granos de colores claros, llamados grano blanco (Montilla y Terán, 1996). Como producto de estos programas, se han derivado una serie de materiales élite que han sido evaluados agrónomicamente (Laurentin *et al.*, 2004); sin embargo, no tienen una detallada descripción morfológica. Adicionalmente, la Universidad Central de Venezuela mantenía un programa de selección recurrente con el objetivo de lograr cultivares de alto rendimiento, del cual se derivaron algunos materiales que tampoco han sido morfológicamente descritos. El Servicio Nacional de Semillas, adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, es el organismo responsable en Venezuela de la liberación de nuevos cultivares (Laurentin, 2011), y una de las condiciones exigidas es justamente la descripción detallada morfológica de los nuevos materiales, siendo esta también una de las etapas requeridas en todo programa de conservación y uso de germoplasma (Laurentin, 2009). Debido a la creciente demanda de caracterización de germoplasma, y con la finalidad de estandarizarlas dentro de especies vegetales, Biodiversity Institute, antes Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), ha publicado desde el año 1979 los descriptores para más de 80 especies (Hazeckamp, 2001), publicándose el de ajonjolí en el año 2004, en conjunto con la Oficina Nacional de Recursos Fitogenéticos de India (IPGRI y NBPGR, 2004). Estos descriptores son el listado de una serie de caracteres que *a priori* se conoce que tienen variabilidad dentro de las especies. La mayoría de los caracteres utilizados son cualitativos, de fácil medición, para evitar

la complicación que tiene la influencia ambiental sobre caracteres cuantitativos (Mazzani *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológicamente 10 materiales élite de ajonjolí y establecer la relación fenética entre ellos, basado en 47 características del descriptor del IPGRI y NBPGR.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La caracterización se hizo sobre los cultivares de ajonjolí UCLA 1 (Montilla y Terán, 1996), Fonucla (Montilla y Cedeño, 1991) y las líneas mejoradas UCV 3 (selección individual del cultivar Arawaca, datos no publicados), 43x32 (Laurentin *et al.*, 2000), UCLA 37, UCLA 65, UCLA 83, UCLA 90, UCLA 249 y UCLA 295 (Laurentin *et al.*, 2004).

Establecimiento del ensayo

Fueron establecidos dos ensayos; uno en una parcela de un productor independiente en Chorrerones (Turén), estado Portuguesa, en diciembre 2008 y otro en la Estación Experimental Miguel Luna Lugo, del núcleo Héctor Ochoa de la Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado en Tarabana, en agosto 2009. Chorrerones es una localidad ubicada a 110 msnm con suelos de pH neutro y textura franco-arcillo-limoso; la precipitación total presentada durante el ciclo del cultivo fue de 200 mm. Tarabana está ubicada a 510 msnm con suelos franco arenosos y pH ligeramente alcalino; la precipitación total registrada durante el ensayo fue de 400 mm.

Ambos ensayos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con 10 tratamientos representados por los genotipos de ajonjolí y tres repeticiones. La unidad experimental de los ensayos estuvo conformada por cinco hileras, cada una con 4 m de longitud. La siembra se realizó con una sembradora manual de disco vertical (EarthWay, EUA), lográndose una población de aproximadamente 15 plantas por metro lineal. El manejo agronómico de los ensayos fue el mismo que dan muchos productores de este cultivo: sin fertilización y con un control manual de malezas. Luego de la emergencia de la plantas, desde la primera semana se tomaron aleatoriamente cinco plantas de las tres hileras centrales de cada una de las unidades experimentales, para determinar sobre ellas las variables señaladas en el Cuadro 1.

Procedimiento para la caracterización de cultivares de ajonjolí

Se escogieron 46 variables del descriptor para ajonjolí (IPGRI y NBPGR, 2004): 1 de la raíz, 7 del

Cuadro 1. Variables tomadas del descriptor del IPGRI para caracterizar 10 genotipos de ajonjolí

