

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Noé Alarcón Cruz¹; Juan Porfirio Legaria Solano^{2*}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Iguala. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5 colonia Centro. C. P. 40000. Iguala de la Independencia, Guerrero. MÉXICO.

²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. MÉXICO. C. P. 56230. Tel. 01(595)952-1500. Correo-e: legarias.juan@yahoo.com (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo la caracterización morfológica de 47 accesiones de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) del estado de Guerrero, México. Se evaluaron 50 caracteres separados en 40 cuantitativos y 10 cualitativos. De los cuantitativos se seleccionaron 25, y de los cualitativos, cinco con alta variabilidad ($P \leq 0.04$). Los datos se analizaron mediante correlaciones, regresiones, análisis discriminante de grupos y correspondencia. Con seis características cuantitativas y cinco cualitativas fue posible la distinción y agrupamiento morfológico de los genotipos en cuatro grupos. Los caracteres cuantitativos que más aportaron a la diferenciación de los genotipos fueron longitud en la base del lóbulo principal de la hoja, longitud del fruto, longitud vertical de la hoja, ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja, croma (C) de la flor y color de la hoja cuantificado con colorímetro (L). Los caracteres cualitativos de mayor peso fueron los asociados con el color de la hoja, precocidad, color del tallo, color de brácteas y ausencia o presencia de glándulas melíferas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Caracterización morfológica, agrupamientos, germoplasma.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF AN ETHNOGRAPHIC SAMPLE OF ROSELLE (*Hibiscus sabdariffa* L.)

ABSTRACT

The objective of the present study was to make the morphological characterization of 47 accessions of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from the state of Guerrero, Mexico. The morphological evaluation included 50 characters which were separated in 40 quantitative and 10 qualitative. From these variables, 25 quantitative and five qualitative characters with high variability ($P \leq 0.04$) were selected. Data were analyzed by means of correlations, regressions, discriminating analysis of groups and correspondence. With six quantitative and five qualitative characteristics it was possible to make the distinction and morphological grouping of the genotypes in four groups. The quantitative characters that contributed the most to the differentiation of the genotypes were length at the base of the main lobe of the leaf, fruit length, fruit perimeter, vertical length of the leaf, angle of the left lobe of the leaf, chroma (C) of the flower and color of the leaf quantified with a colorimeter (L). The qualitative characters that had the most influence were those associated with leaf color, earliness, stem color, color of bracts and the presence or absence of melliferous glands.

ADDITIONAL KEYWORDS: Morphological characterization, grouping, germplasm.

INTRODUCCIÓN

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo anual nativo de África tropical y se ubica dentro de la sección Furcaria del género *Hibiscus* en la familia Malvaceae. La sección Furcaria se constituye de 40 especies (Menzel y Wilson, 1969). Wilson y Menzel (1964) determinaron a *H. sabdariffa* como una especie alotetraploide ($2n = 4x = 36$) que ocurre únicamente en estado de domesticación. Menzel *et al.* (1983) determinaron que nueve especies que conforman la sección Furcaria son diploides (*H. asper* Hook., *H. hiernianus* Exell y Mendonca, *H. mendoncae* Exell, *H. mastersianus* Hiern., *H. mechowii* Garcke, *H. scandens* Dalzell y A. Gibson, *H. surattensis* L., *H. diversifolius* Jacq y *H. cannabinus* L) ($2n = 18$) y que las especies tetraploides de la sección Furcaria son *H. acetosella* Welw. ex. Hiern, *H. meeusei* Exell, *H. rostellatus* Guill. y Perr., e *H. sabdariffa*. A partir del cruzamiento de varias especies diploides con *H. sabdariffa* se encontró que un genoma de esta especie es homólogo con el de *H. mastersianus* y *H. mechowii*. Esta última es la más semejante morfológicamente con *H. sabdariffa*. Otros estudios citotaxonómicos se han enfocado a evaluar híbridos obtenidos a partir *H. sabdariffa* y *H. cannabinus*, buscando resistencia al ataque de nemátodos (Wilson y Menzel, 1967; Wilson y Adamson, 1970; Mahadevan y Shivali, 2009).

La jamaica ha sido extensamente cultivada en la India, Sudán, Egipto, Senegal y Tailandia por sus cáliz de color rojo, los cuales son usados para hacer mermeladas, gelatinas y refrescos (Clydesdale *et al.*, 1979; Bahaeldeen *et al.*, 2012). Además, tiene muchas aplicaciones en la medicina popular en diferentes países del mundo (Pin-Der y Gow-Chin, 1997; Tseng *et al.*, 2000; Mohamed *et al.*, 2007). En China es usada para el tratamiento de la hipertensión, daño al hígado y fiebre (Haji y Haji, 1999; Hussein *et al.*, 2010). Algunos estudios indican que los compuestos de extracción acuosa de los sépalos pueden utilizarse como un tratamiento eficaz contra la leucemia (Tseng *et al.*, 2000). De igual forma, se reporta que los extractos de sépalos y semillas de jamaica mezcladas en agua y aceite presentan alta capacidad antioxidante, que puede proteger a las células contra daños por radicales libres (Pin-Der y Gow-Chin, 1997; Ushoh *et al.*, 2005; Christian *et al.*, 2006).

Como resultado de la importancia que tiene *H. sabdariffa* a nivel internacional y nacional, el área de cultivo se incrementó en la década de los años 70 de manera gradual en México con fines de utilización y exportación (Patiño, 1975).

Los principales países productores de jamaica son China, India y Sudán. México ocupa el séptimo lugar, y dentro de este país el estado de Guerrero es la entidad con mayor producción (Anónimo, 2005). En el año 2004 la producción nacional de Jamaica fue de 2,500 t, y para el 2008 alcanzó las 3,768 t, que representó un incremento de 66.2 a 80 % de la producción nacional (Anónimo, 2013). Hasta hace pocos años, la jamaica mexicana era muy aceptada

INTRODUCTION

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a native annual crop of tropical Africa and is found within the Furcaria section of the genus *Hibiscus* in the family Malvaceae. The Furcaria section is comprised of 40 species (Menzel and Wilson, 1969). Wilson and Menzel (1964) determined that *H. sabdariffa* was an allotetraploid species ($2n = 4x = 36$) which occurs only in a state of domestication. Menzel *et al.* (1983) determined that nine species that comprise the Furcaria section are diploids (*H. asper* Hook., *H. hiernianus* Exell and Mendonca, *H. mendoncae* Exell, *H. mastersianus* Hiern., *H. mechowii* Garcke, *H. scandens* Dalzell and A. Gibson, *H. surattensis* L., *H. diversifolius* Jacq and *H. cannabinus* L) ($2n = 18$) and that the tetraploid species of the Furcaria section are *H. acetosella* Welw. Ex. Hiern, *H. meeusei* Exell, *H. rostellatus* Guill. and Perr., and *H. sabdariffa*. From the crossing of various diploid species with *H. sabdariffa*, it was found that a genome of this species is homologous with that of *H. mastersianus* and *H. mechowii*. The latter is the most morphologically similar to *H. sabdariffa*. Other cytotaxonomic studies have focused on evaluating hybrids obtained from *H. sabdariffa* and *H. cannabinus*, seeking resistance to the attack of nematodes (Wilson and Menzel, 1967; Wilson and Adamson, 1970; Mahadevan and Shivali, 2009).

Roselle has been cultivated extensively in India, Sudan, Egypt, Senegal and Thailand for its red calyxes, which are used for making jams, gelatins and beverages (Clydesdale *et al.*, 1979; Bahaeldeen *et al.*, 2012). Furthermore, it has many applications in popular medicine in different countries of the world (Pin-Der and Gow-Chin, 1997; Tseng *et al.*, 2000; Mohamed *et al.*, 2007). In China it is used for the treatment of hypertension, liver damage and fever (Haji and Haji, 1999; Hussein *et al.*, 2010). Some studies indicate that the aqueous extraction compounds of the sepals can be used as an effective treatment against leukemia (Tseng *et al.*, 2000). Similarly, it is reported that the extracts of sepals and seeds of roselle mixed in water and oil present a high antioxidant capacity, which can protect cells against damage from free radicals (Pin-Der and Gow-Chin, 1997; Ushoh *et al.*, 2005; Christian *et al.*, 2006).

As a result of the importance of *H. sabdariffa* at the international and national level, the cultivated area increased gradually in the 1970's in Mexico for the purpose of domestic use and exportation (Patiño, 1975).