Variable	Categorías
Sistema radical (SR)	1. Fibrosa poco profunda 2. Delgada pivotante profunda
Hábito de crecimiento de la planta	1. Prostrado 2. Semi-erecto 3. Erecto
Patrón de ramas sobre el tallo (PRT)	1. Opuesta 2. Alterna 3. Ternada 4. Mezclada. 5. Sin ramas
Color del tallo principal (CTP)	1. Verde 2. Amarillo 3. Verde púrpura 4. Púrpura
Forma del tallo en sección transversal	1. Redondo 2. Cuadrado
Vellosidad del tallo (VT)	0. Glabro 1. Escasa 2. Mediana 3. Abundante
Altura de la planta (AP)	Medida (cm) desde su base hasta el ápice
Altura desde la base hasta la primera rama (ABPR)	Medida (cm)
Color de las hojas (CH)	1. Verde 2. Verde amarillento 3. Verde con azul-gris 4. Verde con morado
Vellosidad en base de hojas (VBH)	0. Glabra 1. Escasa 2. Media 3. Abundante
Incisión del lóbulo de la hoja basal	0. Ausente 1. Débil 2. Mediano 3. Fuerte (tres o más lóbulos)
Posición de hojas con respecto al tallo principal (PH)	1. Opuestas 2. Alternas 3. Organizadas o divididas de tres en tres. 4. Mixtas
Tipo de hoja (TH)	1. Simple 2. Compuesta 3. Simple y compuesta 4. Entrantes medios (simple con hendiduras en la lámina).
Margen de la hoja (MH)	1. Liso o entero 2. Aserrado 3. Dentado
Color del peciolo (CP)	1. Verde 2. Púrpura 3. Púrpura/verdoso 4. Otra.
Pubescencia del peciolo (PP)	0. Glabros 1. Débil o escasa 2. Media
Forma de los tricomas del peciolo (FTP)	1. Cortos y rectos 2. Medios y rectos 3. Largos y curvados 4. Escasos
Glándulas en las hojas	0. Ausente 1. Presente
Floración a 50 días de emergencia (F50)	0. Sin floración 1. Inicio de floración 2. Incompleta 3. Completa
Número de flores por axila (NFA)	1. Una 2. Más de una
Número de nudos (NNTP)	Número de nudos en el tallo principal desde el suelo hasta primera flor
Pubescencia de la corola (PCo)	0. Glabra 1. Débil 2. Media 4. Fuerte
Color exterior de la corola (CECo)	1. Blanco 2. Blanco con sombreado rosado 3. Violeta claro 4. Violeta oscuro 5. Púrpura 6. Rojo 7. Granate
Pigmentación de la parte interna de la corola (PICO)	1. Ausente 2. Todo pigmentado 3. Color rosa sombreado en el labio inferior 4. Pigmentaciones en la región por encima de la foveola 5. Pigmentaciones en la región por debajo de la foveola 6. Otra
Color del labio inferior	0. Incoloro 1. Coloreado
Ausencia/presencia de foveola	0. Ausente 1. Presente
Color del filamento de anteras	1. Blanco 2. Blanco con puntas violeta
Longitud del estilo	1. Corto (termina por debajo de la posición de las anteras) 2. Medio (termina al mismo nivel de las anteras) 3. Largo (termina por encima del nivel de las anteras)
Color de la base del pistilo (CBP)	0. Ausente 1. Púrpura 2. Otro
Pubescencia del cáliz (PC)	1. Glabros 2. Débil o escasa 3. Media
Color de la punta del cáliz (CPC)	1. Verde 2. Púrpura
Presencia de nectarios (PN)	0. Presentes 1. Ausentes
Grado de desarrollo de los nectarios (DN)	1. Rudimentario 2. Pequeño 3. Mediano
Color de nectarios (CN)	1. Amarillo claro 2. Amarillo 3. Púrpura
Arreglo de las cápsulas por nudo (ACN)	1. Monocapsular 2. Multicapsular
Longitud de las cápsulas (LC)	Medida (mm) sobre 10 cápsulas del segundo tercio de la planta
Ancho de las cápsulas (AC)	Medida (mm) sobre 10 cápsulas del segundo tercio de la planta
Número de carpelos por cápsula	Medido sobre 10 cápsulas por planta 1. Bicarpelar 2. Tetracarpelar
Número de lóculos por cápsula	Medido sobre 10 cápsulas por planta 1. Cuatro 2. Seis 3. Ocho 4. Mixtos
Número de cápsulas por planta (NCP)	Cuantificación del número de cápsulas totales en planta
Color de la cápsula seca (CCS)	1. Verde 2. Marrón pajizo/Amarillo 3. Marrón/tostado 4. Púrpura
Forma de la cápsula (FC)	1. Cónica en el ápice 2. Oblonga estrecha 3. Oblonga amplia 4. Cuadrada
Vellosidad en cápsulas (VC)	0. Glabra 1. Escasa 2. Mediana 3. Abundante
Antocianinas en cápsula (AC)	0. Ausente 1. Presente
Color de la semilla (CS)	1. Blanco 2. Blanco/crema 3. Crema/Blanco 4. Marrón claro 5. Marrón oscuro 6. Negro
Peso de mil semillas (PMS)	Peso (g) de mil semillas tomadas al azar

tallos, 10 de las hojas, 16 de la flor, 10 del fruto y 2 de la semilla (Cuadro 1). Para las variables categóricas, se asignó a cada planta evaluada alguno de los códigos predeterminados para cada categoría, obteniéndose cinco valores por cada unidad experimental. Para las variables cuantitativas se hizo la determinación en cada una de las plantas, obteniéndose igualmente cinco valores por unidad experimental. Para el peso de mil semillas se usó solo un valor por unidad experimental, logrando su determinación mediante el pesaje de un lote de mil semillas escogidas al azar de lo cosechado en la unidad experimental.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue factorial, siendo los factores los genotipos de ajonjolí y las localidades. El análisis estadístico utilizado fue dependiente del tipo de variable. En las variables cualitativas no ordinales y/o con menos de cuatro posibles categorías, se determinó la mediana y la frecuencia de cada categoría, usando por tanto los valores para cada una de las 15 plantas evaluadas en cada localidad. Adicionalmente se realizó la prueba no paramétrica de rangos múltiples de Kruskal y Wallis, teniendo como datos de entrada los promedios de cada unidad experimental de los dos ensayos. Para las variables cuantitativas y aquellas cualitativas ordinales con más de cuatro categorías, se comprobaron los supuestos del análisis de varianza; en todas aquellas que cumplieron con estos supuestos se realizó un análisis de varianza teniendo como fuente de variación los genotipos de ajonjolí, las localidades y la interacción genotipo x localidad. Las variables sometidas a análisis de varianza y donde se presentaron diferencias significativas, se realizó la prueba de medias de Tukey ($P < 0,05$). Las variables cuantitativas que no cumplieron los supuestos del análisis de varianza, también fueron analizadas mediante la prueba de Kruskal y Wallis. Todos estos análisis fueron realizados con el programa estadístico Statistix for Windows v. 8.0 (Analytical Software, 2008).

Para establecer las relaciones entre los genotipos, basado en la diversidad que éstos presentan respecto a las variables evaluadas, se hizo un análisis de ordenación, el cual se logró construyendo una matriz de datos con valores promedio para cada genotipo en cada una de las variables que resultó con alguna variación. Esta matriz fue estandarizada restándole a cada valor el promedio de las variables y dividiéndole entre su desviación estándar, y con ella se procedió a obtener una matriz de correlación entre variables. Con la matriz resultante se obtuvieron los autovalores y los autovectores, los cuales fueron proyectados en un espacio multidimensional para conocer gráficamente las relaciones entre genotipos. La matriz de autovectores permitió conocer las variables

más discriminantes en cada eje, según el aporte que estas hicieron a su formación. Los procedimientos de estadística multivariada se realizaron con el programa estadístico NTSYSpc v. 2.11 (Exeter Software, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 46 caracteres evaluados, en 11 no se detectó ningún tipo de variación. En todas las plantas evaluadas, 30 de cada genotipo, el hábito de crecimiento fue erecto, la sección transversal del tallo fue cuadrada, las hojas basales no presentaron incisión en su lóbulo, no se registró presencia de glándulas en las hojas, los nectarios fueron pequeños, las flores presentaron foveola y un labio inferior coloreado, con filamentos de las anteras blancos y una longitud media del estilo (terminando al mismo nivel de las anteras), con frutos bicarpelares y tetraloculares. Para las variables mencionadas no serán posibles cambios en las progenies procedentes de los cruces entre estos genotipos, y solo pudieran tener interés agronómico las relacionadas con el número de carpelos y número de lóculos en el fruto. En caso de tomar esta variable como criterio de selección y querer cambiar el número de carpelos y lóculos en el fruto, esto no se podría lograr partiendo de una población en la que los 10 genotipos en consideración fuesen los padres.