The main producing countries of roselle are China, India, and Sudan. Mexico occupies seventh place, and within it the state of Guerrero has the highest production (Anonymous, 2005). In 2004 the national production of roselle was 2,500 t, and by 2008 it reached 3,768 t, representing an increase of 66.2 to 80 % of national production (Anonymous, 2013). Until recent years, Mexican roselle was widely accepted in national and international markets, but its competitiveness has been reduced. One factor that motivated this

en los mercados nacional e internacional, pero su competitividad se ha reducido. Un factor que motivó esta situación fue que en el 2003 los productores de otros países mejoraron la calidad de su producto y redujeron los precios. Si bien la jamaica que se produce en Guerrero tiene un alto contenido de ácidos, lo que es importante para fines medicinales, las condiciones impuestas por el mercado exigen producir con calidad y bajos precios a fin de ofrecer un producto competitivo (Galicia-Flores *et al.*, 2008).

Por lo anterior, y dada la importancia del cultivo, los investigadores buscan incrementar su rendimiento mediante programas de mejoramiento. El éxito de los programas de mejoramiento de cultivos depende en gran medida de la naturaleza y magnitud de la variabilidad genética. Por tanto, es útil realizar estudios de caracterización morfológica de materiales, con el fin de distinguir rasgos importantes que permitan la selección de progenitores y la obtención de materiales segregantes (Ibrahim y Hussein, 2006; Cheng *et al.*, 2004; Falusi, 2008; Hussein *et al.*, 2010; Abdallah *et al.*, 2011).

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológicamente una muestra etnográfica de genotipos de *H. sabdariffa* con el fin de detectar variabilidad genética útil para establecer programas de mejoramiento genético de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 47 accesiones de *H. sabdariffa* recolectados en regiones tropicales y subtropicales en 47 localidades de diez municipios del estado de Guerrero, México (Cuadro 1), en un rango altitudinal de 0 a 1,200 m. El experimento se estableció de enero a octubre de 2008 bajo condiciones de invernadero rústico, sin calefacción y con cubierta de cristal en instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo. La temperatura media en el invernadero osciló entre 22 y 28 °C.

Método de colecta

El material colectado consistió principalmente de semillas. Para la mayoría de las accesiones se recaudó aproximadamente medio kilogramo. Además, se registró información de los sitios de colecta como clima, pendiente del terreno y altitud (Cuadro 1).

Diseño experimental y variables evaluadas

Se utilizó un diseño completamente al azar con veinte repeticiones en el que se empleó como unidad experimental una planta. El número total de accesiones fue de 47 y el número de plantas evaluadas por accesión fue de 20, para un total de 940 plantas distribuidas uniformemente en 940 bolsas negras de 30 x 30. La variable respuesta fue el rendimiento y las características morfológicas de las colecciones. Se evaluaron 50 variables en 47 accesiones de jamaica. En el Cuadro 2 se muestra un listado de los caracteres cuantitativos y cualitativos estudiados.

situation was that in 2003 the producers of other countries improved the quality of their product and reduced prices. Although the roselle that is produced in Guerrero has a high content of acids, which is important for medicinal purposes, the conditions imposed by the market demand quality production with low prices in order to obtain a competitive product (Galicia-Flores *et al.*, 2008).

Considering the above, and given the importance of the crop, the investigators hope to increase its yield by means of breeding programs. The success of the crop improvement programs depends largely on the nature and magnitude of the genetic variability. Therefore, it is useful to carry out morphological characterization studies of the materials, for the purpose of distinguishing important features that allow the selection of progenitors and the obtainment of segregating materials (Ibrahim and Hussein, 2006; Cheng *et al.*, 2004; Falusi, 2008; Hussein *et al.*, 2010; Abdallah *et al.*, 2011).

Therefore, the objective of the present study was to morphologically characterize an ethnographic sample of genotypes of *H. sabdariffa* in order to detect genetic variability that is useful for establishing genetic improvement programs of the species.

MATERIALS AND METHODS

An evaluation was made of 45 accessions of *H. sabdariffa* collected in tropical and subtropical regions in 47 localities in ten municipalities of the state of Guerrero, Mexico (Table 1), in an altitudinal range of 0 to 1,200 m. The experiment was established from January to October of 2008 under rustic greenhouse conditions, without heating and with a glass cover in installations of the Universidad Autónoma Chapingo. The mean temperature in the greenhouse fluctuated between 22 and 28 °C.

Collection methods

The collected material consisted mainly of seeds. For most of the accessions, approximately half a kilogram was collected. Furthermore, information of the collection sites was registered, such as climate, slope of the terrain and altitude (Table 1).

Experimental design and variables evaluated

A completely randomized design was used with twenty replicates in which one plant was used as experimental unit. The total number of accessions was 47 and the number of plants evaluated per accession was 20, for a total of 940 plants distributed uniformly in 940 black bags of 30 x 30. The response variable was the yield and the morphological characteristics of the collections. Fifty variables were evaluated in 47 accessions of roselle. Table 2 shows a list of the quantitative and qualitative characters studied.

To evaluate characteristics of the leaves (Figure 1) of each accession, five plants were selected, along with five

CUADRO 1. Registro de los sitios de colecta de las accesiones de *H. sabdariffa* L. en 47 localidades de nueve municipios de Guerrero, México.**TABLE 1. Register of the collection sites of the accessions of *H. sabdariffa* L. in 47 localities of nine municipalities of Guerrero, Mexico.**

Etiqueta / Label	Municipio / Municipality	Longitud/ Longitude	Latitud/ Latitude	Lugar de colecta / Collection site	Altitud msnm/ Altitud- de in masl	Pendiente de terreno/Slope of terrain (%)	Clima/ Climate
1C	Tecoanapa	-99° 15'	16° 50'	Parcela / Plot	450	10	Aw0
1T	Tecoanapa	-99° 14'	16° 48'	Huerto de mango / Mango orchard	490	5	Aw0
3T	Tecoanapa	-99° 15'	16° 47'	Parcela / Plot	433	10	Aw0
4T	Tecoanapa	-99° 16'	16° 47'	Parcela / Plot	512	20	Aw0
5T	Tecoanapa	-99° 17'	17° 00'	Parcela / Plot	516	5	Aw0
C7	Tecoanapa	-99° 18'	17° 02'	Parcela / Plot	616	25	Aw0
7T	Tecoanapa	-99° 20'	17° 03'	Parcela / Plot	512	5	Aw0
C9	Acapulco	-99° 42'	16° 44'	Playa / Beach	10	0	Aw0
9T	Acapulco	-99° 54'	16° 50'	Bocana / River Mouth	22	5	Aw0
10T	Acapulco	-99° 43'	16° 43'	Cerro de piedra / Stone hill	50	5	Aw0
11T	Acapulco	-99° 42'	16° 42'	No conocido / Unknown	120	5	Aw0
12C	Acapulco	-99° 42'	16° 42'	El bejuco / Liana	70	5	Aw0
13T	Acapulco	-99° 40'	16° 50'	El Km. 30 / Km. 30	315	5	Aw0
14T	Acapulco	-99° 35'	16° 50'	La sabana / Savanna	170	5	Aw0
11C	Acapulco	-100° 05'	16° 51'	Valle del río / River valley	70	5	Aw0
15C	Ometepec	-98° 37'	16° 40'	Parcela / Plot	200	15	Aw0
15T	Ometepec	-98° 36'	16° 40'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	215	10	Aw0
16C	Ometepec	-98° 35'	16° 40'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	180	10	Aw0
16T	Ometepec	-98° 35'	16° 39'	Patio / Patio	150	5	Aw0
19T	Ometepec	-98° 45'	16° 41'	Parcela / Plot	250	10	Aw0
20T	Ometepec	-98° 48'	16° 40'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	170	15	Aw0
21T	Tlapa	-98° 35'	17° 30'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	250	25	Aw0
22T	Tlapa	-98° 35'	17° 29'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	235	30	Aw0
23T	Tlapa	-98° 35'	17° 31'	Huerto de mango / Mango orchard	312	15	Aw0
24T	Tlapa	-98° 34'	17° 30'	Lote baldío / Vacant lot	300	10	Aw0
C25	Ocotito	-99° 42'	17° 15'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	912	10	Aw0
26T	Ocotito	-99° 42'	17° 14'	Parcela / Plot	1000	5	Aw1
27C	Ocotito	-99° 41'	17° 14'	Parcela / Plot	893	5	Aw0
27T	Ocotito	-99° 42'	17° 16'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	914	5	Aw0
28C	Ocotito	-99° 42'	17° 13'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	1087	15	Aw1
28T	Ocotito	-99° 41'	17° 15'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	1080	10	Aw1
C29	Atoyac	-100° 30'	17° 00'	Casa / House	112	5	Aw0
29T	Atoyac	-100° 32'	17° 04'	Huerta / Orchard	70	10	Aw0
30T	Atoyac	-100° 36'	17° 00'	Parcela / Plot	100	15	Aw0
31T	Atoyac	-100° 28'	17° 00'	Carretera / Highway	25	25	Aw0
32T	Atoyac	-100° 27'	17° 57'	Parcela / Plot	39	30	Aw0
20C	Atoyac	-100° 26'	17° 56'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	15	15	Aw0
33T	Iguala	-99° 36'	17° 48'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	514	5	Aw0
34T	Iguala	-99° 35'	17° 48'	Corral / Corral	612	5	Aw0
35T	Iguala	-99° 36'	17° 50'	Vegetación secundaria / Secondary vegetation	578	5	Aw0
36T	Iguala	-99° 35'	17° 49'	Parcela / Plot	610	15	Aw0
37T	Chilpancingo	-99° 29'	99° 12'	Parcela / Plot	1110	10	Aw1
38T	Chilpancingo	-99° 29'	99° 11'	Parcela / Plot	1190	5	Aw1
39T	Arcelia	-100° 30'	18° 00'	Terreno baldío / Vacant lot	230	10	Aw0
TEX	Arcelia	-100° 30'	17° 59'	Parcela / Plot	310	40	Aw0
JC	Arcelia	-100° 29'	17° 59'	Parcela / Plot	150	25	Aw0
11C.	Arcelia	-100° 31'	18° 01'	Parcela / Plot	114	30	Aw0