De los 35 caracteres que presentaron variación, ocho siguieron una distribución normal. La variabilidad existente entre estos 10 genotipos se visualiza en el Cuadro 2, donde se observan coeficientes de variación similares para cada variable entre las dos localidades. La altura del tallo hasta la primera rama y el número de cápsulas por planta son los caracteres que presentaron una mayor variación, por lo que se consideran variables con potencial para mejorarlas genéticamente. El análisis de varianza de los factores estudiados indicó que la interacción genotipo x localidad fue significativa ($P < 0,05$) solamente en la variable altura de planta, y el factor genotipo fue altamente significativo ($P < 0,01$) para vellosidad del tallo y de la cápsula, altura de planta desde la base hasta la primera rama, número de nudos a las primeras flores, longitud de cápsula y número de cápsulas por planta. El factor Localidad fue significativo para número de nudos a las primeras flores, número de cápsulas por planta y vellosidad de la cápsula. La falta de interacción de siete de las variables estudiadas indican que funcionan como marcadores de los cultivares, pues aún cuando tres de ellas presentaron diferencias entre localidades (número de nudos en el tallo desde la base a las primeras flores, número de cápsulas por planta, pubescencia de las cápsulas), este factor no fue diferencial, mantuvo la tendencia y el orden establecido entre genotipos para cada variable al comparar ambas localidades. Solo altura de planta no mostró este

Cuadro 2. Estadística descriptiva para las variables que presentaron distribución normal evaluada sobre 10 genotipos de ajonjolí.

Variable†	Tarabana					Turén				
	Media	DE‡	CV	Min.	Max.	Media	DE	CV	Min.	Max.
VT	4,75	1,04	21,9	2,50	6,50	4,77	1,11	23,2	2,50	6,50
ABPR	29,6	9,08	30,7	10,0	54,0	31,3	12,4	39,7	4,00	90,0
AP	86,5	12,5	14,5	59,0	119	99,5	16,3	16,4	72,0	142
NNTP	4,56	0,74	17,2	3,0	7,0	4,77	0,85	17,8	3,00	6,00
LC	27,5	2,59	9,40	19,0	33,0	27,9	2,49	8,94	28,0	36,0
NCP	35,6	10,9	30,8	19,67	71,0	39,5	14,7	37,1	19,7	71,0
VC	5,38	0,99	18,3	3,00	7,0	5,10	0,98	19,3	3,00	7,00
PMS	2,33	0,44	18,7	1,88	3,20	2,30	0,35	15,2	1,88	3,20

† Abreviaciones descritas en el Cuadro 1.

‡ DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, Min: Mínimo, Max: Máximo

comportamiento, lo cual ha sido previamente reportado para ajonjolí por Laurentin *et al.* (2004) y Laurentin (2009); esto se explica por el comportamiento diferente de los genotipos al ser cultivados ambientes distintos.

Las variables cualitativas y aquellas cuantitativas que no presentaron distribución normal fueron veintisiete (Cuadro 3). La prueba de Kruskal y Wallis efectuada sobre estas variables resultó en diferencias significativas ($P < 0,05$) entre genotipos para todas ellas. Las medianas en cada una de estas variables fueron iguales para ambas localidades a excepción del sistema radical, el color de las hojas y el color de las cápsulas secas, por lo cual se considera que 24 de estos 27 caracteres tienen una influencia ambiental muy baja, y pueden servir de marcadores en los genotipos de ajonjolí evaluados. El sistema radical, el color de las hojas y el color de las cápsulas secas varían de acuerdo a las condiciones ambientales en que se desarrolle la planta. Al considerarse sólo aquellas variables donde se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos, se encontró diversidad entre genotipos en 34 de ellas; es decir, en esta muestra de germoplasma existe una comprobada variabilidad en el 72% de las variables evaluadas. De estas, 30 variables resultaron similares en ambas localidades.