CUADRO 2. Variables morfológicas consideradas para la caracterización de accesiones de *Hibiscus sabdariffa* L., procedentes de 47 localidades de Guerrero, México.

TABLE 2. Morphological variables considered for the characterization of accessions of *Hibiscus sabdariffa* L., from 47 localities of Guerrero, Mexico.

Variable/ Variable	Carácter medido / Character measured	Unidad / Unit	Escala / Scale
X1	Altura de planta/ Plant height	cm	
X2	Número de ramas / Number of branches	-	
X3	Número de frutos / Number of fruits	-	
X4	Número de flores / Number of flowers	-	
X5	Cobertura foliar en centímetros largo / Foliar cover in centimeters length	cm	
X6	Cobertura foliar en centímetros ancho / Foliar cover in centimeters width	cm	
X7	Número de lóbulos en hojas por planta / Number of lobes in leaves per plant	3-5	
X8	Color de la hoja / Leaf color	Arbitrario / Arbitrary	1 – 4
X9	Longitud de pecíolo en centímetros / Length of petiole in centimeters	cm	
X10	Color de pecíolo / Color of petiole	Arbitrario / Arbitrary	1 – 3
X11	Diámetro basal del tallo / Basal diameter of stem	cm	
X12	Color del tallo / Stem color	Arbitrario / Arbitrary	1 – 9
X13	Número máximo de frutos por axila / Maximum number of fruits per axil	Arbitrario / Arbitrary	1 – 3
X14	Numero de brácteas / Number of bracts	-	
X15	Color de brácteas / Color of bracts	Arbitrario / Arbitrary	1 – 2
X16	Color de flor / Flower color	Arbitrario / Arbitrary	1 – 3
X17	Precocidad / Earliness	Arbitrario / Arbitrary	1 – 3
X18	Ausencia o presencia de glándulas melíferas / Absence or presence of melliferous glands	Arbitrario / Arbitrary	1 – 2
X19	Color del fruto / Fruit color	Arbitrario / Arbitrary	1 – 4
X20	Defoliación total a los 6 meses / Total defoliation at 6 months	Arbitrario / Arbitrary	1 – 2
X21	Color de hoja cuantificado con colorímetro (L) / Leaf color quantified with colorimeter (L)	0 -100	UC
X22	Color de hoja cuantificado con colorímetro (a) / Leaf color quantified with colorimeter (a)	-60 - 60	UC
X23	Color de hoja cuantificado con colorímetro (b) / Leaf color quantified with colorimeter (b)	-60 - 60	UC
X24	Croma C de la hoja / Leaf chroma (C)	Color	UC
X25	Color de fruto cuantificado con colorímetro (L) / Fruit color quantified with colorimeter (L)	0 -100	UC
X26	Color de fruto cuantificado con colorímetro (a) / Fruit color quantified with colorimeter (a)	-60 - 60	UC
X27	Color de fruto cuantificado con colorímetro (b) / Fruit color quantified with colorimeter (b)	-60 - 60	UC
X28	Croma C de fruto / Fruit chroma (C)	Color	UC
X29	Color de tallo en la base cuantificado con colorímetro (L)/ Stem color at the base quantified with colorimeter (L)	0 -100	UC
X30	Color de tallo en la base cuantificado con colorímetro (a) / Stem color at the base quantified with colorimeter (a)	-60 - 60	UC
X31	Color de tallo en la base cuantificado con colorímetro (b) / Stem color at the base quantified with colorimeter (b)	-60 - 60	UC
X32	Croma C en la base del tallo / Chroma (C) at the base of the stem	Color	UC
X33	Color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro(L) / Stem color at the middle part of the plant quantified with colorimeter (L)	0 -100	UC
X34	Color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro(a) / Stem color at the middle part of the plant quantified with colorimeter (a)	-60 - 60	UC
X35	Color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro(b) / Stem color at the middle part of the plant quantified with colorimeter (b)	-60 - 60	UC
X36	Croma C del tallo en la parte media / Chroma (C) of the stem in the middle part	Color	UC
X37	Color de flor cuantificado con colorímetro (L) / Flower color quantified with colorimeter (L)	0 -100	UC
X38	Color de flor cuantificado con colorímetro (a) / Flower color quantified with colorimeter (a)	-60 - 60	UC
X39	Color de flor cuantificado con colorímetro (b) / Flower color quantified with colorimeter (b)	-60 - 60	UC
X40	Croma C de la flor / Chroma (C) of the flower	Color	UC
X41	Área de la hoja / Leaf area	cm ²	Área
X42	Perímetro de la hoja / Leaf perimeter	cm	
X43	Longitud vertical de la hoja / Vertical length of the leaf	cm	
X44	Longitud horizontal de la hoja / Horizontal length of the leaf	cm	
X45	Ángulo del lóbulo derecho de la hoja / Angle of the right lobe of the leaf	-	
X46	Ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja / Angle of the left lobe of the leaf	-	
X47	Longitud en la base del lóbulo principal de la hoja / Length at the base of the main lobe of the leaf	cm	
X48	Ángulo en la base del pecíolo / Angle at the base of the petiole	cm	
X49	Diámetro del fruto / Fruit diameter	cm	
X50	Longitud del fruto / Fruit length	cm	

UC= unidades de color / CU = Color Units

CUADRO 3. Caracteres cualitativos y su estado evaluados en jamaica.
TABLE 3. Qualitative characters and their state evaluated in roselle.

Carácter / Character	Estado / State
Color de la hoja / Leaf color	1 Verde / Green
	2 Pinto en el haz / Mottled in the bundle sheath
	3 Pinto en el envés / Mottled in the underside
	4 Pinto en el haz y el envés / Mottled in the bundle sheath and underside
Color del peciolo / Petiole color	1 Verde / Green
	2 Rojo pálido / Pale red
	3 Rojo intenso / Bright red
Color del tallo / Stem color	1 Verde pálido / Pale green
	2 Verde intermedio / Intermediate green
	3 Verde intenso / Bright green
	4 Rojo pálido / Pale red
	5 Rojo intermedio / Intermediate red
	6 Rojo intenso / Bright red
	7 Pinto mas verde que rojo / Mottled more green than red
	8 Pinto mas rojo que verde / Mottled more red than green
	9 Pinto intermedio / Intermediate mottled
Color de brácteas / Color of bracts	1 Verdes / greens
	2 Rojas / Reds
Color de flor / Flower color	1 Rojas / Reds
	2 Rosadas / Pinks
	3 Amarillas / Yellows
Precocidad / Earliness	1 Precoces / Early
	2 Intermedias / Intermediate
	3 Tardías / Late
Glándulas melíferas / Melliferous glands	1 Presentes / Present
	2 Ausentes / Absent
Color de fruto / Fruit color	1 Blanco / White
	2 Rojo / Red
	3 Pinto mas rojo que verde / Mottled more red than green
	4 Pinto mas verde que rojo / Mottled more green than red
Defoliación a los 6 meses / Defoliation at 6 months	1 Total / Total
	2 Parcial / Partial

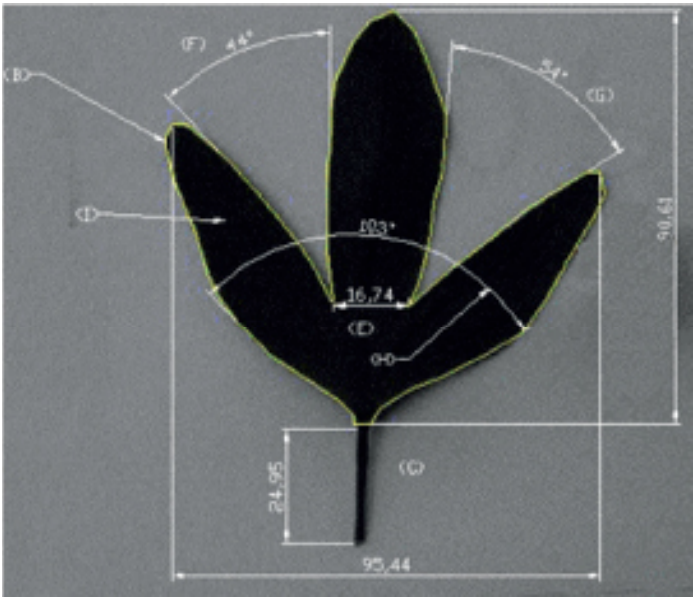


FIGURA 1. Características de la hoja que se evaluaron para el análisis morfológico: a) longitud del lóbulo principal; b) perímetro; c) longitud del peciolo; d) longitud horizontal de los lóbulos entre ambos costados del lóbulo principal; e) longitud en la base del lóbulo principal de la hoja; f) ángulo del lóbulo izquierdo; g) ángulo del lóbulo derecho; h) ángulo sobre la base del peciolo; i) área de la hoja.

FIGURE 1. Characteristics of the leaf that were evaluated for the morphological analysis: a) length of the main lobe; b) perimeter; c) length of the petiole; d) horizontal length of the lobes between both sides of the main lobe; e) length at the base of the main lobe of the leaf; f) angle of the left lobe; g) angle of the right lobe; h) angle over the base of the petiole; i) leaf area.

mature leaves of each one completely expanded and at different levels of location in the plant.

With respect to the reproductive characters of the plant, only the calyx and the seed were considered. Fruit weight was taken along with data of length and diameter, as well as other characters that are indicated in Table 2. It should be mentioned that a selection of 10 fruits per plant was made for the sampling.

The measurements were obtained using graduated rulers, a metallic Vernier calibrator with precision of 0.001 inches, meter of leaf area, a transporter, a colorimeter and a granatary balance. During the evaluation of qualitative characteristics scales or states were established in order to compare the accessions, according to what is indicated in Table 3.

Statistical analysis

A data base was made in Excel and afterwards the variables were separated into 40 quantitative and 10 qualitative. These were used to carry out independent statistical analyses using the SAS program version 9.0 (Anonymous, 2004). The quantitative variables were subjected to an analysis of correlation in order to eliminate characters with a level of association equal to or greater than 80 %

Para evaluar características de las hojas (Figura 1) de cada accesión se seleccionaron cinco plantas, cinco hojas maduras de cada una de ellas completamente expandidas y a diferentes niveles de ubicación en la planta.

En cuanto a los caracteres reproductivos de la planta, únicamente se consideró al cáliz y la semilla. Se tomó el peso del fruto así como datos de longitud y diámetro, más otros caracteres que se indican en el Cuadro 2. Cabe mencionar que para el muestreo se realizó una selección de 10 frutos por planta.

Las medidas se obtuvieron utilizando reglas graduadas, un calibrador vernier metálico con precisión de 0.001 pulgadas, medidor de área foliar, un transportador, un colorímetro y una balanza granataria. Durante la evaluación de características cualitativas se establecieron escalas o estados a fin de comparar las accesiones, según se indica en el Cuadro 3.

Análisis estadístico

Se realizó una base de datos en Excel y posteriormente se separaron las variables en 40 cuantitativas y 10 cualitativas. Con ellas se procedió a realizar análisis estadísticos independientes usando el programa SAS versión 9.0 (Anónimo, 2004). Las variables cuantitativas se sometieron a un análisis de correlación a fin de eliminar caracteres con un nivel de asociación igual o mayor al 80 % y se seleccionaron luego aquellas variables con alta significancia (0.04 y 0.01), según el principio de una regresión progresiva hacia adelante o Forward. Con las variables seleccionadas y estandarizadas se realizó un análisis de agrupamiento utilizando distancias euclidianas cuadradas y la técnica de varianza mínima de Ward para la construcción del dendrograma. La altura de corte para definir los grupos se determinó con base en el criterio cúbico de agrupamiento (Johnson, 2000), usando PROC CLUSTER y PROC TREE de SAS. Tomando en cuenta los grupos formados en el punto anterior como clases categóricas, se aplicó un análisis discriminante canónico mediante PROC DISCRIM de SAS con el propósito de corroborar dichos agrupamientos y detectar las variables con mayor importancia que diferenciaron los grupos generados (Bowley, 1999).

Con las variables cualitativas se realizó un segundo análisis, en donde los agrupamientos estuvieron determinados con base en un análisis de correspondencia para detectar relaciones fenotípicas entre las colecciones e inferir las características que determinan la formación de grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las colecciones de jamaica mostraron variabilidad a nivel de hojas, tallos, frutos y flores como se muestra en la Figura 2. En el Cuadro 4 se muestran las medias de las variables, su coeficiente de variación, así como su desviación estándar. Los caracteres que presentaron mayor variación fueron el color de flor (a), longitud del fruto, diámetro del

and then the variables with high significance were selected (0.04 and 0.01), according to the beginning of a progressive regression forward. With the selected and standardized variables, an analysis of grouping was made using squared Euclidian distances and the technique of minimum variance of Ward for the construction of the dendrogram. The height of the cut for defining the groups was determined based on the cubic grouping criteria (Johnson, 2000), using PROC CLUSTER and PROC TREE of SAS. Taking into account the groups formed in the previous point as categorical classes, a canonic discriminating analysis was made using PROC DIS-



FIGURA 2. Variabilidad morfológica de la hoja (A), de frutos enteros (B) y seccionados (C), detectada entre las colecciones de jamaica.

FIGURE 2. Morphological variability of the leaf (A), of whole fruits (B) and sectioned fruits (C), detected among the roselle collections.

CUADRO 4. Medias y desviaciones estándar de las principales variables evaluadas.
TABLE 4. Means and standard deviations of the principal variables evaluated.

Variable / Variable	Carácter medido / Character measured	Media / Mean	Desviación estándar / Standard deviation	CV / CV (%)
X49	Diámetro del fruto / Fruit diameter	5.31	7.76	146.1
X47	Longitud en la base del lóbulo principal de la hoja / Length at the base of the main lobe of the leaf	1.78	0.81	45.2
X15	Color de brácteas / Color of bracts	1.36	0.47	34.5
X48	Ángulo en la base del pecíolo / Angle at the base of the petiole	100.77	23.96	23.8
X16	Color de flor / Flower color	1.098	0.374	34.1
X50	Longitud del fruto / Fruit length	8.70	13.41	154.2
X18	Ausencia o presencia de glándulas melíferas / Absence or presence of melliferous glands	1.98	0.16	7.9
X17	Precocidad / Earliness	2.10	0.77	36.7
X10	Color de pecíolo / Color of petiole	2.01	0.27	13.6
X19	Color del fruto / Fruit color	2.01	0.50	25.0
X14	Numero de brácteas / Number of bracts	9.62	0.87	9.1
X38	Color de flor (a) / Flower color (a)	4.10	7.50	183.1
X8	Color de la hoja / Leaf color	1.64	1.14	69.9
X42	Perímetro de la hoja / Leaf perimeter	32.11	6.38	19.9
X43	Longitud vertical de la hoja / Vertical length of the leaf	7.44	1.35	18.1
X44	Longitud horizontal de la hoja / Horizontal length of the leaf	7.94	1.69	21.3
X46	Ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja / Angle of the left lobe of the leaf	55.44	14.01	25.3
X12	Color del tallo / Stem color	3.68	1.20	32.5
X1	Altura de planta / Plant height	117.35	18.57	15.8
X25	Color de fruto (L) / Fruit color (L)	31.14	9.29	29.8
X33	Color del tallo en la parte media de la planta (L) / Stem color at the middle part of the plant (L)	41.66	6.20	14.9
X26	Color de fruto (a) / Fruit color (a)	8.53	8.80	103.1
X11	Diámetro basal del tallo / Basal diameter of the stem	4.67	0.89	19.1
X31	Color de tallo en la base (b) / Stem color at the base (b)	10.46	6.24	59.6
X32	Croma C en la base del tallo / Chroma (C) at the stem base	18.30	5.23	28.6