Las relaciones fenéticas que se establecen entre los 10 genotipos son mostradas en la Figura 1. Al considerar tres dimensiones se logró explicar un 63% de la variación que se encontró entre genotipos y variables, discriminándose en 43% para el primer eje, 11% para el segundo eje y 9% para el tercer eje. El Cuadro 4 muestra los autovectores generados en este análisis, donde se logra visualizar la influencia que tuvo cada variable sobre cada uno de los tres ejes considerados. El primer eje estuvo mayoritariamente influenciado por el número de nudos en el tallo principal desde el suelo hasta la primera flor, el número de flores por axila y

color de las cápsulas secas; es decir, mientras exista una mayor distancia entre los genotipos sobre el espacio tridimensional, al tomar como referencia el primer eje, éstos serán más contrastantes para dichas variables. En el segundo, las variables más discriminantes fueron el margen de las hojas, los tricomas del pecíolo y el peso de 1 000 semillas. Para el tercer eje la variable que tuvo un mayor aporte a la variabilidad fue la longitud de la cápsula.

La distribución de los 10 genotipos en el espacio tridimensional logrado (Figura 1) permite establecer cuatro grupos de genotipos, el primero integrado por UCLA 65, FONUCLA, 43x32 y UCV 3, el segundo integrado solo por UCLA 83, el tercero integrado por UCLA 249, UCLA 37 y UCLA 295 y el cuarto integrado por UCLA 1 y UCLA 90. Conociendo este agrupamiento y conociendo las variables más discriminantes para cada eje, se puede señalar que el primer y segundo grupo se diferencian del tercero y del cuarto fundamentalmente por el primer eje; es decir, por las variables número de nudos en el tallo principal desde el suelo hasta la primera flor, el número de flores por axila y color de las cápsulas secas. El genotipo UCLA 83 se diferencia del resto en el segundo eje; es decir, por margen de las hojas, forma de los tricomas del pecíolo y el peso de 1 000 semillas y el tercer y cuarto grupo se diferencian en el tercer eje, fundamentalmente por longitud de la cápsula. Estas diferenciaciones permiten describir cada grupo de la siguiente manera:

Primer grupo (UCLA 65, FONUCLA, 43x32 y UCV 3): La mayoría de sus hojas tienen un margen dentado, con tricomas del pecíolo predominantemente cortos y rectos. Presentan entre 5 y 6 nudos en el tallo principal desde su base hasta la primera flor, disponiéndose las flores en número de 1 a 3 por axila. Sus cápsulas tienen una longitud que está en un rango entre 27 y 30 mm y al momento de la cosecha tienen un

Cuadro 3. Mediana (Med) y distribución de frecuencias para las variables cualitativas no ordinales medidas sobre 10 genotipos de ajonjolí en dos localidades

Variable†	Tarabana				Turén				
	Med	Frecuencia			Med	Frecuencia			
PN	1	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>13</u>	1	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>11</u>	
CBP	0	13	2		0	13	2		
AC	1	5	10		1	5	10		
SR	2	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>14</u>	1	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	
NFA	1	12	3		1	13	2		
CPC	1	12	3		1	13	2		
ACN	1	13	2		1	12	3		
PP	1	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	1	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	
MH	3	1	2	11	3	1	2	8	
CN	2	4	11	0	2	3	12	0	
PC	2	3	12	0	2	3	12	0	
AC	6	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	6	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	
VBH	0	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	1	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	
F50	2	14	0	0	2	14	0	0	
CTP	1	1	5	3	6	2	2	4	7
CH	3	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	4	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
PH	2	13	1	1	0	1	13	1	0
CP	4	3	2	3	7	4	1	1	5
FTP	2	1	13	1	0	2	1	12	2
TH	3	2	0	10	4	3	6	0	6
FC	3	2	0	10	4	3	6	0	6
CCS	2	3	9	1	2	2	1	11	1
PCo	4	2	0	10	4	3	6	0	6
PRT	1	3	2	9	1	3	2	9	1
PICo	3	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	4	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>4</u>
CS	2	0	1	6	8	4	0	0	5
CECo	2	0	1	6	8	4	0	0	5
PRT	1	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
PICo	3	13	0	0	0	2	1	12	0
CS	2	1	8	2	2	2	0	0	0
CECo	2	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
CECo	2	3	6	3	1	0	1	1	2
CECo	2	2	6	5	0	0	1	1	2

† Abreviaciones descritas en el Cuadro 1.