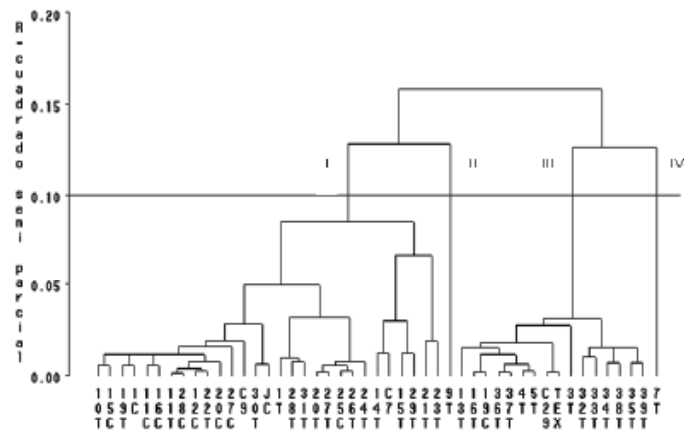


FIGURA 3. Dendrograma de relaciones entre las 47 colecciones de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) construido mediante el método de agrupamiento de la varianza mínima de Ward a partir de distancias euclidianas.
FIGURE 3. Dendrogram of the relationships among the 47 collections of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) constructed using the method of grouping of the minimum variance of Ward from Euclidian distances.

CUADRO 5. Porcentaje de las variables canónicas que explica la variabilidad entre colectas de jamaica.

TABLE 5. Percentage of the canonic variables that explains the variability among roselle collections.

Variable canónica / Canonic variable	%	% Acumulado / Accumulated
Variable canónica / Canonic variable 1	65.98	65.98
Variable canónica / Canonic variable 2	30.15	96.13
Variable canónica / Canonic variable 3	2.40	98.97
Variable canónica / Canonic variable 4	1.03	100.00

fruto y color de fruto (a) con coeficientes de variación de 183.1, 154.2, 146.1 y 103.1, respectivamente. Los caracteres con menor variabilidad fueron ausencia o presencia de glándulas melíferas (CV = 7.9 %), número de brácteas (CV = 9.1 %), color de pecíolo (CV = 13.6 %) y color del tallo en la parte media de la planta (L) (CV = 14.9 %).

En el dendrograma de la Figura 3 se observa la formación de cuatro grupos, que mantienen una relación según el análisis cúbico de agrupamiento. La altura de corte se presenta a 0.100. El grupo I se dividió en dos subgrupos. El primer subgrupo se conformó con 23 colecciones. En este subgrupo se encontraron las colecciones 11T y 28C separadas a una distancia de 0.001. Ésta es la menor distancia que se observa en el dendrograma, lo que sugiere que su fenotipo es semejante. El segundo subgrupo lo formaron las accesiones 14T, 7C, 15T, 29T, 21T y 23T. Dichos subgrupos se separaron a una distancia de 0.075. El grupo II lo conformó solamente la colección 9T separándose totalmente del grupo I a una distancia de 0.135. El grupo III estuvo conformado por 16 colecciones y se unió al grupo IV a una distancia de 0.130. El grupo IV lo constituyó la colección 7T. Entre las colecciones más importantes que se separan totalmente de los grupos principales debido a sus características fenotípicas se encuentran 7T y 9T. La colección 7T presenta frutos muy coloridos y carece de glándulas melíferas, mientras que 9T fue muy tardía, tiene frutos de color blanco y muestra glándulas melíferas. La primera accesión puede ser interesante para hacer mejoramiento genético por su alto contenido de antocianinas y su utilización como antioxidantes, en tanto que la segunda podría ser útil para la industria de refrescos debido a que se obtendrían bebidas incoloras con sabor a jamaica (Pinder y Gow-Chin, 1997; Hussein *et al.*, 2010). No se detectó alguna relación entre los grupos formados por las accesiones y las características edáfico-climáticas de los lugares de colecta.

Por otro lado, el análisis discriminante canónico permitió determinar las características que más contribuyeron al ordenamiento de las colecciones. La variable canónica uno explicó el 65.98 % de la variabilidad entre las colecciones de jamaica. La variable canónica dos explicó el 30.15 % del

CUADRO 6. Coeficientes canónicos de variables discriminantes canónicas definidas a partir de genotipos de jamaica.

TABLE 6. Canonic coefficients of canonic discriminating variables defined from genotypes of roselle.

Variable	VD1	VD2	VD3
X47	0.99	0.03	0.11
X48	-0.76	-0.35	0.55
X50	0.99	0.08	-0.08
X49	0.99	0.10	-0.05
X25	0.09	0.13	-0.99
X38	-0.48	0.11	0.87
X42	0.81	-0.55	-0.23
X43	0.94	-0.20	-0.28
X46	0.92	0.14	0.37
X44	0.67	-0.66	0.35
X2	-0.16	-0.74	-0.65
X14	-0.61	0.76	0.24
X3	-0.37	0.80	0.48
X33	-0.03	-0.10	-0.99
X31	-0.09	0.10	-0.99
X28	0.19	-0.28	-0.94
X41	0.89	-0.39	-0.23
X4	0.45	-0.80	-0.39
X39	0.48	-0.74	-0.46
X40	0.02	-0.99	0.15
X21	-0.10	0.96	-0.28
X7	-0.65	0.75	-0.12
X1	-0.06	-0.76	-0.65
X9	-0.33	0.76	0.56
X34	0.39	0.16	0.91

X47= Longitud en la base del lóbulo principal de la hoja, X48= Ángulo en la base del pecíolo, X50= Longitud del fruto, X49= Perímetro del fruto, X25= Color de fruto cuantificado con colorímetro (L), X38= Color de flor cuantificado con colorímetro (a), X42= Perímetro de la hoja, X43= Longitud vertical de la hoja, X46= Ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja, X44= Longitud horizontal de la hoja, X2= Número de ramas, X14= Número de brácteas, X3= Número de frutos, X33= Color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro (L), X31= Color de tallo en la base cuantificado con colorímetro (b), X28= Cromo C de fruto, X41= Área de la hoja, X4= Número de flores, X39= Color de flor cuantificado con colorímetro (b), X40= Cromo C de la flor, X21= Color de hoja cuantificado con colorímetro (L), X7= Número de lóbulos en hojas por planta, X1= Altura de planta, X9= Longitud de pecíolo, X34= Color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro(a).

X47 = Length at the base of the main lobe of the leaf, X48 = Angle at the base of the petiole, X50 = Fruit length, X25 = Fruit color quantified with colorimeter (L), X38 = Flower color quantified with colorimeter (a), X42 = Leaf perimeter, X43 = Vertical length of the leaf, X46 = Angle of the left lobe of the leaf, X44 = Horizontal length of the leaf, X2 = Number of branches, X14 = Number of bracts, X3 = Number of fruits, X33 = Stem color in the middle part of the plant quantified with colorimeter (L), X31 = Stem color at the base of the quantified with colorimeter (b), X28 = Fruit chroma (C), X41 = Leaf area, X4 = Number of flowers, X39 = Flower color quantified with colorimeter (b), X40 = Flower chroma C, X21 = Leaf color quantified with colorimeter (L), X7 = Number of lobes in leaves per plant, X1 = Plant height, X9 = Length of petiole, X34 = Stem color in the middle part of the plant quantified with colorimeter (a).

CRIM of SAS with the purpose of corroborating these groupings and detecting the variables with higher importance that differentiated the groups generated (Bowley, 1999).

A second analysis was made with the qualitative variables, where the groupings were determined based on an analysis of correspondence to detect phenotypic relationships among the collections and to infer the characteristics that determine the formation of groups.