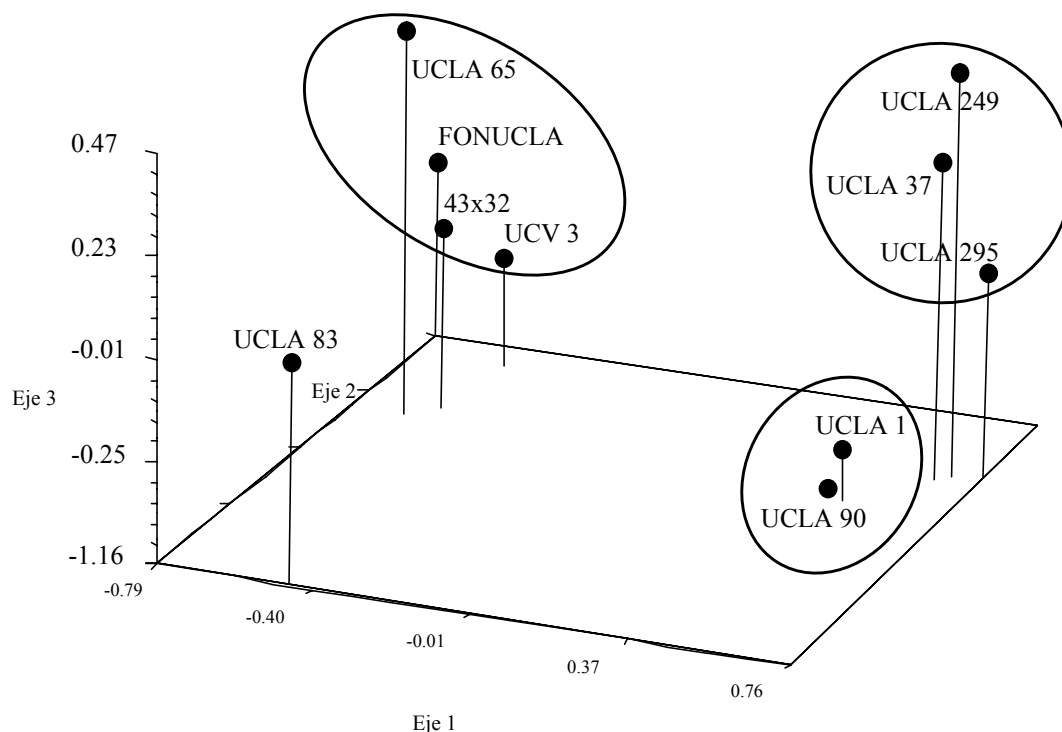


Figura 1. Ordenación en un espacio tridimensional de 10 genotipos de ajonjolí basados en el análisis de componentes principales sobre 37 variables morfológicas

Cuadro 4. Autovectores de las variables más importantes en los tres primeros ejes obtenidos mediante el análisis de componentes principales.

Variable†	Eje 1	Eje 2	Eje3
CTP	-0,05	0,06	0,54
VT	-0,90	0,07	0,35
ABPR	0,77	0,37	0,22
CH	-0,81	-0,25	-0,44
PH	-0,82	-0,39	-0,27
MH	0,08	0,92	-0,16
CP	0,90	0,33	-0,05
FTP	-0,28	-0,82	0,34
F50	0,87	0,11	-0,33
NFA	-0,95	0,26	0,07
NNTP	-0,96	-0,08	0,19
CECo	0,87	0,26	-0,10
PICo	0,89	-0,16	-0,34
PC	0,77	-0,42	0,27
PN	0,83	-0,07	-0,22
DN	0,91	-0,34	-0,11
CN	0,85	-0,47	-0,06
ACN	-0,78	-0,55	0,16
LC	0,32	0,57	0,61
CCS	-0,93	0,10	0,10
VC	0,91	-0,00	0,19
PMS	0,00	0,82	0,27

† Abreviaciones descritas en el Cuadro 1.

color marrón pajizo. El peso de mil semillas se encuentra alrededor de $2,40 \pm 0,38$ g. En relación con las variables que no resultaron las más discriminantes, pero que permiten diferenciar estos cinco genotipos, el genotipo UCV 3 se diferenció del resto por presentar la floración casi completa a los 50 días de emergencia, mientras que UCLA 65, FONUCLA y 43x32 estaban iniciando la floración en ese momento. Además, UCV 3 tiene granos color marrón. FONUCLA tiene un pecíolo verdoso, a diferencia de UCLA 65 y 43x32 que lo tienen púrpura. El patrón de ramificación de 43x32 es opuesto, mientras que el de UCLA 65 es alterno.