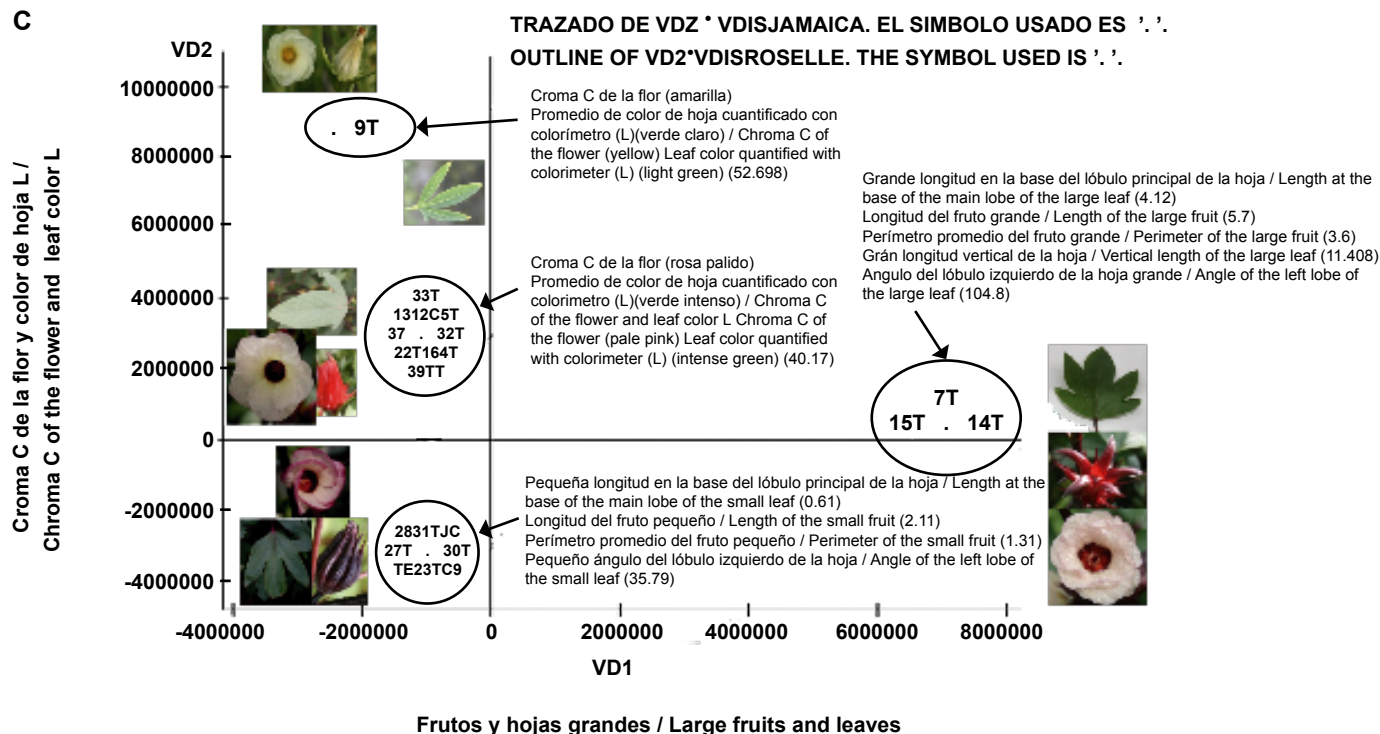


FIGURA 4. Ubicación espacial de los cuatro grupos de colecciones de jamaica con sus variables discriminantes 1y 2 (VD1 y VD2).

FIGURE 4. Spatial location of the four groups of roselle collections with their discriminating variables 1 and 2 (DV1 and DV2).

total de la variabilidad (Cuadro 5). De tal forma que juntas explicaron el 96.13 % de la variabilidad presente en las colecciones de jamaica.

Como se muestra en el Cuadro 6 y en la Figura 4, las características que más contribuyeron a explicar la variabilidad fenotípica por la variable discriminante canónica uno (VD1) fueron longitud en la base del lóbulo principal de la hoja, longitud del fruto, perímetro del fruto, longitud vertical de la hoja y ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja. Para la variable discriminante canónica dos (VD2) las características que más contribuyeron a la variabilidad fenotípica fueron croma de la flor (C) y color de hoja cuantificado con colorímetro (L). Finalmente, las características que explicaron la variabilidad fenotípica de la tercera variable discriminante canónica (VD3) fueron color de fruto cuantificado con colorímetro (L), color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro (L), color de tallo en la base cuantificado con colorímetro (b), croma (C) de fruto, y color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con colorímetro (a) (Cuadro 6).

En la separación de grupos por VD1 se observa que en los cuadrantes superior e inferior izquierdo de la Figura 4 se ubicaron tres clases con las colecciones 9T, 39T, TEX, 27T, 37T, C9, 31T, 32T y 22T, entre otras, con las características de longitud pequeña en la base del lóbulo principal, longitud del fruto pequeño, perímetro promedio del fruto pequeño, longitud vertical pequeña de la hoja y ángulo pequeño del lóbulo izquierdo de la hoja. Los valo-

RESULTS AND DISCUSSION

The collections of roselle presented variability at the level of leaves, stems, fruits and flowers, as shown in Figure 2. Table 4 shows the means of the variables, their coefficient of variation, and their standard deviation. The characters that presented highest variation were color of the flower (a), fruit length, fruit diameter and fruit color (a) with coefficients of variation of 183.1, 154.2, 146.1 and 103.1, respectively. The characters with least variability were absence or presence of melliferous glands (CV = 7.9 %), number of bracts (CV = 9.1 %), petiole color (CV = 13.6 %) and stem color in the middle part of the plant (L) (CV = 14.9 %).

In the dendrogram of Figure 3 the formation of four groups is observed, which maintain a relationship according to the cubic grouping analysis. The first subgroup was comprised of 23 collections. Collections 11T and 28C were found in this subgroup, separated by a distance of 0.001. This is the shortest distance that is observed in the dendrogram, which suggests that its phenotype is similar. The second subgroup was formed of the accessions 14T, 7C, 15T, 29T, 21T and 23T. These subgroups were separated by a distance of 0.075. Group II was comprised only of collection 9T, separated totally from group I by a distance of 0.135. Group III was made up of 16 collections and was united to group IV at a distance of 0.130. Group IV was comprised of collection 7T. Among the most important collections that are totally separated from the principal groups due to their phenotypic characteristics are 7T and 9T. Co-

CUADRO 7. Análisis de correspondencia de las 10 variables cualitativas de datos morfológicos de jamaica.

TABLE 7. Analysis of correspondence of the 10 qualitative variables of morphological data of roselle.

Valor singular / Singular value	Inercia principal / Principal inertia	Chi cuadrado / Chi squared	Porcentaje / Percentage	Porcentaje acumulado / Accumulated percentage	7 14 21 28 35
0.212	0.045	248.962	32.830	32.83	*****
0.185	0.034	190.588	25.130	57.96	*****
0.159	0.025	141.148	18.610	76.57	*****
0.116	0.014	75.242	9.920	86.49	*****
0.101	0.010	56.597	7.460	93.95	*****
0.066	0.004	24.100	3.180	97.13	**
0.043	0.002	10.306	1.360	98.49	*
0.037	0.001	7.460	0.980	99.47	*
0.027	0.001	4.002	0.530	100	
Total	0.137	758.406	100		

Grados de libertad = 2529 / Degrees of freedom = 2529

res más extremos de las características mencionadas los representa la colección 9T, que se ubica muy alejada del cero con valores negativos. En el extremo derecho de VD1 se agruparon las colecciones 15T, 7T y 14T, que presentan características contrastantes con respecto a las anteriormente mencionadas.

En lo que se refiere a VD2, en el cuadrante inferior izquierdo se agruparon las colecciones 30T, C9, 23T, 31T y 27T, que presentan escalas de medición negativas con colores de hojas verde oscuro, y con flores entre el color rosa intenso a rojo intenso. En la parte baja del cuadrante superior izquierdo se agruparon las colecciones 39T, 22T, 37T y 4T entre otras, con escalas de valores positivos, correspondientes a hojas verde claro y flores de color rosa pálido. Finalmente, la colección 9T se ordenó en el cuadrante superior izquierdo y presenta hojas de color verde muy claro y flores de color amarillo.