Segundo grupo (UCLA 83): La mayoría de sus hojas tienen margen liso, con pecíolos presentando tricomas largos y curvados. Presenta entre 5 y 6 nudos en el tallo principal desde su base hasta la primera flor, disponiéndose las flores en número de 1 a 3 por axila. Sus cápsulas tienen una longitud de alrededor 26 mm, y al momento de la cosecha son de un color marrón pajizo. Mil semillas de este material pesan $2,01 \pm 0,35$ g.

Tercer grupo (UCLA 249, UCLA 37, UCLA 295): Tienen hojas con borde dentado, con tricomas del pecíolo predominantemente cortos y rectos. Presentan entre 3 y 4 nudos en el tallo principal desde su base hasta la primera flor, con solo una flor por axila. Sus cápsulas tienen una longitud que oscila entre 27 y 30 mm, y al

momento de la cosecha pueden ser verdes o marrón pajizo (en una misma planta). El peso de mil semillas oscila entre 2,32 y 2,52 g. En relación con las variables que no resultaron las más discriminantes, pero que permiten diferenciar estos cinco genotipos entre ellos, la base del pistilo en UCLA 249 presenta una coloración púrpura, mientras que en UCLA 37 y UCLA 295 no hay ninguna coloración. La diferenciación de UCLA 295 del resto del grupo consiste en ser el único genotipo que presentó pubescencia en las hojas.

Cuarto grupo (UCLA 1 y UCLA 90): Tienen hojas tienen con margen dentado, con tricomas del pecíolo predominantemente cortos y rectos. Presentan entre 3 y 4 nudos en el tallo principal desde su base hasta la primera flor, con una flor por axila. Sus cápsulas tienen una longitud de alrededor 27 mm, y al momento de la cosecha pueden ser verdes o marrón pajizo (en una misma planta). El peso de mil semillas está alrededor de $2,30 \pm 0,44$ g. La diferenciación entre UCLA 1 y UCLA 90 se establece por el número de cápsulas, el genotipo UCLA 90 produce un promedio de 48, mientras que el genotipo UCLA 1 produce un promedio de 32. La ordenación de estos genotipos tiende a aproximarse a la observada por Laurentin *et al.* (2004) al evaluar los mismos genotipos, a excepción de 43x32 y UCV 3, mediante componentes de rendimiento. Estos autores agruparon a UCLA 37, UCLA 295 y UCLA 1, los cuales estuvieron muy relacionados con UCLA 249 y UCLA 90 (son los mismos elementos de los grupos tres y cuatro logrados en el presente trabajo). Se formó otro grupo con FONUCLA junto a UCLA 83 y UCLA 65 fue el que más se distinguió del resto. Las relaciones fenéticas logradas para estos genotipos tienen una pequeña coincidencia con las relaciones logradas con el uso de marcadores moleculares. Salazar *et al.* (2006), al utilizar RAPD, ubicaron a UCLA 90, UCLA 1 y UCLA 249 dentro de un mismo grupo, lo cual coincide parcialmente con los resultados del presente trabajo; de forma similar FONUCLA y UCLA 65 también son colocados en un mismo grupo. Laurentin y Karlovsky (2007) al emplear AFLP identificaron en un mismo grupo a FONUCLA, UCLA 65 y UCV 3, mientras que en otro grupo ubicaron a UCLA 1 y UCLA 90. La falta de coincidencia absoluta entre las caracterizaciones morfológicas y moleculares puede deberse a que en el caso de RAPD y AFLP se están utilizando regiones del genoma que probablemente no son utilizadas en la expresión de características fenotípicas (Ovesná *et al.*, 2002).

Por otra parte, Mazzani *et al.* (2007) al caracterizar morfológicamente el banco de germoplasma de ajonjolí del Centro Nacional de Investigaciones

Agropecuarias (CENIAP) identificaron a las variables pubescencia de tallos y cápsulas, color a madurez, ciclo, ramificación, número de flores y cápsulas por axila y desarrollo de nectarios como las más discriminantes. De forma similar, el presente trabajo identificó a las características pubescencia de tallo y el número de flores por axila entre las variables más discriminantes entre los 10 genotipos evaluados.