Según lo anterior, la coloración de la flor, las características de hojas y el tamaño del fruto que presentan los materiales colectados resultaron importantes en la separación de los grupos (Figura 4). La colección de jamaica 9T se agrupó en el extremo superior izquierdo de la gráfica y los materiales 7T, 14T y 15T se ubicaron en el extremo derecho. Ambos grupos quedaron muy separados del resto y se caracterizan por ser de color y tamaño de fruto muy contrastantes. La colecta 9T es un material albino y tamaño de fruto pequeño, mientras que las colectas 7T, 14T y 15T se distinguen por ser de color rojo intenso y de diámetro de fruto más grande en relación con el resto de las colectas. Algunos estudios genéticos se han enfocado a estudiar las formas de herencia de características como los patrones de pigmentación del tallo, epicáliz, cáliz, corola y anteras. Para tallo y epicáliz se ha encontrado que una serie de alelos múltiples es responsable de la intensidad y distribución

llección 7T presentó frutos altamente coloreados y carece de melleíferos glándulas, mientras que 9T fue muy tardía, tenía frutos de color blanco y presenta glándulas melleíferas. La primera accesión puede ser interesante para el mejoramiento genético debido a su alto contenido de antocianinas y uso como antioxidantes, mientras que la segunda podría ser útil para la industria de bebidas para obtener bebidas sin color con sabor a roselle (Pin-der and Gow-Chin, 1997; Hussein *et al.*, 2010). No se detectó una relación entre los grupos formados por las accesiones y las características edafoclimáticas de los sitios de colección.

Por otro lado, el análisis discriminante canónico permitió determinar las características que contribuyeron más al ordenamiento de las colecciones. La variable canónica uno explicó 65.98 % de la variabilidad entre las colecciones de roselle. La variable canónica dos explicó 30.15 % del total de la variabilidad (Tabla 5). Así, juntas explicaron 96.13 % de la variabilidad presente en las colecciones de roselle.

Como se muestra en la Tabla 5 y en la Figura 4, las características que contribuyeron más a explicar la variabilidad fenotípica por la variable discriminante canónica uno (DV1) fueron la longitud en la base del lóbulo principal de la hoja, la longitud del fruto, el perímetro del fruto, la longitud vertical de la hoja y el ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja. Para la variable discriminante canónica dos (DV2) las características que contribuyeron más a explicar la variabilidad fenotípica fueron el cromatismo de la flor (C) y el color cuantificado con un colorímetro (L). Finalmente, las características que explicaron la variabilidad fenotípica de la tercera variable discriminante canónica (DV3) fueron el color del fruto cuantificado con un colorímetro (L), el color del tallo en la parte media de la planta (b), el cromatismo del fruto (C), y el color del tallo en la parte media de la planta cuantificado con un colorímetro (a) (Tabla 6).

En la separación de los grupos por DV1 se observó que en el cuadrante superior y el cuadrante inferior izquierdo de la Figura 4 tres

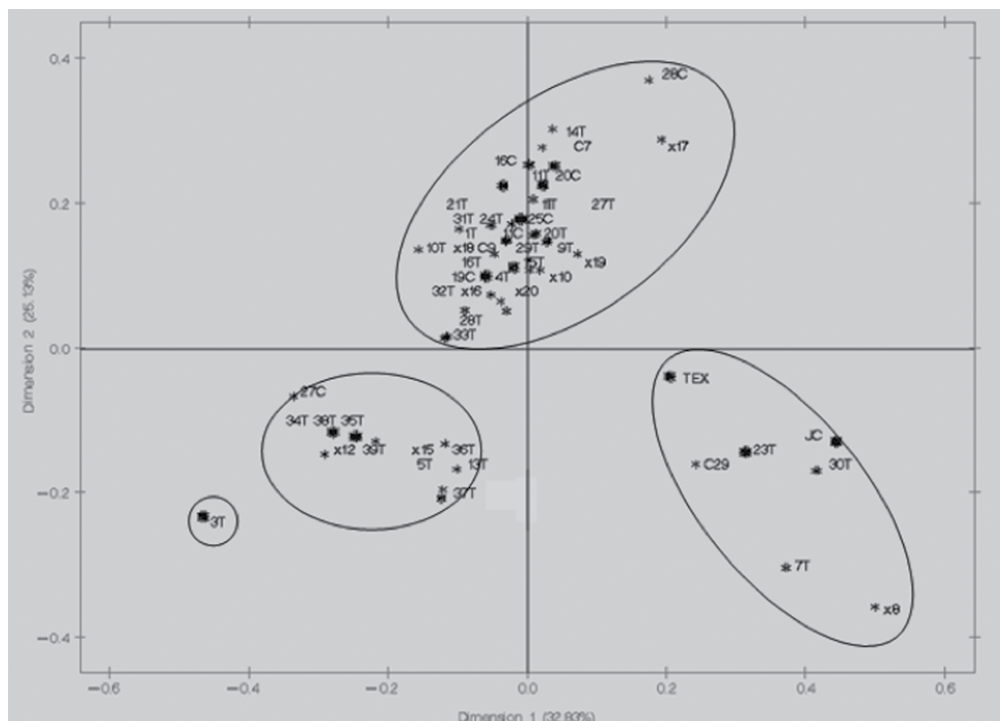


FIGURA 5. Dimensiones 1 y 2 para variables cualitativas en la caracterización morfológica de jamaica obtenidas mediante un análisis de correspondencia. Las etiquetas de color rojo indican la dispersión de las colecciones de jamaica mientras que las de color azul denotan la dispersión de las variables cualitativas, en ambas dimensiones.

FIGURE 5. Dimensions 1 and 2 for qualitative variables in the morphological characterization of roselle obtained using an analysis of correspondence. The red labels indicate the dispersal of the roselle collections while the blue ones denote the dispersal of the qualitative variables, in both dimensions.

de las antocianinas Dicha serie se representa como CR, CL y CC, donde la intensidad más alta y amplia la da CR (Chakravarty y Basu, 1972).

Las variables cualitativas se sometieron a un análisis de correspondencia y los resultados se muestran en el Cuadro 7, donde se observa que nueve dimensiones explicaron la variabilidad morfológica de la jamaica en un 100 %. En la dimensión 1 el porcentaje de explicación de la variabilidad morfológica de la jamaica fue 32.83 % y para la dimensión 2 fue 25.13 %. El porcentaje acumulado de las dimensiones 1 y 2 fue 57.96 % de la explicación para la separación de grupos. En la Figura 5 se observa de manera gráfica la dispersión de las colecciones y las variables cualitativas entre las dimensiones 1 y 2. Las variables X8, X17, X12, X15 y X18, que simbolizan respectivamente al color de la hoja, precocidad, color del tallo, color de brácteas y ausencia o presencia de glándulas melíferas contribuyeron de manera substancial para la separación de los grupos. Estas características son fáciles de evaluar en campo y pueden ser útiles para discriminar genotipos durante un programa de mejoramiento genético (Ibrahim y Hussein, 2006; Hussein *et al.*, 2010). El que exista variabilidad genética para precocidad permitirá seleccionar materiales para ambientes secos que escapen al período de sequía. Las diferencias en color de brácteas pueden estar

classes were located with collections 9T, 39T, TEX, 27T, 37T, C9, 31T and 22T, among others, with the characteristics of small length at the base of the main lobe, small fruit length, small average fruit perimeter, small vertical leaf length and small angle of the left lobe of the leaf. The most extreme values of the characteristics mentioned are represented by collection 9T, which is located quite far from zero with negative values. On the extreme right of DV1 are grouped collections 15T, 7T and 14T, which present contrasting characteristics with respect to those mentioned above.

With respect to DV2, in the lower left quadrant are grouped collections 30T, C9, 23T, 31T and 27T, which represent negative measurement scales with dark green leaf colors, and with flowers between bright pink to bright red. In the lower part of the upper left quadrant are grouped collections 39T, 22T, 37T and 4T among others, with positive value scales, corresponding to light green leaves and pale pink flowers. Finally, collection 9T was ordered in the upper left quadrant and presents very light green leaves and yellow flowers.

According to the above, the coloration of the flower, the characteristics of leaves and fruit size presented by the collected materials resulted important in the separation of the groups (Figure 4). The roselle collection 9T was grouped in the extreme upper left of the graph and materials 7T, 14T and 15T were located at the far right. Both groups

relacionadas con contenido de antocianinas, y el color de hojas y tallos, con contenido de clorofila y, por lo tanto, con la capacidad para realizar fotosíntesis. Esto último llevaría a seleccionar variedades de alto rendimiento y alto o bajo contenido de antocianinas (Chakravarty y Basu, 1972; Hussein *et al.*, 2010; Abdallah *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

Existe variación morfológica dentro de las accesiones de *H. sabdariffa*, dentro de las cuales sobresalen los caracteres cuantitativos longitud en la base del lóbulo principal de la hoja, longitud del fruto, longitud vertical de la hoja, ángulo del lóbulo izquierdo de la hoja, cromatismo (C) de la flor, y color de la hoja cuantificado con colorímetro (L) y los caracteres cualitativos color de la hoja, precocidad, color del tallo, color de brácteas, y ausencia o presencia de glándulas melíferas, que permitieron formar cuatro grupos de las accesiones recolectadas en diferentes lugares de Guerrero, México.