CONCLUSIONES

De 46 características evaluadas con el descriptor del IPGRI y NBPGR para caracterizar ajonjolí, 36 de ellas identificaron niveles de variación y permitieron diferenciar morfológicamente cada uno de los 10 genotipos evaluados. Los atributos morfológicos que presentaron mayor variación fueron el número de nudos en el tallo principal desde el suelo hasta la primera flor, el número de flores por axila y el color de las cápsulas secas. Estas variables, junto al margen de la hoja, la forma de tricomas en el pecíolo, el peso de mil semillas y la longitud de la cápsula, fueron las más discriminantes al momento de establecer las relaciones fenéticas entre los genotipos de ajonjolí, resultando en la formación de cuatro grupos: el primero conformado por UCLA 65, FONUCLA, 43x32 y UCV 3, el segundo conformado por UCLA 83, el tercero por UCLA 249, UCLA 37 y UCLA 295, y el cuarto conformado por UCLA 1 y UCLA 90. La determinación de estas relaciones fenéticas permite entender la variabilidad morfológica existente en esta colección, ayudando a la toma de decisiones en el momento de eventuales cruzamientos para el logro de poblaciones segregantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Analytical Software. 2008. Statistix for Windows. Analytical Software, Tallahassee. EUA.
- Ashri, A. 1998. Sesame breeding. *Plant Breed. Rev.* 16: 179-228.
- Exeter Software. 1995. NTSYSpc. Exeter Software. Setauket, EUA.
- FAO. 2013. Estadísticas de producción. FAO, Roma, Italia. Disponible en <http://faostat.fao.org>. [Consultado: 29 enero 2013].
- Fedeagro. 2013. Indicadores de la producción por grupos de cultivo. Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios. Caracas, Venezuela. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/produccion> [Consultado: 29 enero 2012].

- García, A. 2010. Análisis de la comercialización del ajonjolí en Venezuela. Trabajo de grado. Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela. 72 p.
- Hazekamp, T. 2001. The potential role of passport data in the conservation and use of plant genetic resources. In Engel, J.; V. Ramanatha; A. Brown; M. Jackson (Eds.) *Managing Plant Genetic Diversity*. CABI Publishing, Nueva York, EUA. pp. 185-194.
- IPGRI; NBPGR. 2004. Descriptors for sesame (*Sesamum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia y National Bureau of Plant Genetic Resources, Nueva Delhi, India.
- Laurentin, H.; A. Layrisse; P. Quijada. 2000. Evaluación de dos ciclos de selección recurrente para altos rendimientos de semilla en una población de ajonjolí. *Agronomía Trop.* 50: 521-535.
- Laurentín, H.; D. Montilla; V. García. 2004. Relación entre el rendimiento de ocho genotipos de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y sus componentes. Comparación de metodologías. *Bioagro* 16: 153-162.
- Laurentín H.; P. Karlovsky. 2007. AFLP fingerprinting of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars: identification, genetic relationship and comparison of AFLP informativeness parameters. *Gen. Res. Crop Evol.* 54: 1437-1446.
- Laurentin, H. 2009. Data analysis for molecular characterization of plant genetic resources. *Gen. Res. Crop Evol.* 56: 277-292.
- Laurentin, H. 2011. *Genética Agrícola*. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. 233 p.
- Mazzani, E.; C. Marín; J. Romero. 2007. Clasificación del banco de germoplasma de ajonjolí de Venezuela basada en escalas cualitativas. *Agronomía Trop.* 57: 15-24.
- Montilla, D.; T. Cedeño. 1991. Fonucla una nueva variedad de ajonjolí. *Bioagro* 3: 52-55.
- Montilla, D.; H. Terán. 1996. UCLA1, una nueva variedad de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Bioagro* 8: 26-29.
- Ovesná, J.; K. Poláková; L. Leisová. 2002. DNA analyses and their applications in plant breeding. *Czech J. Gen. Plant Breed.* 38: 29-40.
- Salazar, B.; H. Laurentin; M. Dávila; M. Castillo. 2006. Reliability of the RAPD technique for germplasm analysis of sesame (*Sesamum indicum* L.) from Venezuela. *Interciencia* 31: 456-460.