No se detectó alguna relación entre los grupos formados por las accesiones y las características edafo-climáticas de los lugares de colecta.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDALLAH, M.A.; SULIMAN, A.O.A.; ELDEEN, S.; IDRIS, A.A.; ABDUALRAHMAN. 2011. A comparative study on red and white karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces, extracts, and their products. *Pakistan Journal of Nutrition* 10(7):680-683. <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin2028.pdf>
- ANÓNIMO. 2004. Statistical Analysis System for Windows Version 8th. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. USA. pp: 1-40.
- ANÓNIMO. 2005. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. pp: 30-50. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae05/estatal/gro/index.htm>
- ANÓNIMO. 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>
- BAHAELDEEN, B.M.; ABDELATIF, A.S.; ABDELHAFIZ, A.D. 2012. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, cultivation and their uses. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 1(6):48-54. <http://www.bepils.com/may2012/10.pdf>
- BOWLEY, R.S. 1999. A Hitchhiker's Guide to Statistics in Plant Biology. Edit. Ampersand Printing. Guelph, Ontario, Canada. pp: 193-221.
- CHAKRAVARTY, K.; BASU, N.C. 1972. The anthocyanin pigmentation pattern in *Hibiscus sabdariffa* L. and its mode of inheritance, with special reference to the variation intermediacy. *Genetica* 43: 366-374. doi: 10.1007/BF00156132
- CHENG, Z.; LU, B.-R.; SAMESHIMA, K.; FU, D.-X.; CHEN, J.-K. 2004. Identification and genetic relationships of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) germplasm revealed by AFLP analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51:393-401. doi: 10.1023/B:GRES.0000023454.96401.1c

were very separated from the rest and are characterized for having highly contrasting fruit size and color. Collection 9T is an albino material with small fruit size, while collections 7T, 14T and 15T are distinguished for having bright red color and larger fruit diameter with respect to the rest of the collections. Some genetic studies have been focused on studying the forms of inheritance of characteristics such as the pigmentation patterns of stem, epicalyx, calyx, corolla and anthers. For stem and epicalyx it has been found that a series of multiple alleles is responsible for the intensity and distribution of the anthocyanins. This series is represented as CR, CL and CC, where the highest and widest intensity is given by CR (Chakravarty and Basu, 1972).

The qualitative variables were subjected to an analysis of correspondence and the results are shown in Table 7, where it is observed that nine dimensions explained the morphological variability in roselle by 100%. In dimension 1 the percentage of explanation of the morphological variability of roselle was 32.83 % and for dimension 2 it was 25.13 %. The accumulated percentage of dimensions 1 and 2 was 57.96 % of the explanation for the separation of groups. Figure 5 shows a graphic depiction of the dispersal of the collections and the qualitative variables between dimensions 1 and 2. Variables X8, X17, X12, X15 and X18, which symbolize respectively leaf color, earliness, stem color, bract color and absence or presence of melliferous glands contributed substantially in the separation of groups. These characteristics are easy to evaluate in the field and can be useful for discriminating genotypes during a genetic improvement program (Ibrahim and Hussein, 2006; Hussein *et al.*, 2010). The existence of genetic variability for earliness will make it possible to select materials for dry environments that escape the dry period. The differences in color of bracts may be related to the content of anthocyanins, color of stems and leaves, with chlorophyll content, and therefore, with the capacity to carry out photosynthesis. This would lead to the selection of high yielding varieties and high or low content of anthocyanins (Chakravarty and Basu, 1972; Hussein *et al.*, 2010; Abdallah *et al.*, 2011).

CONCLUSIONS

There is morphological variation within the accessions of *H. sabdariffa*, within which are outstanding the quantitative characteristics length at the base of the main lobe of the leaf, flower chroma (C), and leaf color quantified with colorimeter (L) and the qualitative characters leaf color, earliness, stem color, bract color, and absence or presence of melliferous glands, which made it possible to form four groups from the accessions collected in different locations of Guerrero, Mexico.

No relationship was found among the groups formed by the accessions and the edapho-climatic characteristics of the collection sites.

End of English Version

- CHRISTIAN, K.R.; NAIR, M.G.; JACKSON, J.C. 2006. Antioxidant and cyclooxygenase inhibitory activity of sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Food Composition and Analysis 19:778-783. doi: 10.1016/j.jfca.2006.04.004
- CLYDESDALE, F.M.; MAIN, J.H.; FRANCIS, F.J. 1979. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) anthocyanins as colorants for beverages and gelatine desserts. Journal Food Proteins 43(3):204-207.
- FALUSL, O.A. 2008. Inheritance of characters in kenaf (*Hibiscus cannabinus*). African Journal of Biotechnology 7(7):904-906. doi: 10.5897/AJB07.694
- GALICIA-FLORES, L. A.; SALINAS-MORENO, Y.; ESPINOZA-GARCÍA, B. M.; SÁNCHEZ-FERIA, C. 2008. Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. Revista Chapingo. Serie Horticultura 14(2) 121-129. <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/abe-2f9c3ec926a671fddfb99e82d1ef.pdf>
- HAJI, F.M.; HAJI, A.H. 1999. The effect of sour tea (*Hibiscus sabdariffa*) on essential hypertension. Journal of Ethnopharmacology 65:231-236. DOI: 10.1016/S0378-8741(98)00157-3
- HUSSEIN, R.M.; SHAHEIN, Y.E; EL HAKIM, A.E.; AWAD, H.M. 2010. Biochemical and molecular characterization of three colored types of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Journal of American Science 6(11):726-733. http://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0611/105_3886am0611_726_733.pdf
- IBRAHIM, M.M.; HUSSEIN, R.M. 2006. Variability, heritability and genetic advance in some genotypes of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) World Journal of Agricultural Science 2(3): 340-345. <http://www.idosi.org/wjas/wjas2%283%29/17.pdf>
- JOHNSON, D.E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores S. A. de C. V. México. 566 p.
- MAHADEVAN, N.; SHIVALI, K.P. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn: An overview. Natural Product Radiance 8: 77-83. <http://www.niscair.res.in/sciencecommunication/researchjournals/rejour/npr/npr2k9/nprJan-Feb09.asp#77>
- MENZEL, M.Y.; WILSON, F.D. 1969. Genetic relationships in *Hibiscus* sect. Furcaria. Brittonia 21(2): 91-125. doi: 10.2307/2805520
- MENZEL, M.Y.; GOETZ, S.G.; ADAMSON, W.C. 1983. Some pieces of the african genome puzzle in *Hibiscus* section Furcaria (Malvaceae). American Journal of Botany 70(2): 285-297. <http://www.jstor.org/stable/2443274>
- MOHAMED, R.; FERNADEZ, J.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. 2007. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed oil is a rich source of gamma-tocopherol. Journal of Food Science 72:207-211. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00285.
- PATÍÑO, N.A. 1975. Cultivo y Aprovechamiento de la Jamaica. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, México. 50 p.
- PIN-DER, D; GOW-CHIN, Y. 1997. Antioxidative activity of three herbal water extracts. Journal Food Chemical 60: 639-645. doi: 10.1016/S0308-8146(97)00049-6
- TSENG, T.; KAO, T.; CHU, C.; CHOU, F.; LIN, W.; WANG, C. 2000. Induction of apoptosis by Hibiscus Protocatechuic Acid in Human Leukemia Cells via Reduction of Retinoblastoma (RB) Phosphorylation and Bcl-12 expression. Biochemical Pharmacology 60: 307-315. doi:10.1016/S0006-2952(00)00322-1
- USOH, I.F.; AKPAN, E.K.; ETIM, E.O.; FAROMBI, E.O. 2005. Antioxidant actions of dried flowers extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. on sodium arsenite-induced oxidative stress in rats. Pakistan Journal of Nutrition 4(3): 135-141. doi: 10.3923/pjn.2005.135.141
- WILSON, F.D.; MENZEL, M.Y. 1964. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Economical Botany 18(1): 80-91. doi: 10.1007/BF02904005
- WILSON, F.D.; MENZEL, M.Y. 1967. Interspecific hybrids between kenaf (*Hibiscus cannabinus*) and roselle (*Hibiscus sabdariffa*). Euphytica 16:33-44. doi: 10.1007/BF00034096
- WILSON, F.D.; ADAMSON, W.C. 1970. Reaction to the cotton root knot nematode and the pollen and seed fertility of kenaf-roselle (*Hibiscus cannabinus* x *Hibiscus sabdariffa*) allohexaploids. Euphytica 19:349-355. doi: 10.1007/BF01904213