

Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México

Morphological characterization of endemic *Agave cupreata* species of Mexico

Avendaño-Arrazate CH¹, L Iracheta-Donjuan¹, JC Gódinez-Aguilar², P López-Gómez¹, A Barrios-Ayala³

Resumen. El agave papalote (*Agave cupreata* Trelease) es una especie endémica del estado de Guerrero, México, que se reproduce exclusivamente por semilla, pero es sobreutilizada y se requiere conocer su diversidad para ser protegida. El objetivo fue determinar la variación morfológica dentro de poblaciones silvestres y cultivadas de *Agave cupreata*, en el estado de Guerrero. Se evaluaron *in situ* 91 caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos de la planta (de los cuales se seleccionaron 51), hoja, espina, flor, fruto, semilla y escapo floral. El trabajo se efectuó en cinco zonas con diferente gradiente altitudinal de acuerdo al nivel de producción de mezcal. De cada zona se seleccionaron 20 plantas. Se utilizó un análisis multivariado y análisis de conglomerados jerárquicos. El análisis de componentes principales indicó que los primeros seis componentes principales (CP) explicaron el 60,1% de la variación total. El CP1 estuvo relacionado con la altura de la planta y el CP2 con el hábito de crecimiento y forma de la hoja. Se identificaron cinco grupos. La caracterización morfológica *in situ* permitió detectar variación morfológica en las poblaciones silvestres y cultivadas. Dicha variación fue detectada en el hábito de crecimiento, altura de la roseta, longitud de tallo, forma de hoja, forma del margen, número de costillas, ancho de espina terminal, longitud y grosor de la espina marginal. Además se proponen 37 descriptores varietales que permiten diferenciar los ecotipos de *A. cupreata*. Esto permitirá realizar la protección legal de este tipo de agave endémico de México y con ello promover su conservación y uso sustentable.

Palabras clave: Maguey papalote; Diversidad; Morfología; Descriptores.

Abstract. The agave papalote (*Agave cupreata* Trelease) which is endemic to the Guerrero state, Mexico, is propagated exclusively by seed, but it is overutilized and knowledge of its diversity is needed for its protection. Therefore, the study aimed to determine the morphological variation in wild and cultivated populations of *Agave cupreata* in five areas of Guerrero. Ninety one characters were evaluated *in situ*, and only 51 qualitative and quantitative morphological characters of the plant, leaf spine, flower, fruit, seed and flower stalk were selected. The work was carried out in five different altitudinal zones, according to the level of production of mezcal. In each area we selected 20 plants. We used multivariate and cluster analysis. The principal component analysis indicated that the first six principal components (PC) accounted for 60.1% of the total variation. The CP1 was related to plant height, and CP2 to growth habit and leaf shape. We identified five groups. Morphological characterization *in situ* allowed detecting morphological variation in wild and cultivated agave. This variation was detected in growth habit, rosette height, stem length, leaf shape, margin shape, number of ribs, terminal spine width, length and thickness of the marginal bone. We also propose 37 varietal descriptors that differentiate ecotypes of *A. cupreata*. This will contribute to perform the legal protection of this type of agave endemic to Mexico, and thereby promote its conservation and sustainable use.

Keywords: Maguey papalote; Diversity; Morphology; Descriptors.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa. Doctor en Ciencias en Genética.

² Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Maestro en Ciencias en Horticultura.

³ INIFAP. Campo Experimental Iguala. Doctor en Ciencias en Hidrociencias.

Address Correspondence to: Carlos Hugo Avendaño-Arrazate. Campo Experimental Rosario Izapa. Km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán C.P. 30870 Tuxtla Chico, Chiapas México, e-mail: avendano.carlos@inifap.gob.mx

Recibido / Received 4.II.2014. Aceptado / Accepted 23.II.2014.

INTRODUCCIÓN

La utilización de los agaves se remonta a hace más de 10000 años, cuando los pueblos recolectores-cazadores de Meso y Aridamérica empezaron a cocer los quiotes y cabezas de los agaves en hornos de piso para preparar el *mexcalli*, alimento nutritivo que al conservarse por varios días aliviaba la necesidad de buscar comida para el plazo inmediato, permitiéndoles a la vez disponer de mayor tiempo para realizar otras actividades (Illsley et al., 2009).

El uso de los magueyes en México es amplio, pues son utilizados como alimento humano y del ganado, como materia prima para producir bebidas fermentadas, destiladas y fibras, como medicamento (insulina y esteroides), mieles, jarabes, material para la construcción, cobertura viva para la retención del suelo y sustratos entre muchos otros usos (Ruvalcaba, 2002; Pardo, 2005; Berumen-Barbosa, 2009).

México es un centro importante de domesticación y diversidad en numerosos cultivos, dentro de ellos se encuentra el agave. Gentry (1982) divide el género en dos subgéneros: *Littaea*, que tiene 53 especies en ocho grupos, y *Agave* con 102 especies en 12 grupos. El género *Agave* es considerado un grupo parafilético con respecto al género *Manfreda*, *Polianthes* y *Prochnyantles* (Good-Avila et al., 2006). En 1984, se habían reportado 104 especies de agave endémicas de México (Dahlgren et al., 1984), pero para el 2002 ya se contaba con un registro de 129 especies endémicas (García-Mendoza, 2007). Del total de *Agaves* reportado a nivel internacional, México tiene aproximadamente el 75% (Flores et al., 2010); esta riqueza se debe posiblemente a los hábitats heterogéneos del país, como a las propiedades intrínsecas de cada taxón, como la plasticidad genética, tolerancia ecológica, capacidad de dispersión y la variabilidad de interacciones con otros organismos, sobre todo polinizadores.

Dentro de las especies de *Agave* de México se encuentra *Agave cupreata*, la cual se reporta como endémica del estado de Guerrero. Gentry (1982) clasifica el *Agave cupreata* dentro del subgénero *Euagave*, dentro del grupo *Crenatae*, el cual se distingue por espinas de color cobre, hojas anchas verde claro, muy dentadas y con impresiones de espinas muy marcadas en los bordes.

El *Agave cupreata* es una planta que alcanza la madurez sexual entre 7 y 15 años y no se reproduce vegetativamente. Se distribuye en laderas de 1220 a 1850 m de altitud en la depresión del Balsas, región semiárida de los estados de Guerrero y Michoacán, al sur-occidente de México. Sus poblaciones están diezgadas debido a que los individuos maduros se cosechan justo antes de su floración, cuando la concentración de azúcar está en su máximo, para producir mezcal en destilerías artesanales (Martínez-Palacios et al., 2011), lo cual evita la reproducción de la especie.

Aguirre (2004) estudió la genética de cinco poblaciones silvestres de *A. cupreata*, utilizando los iniciadores de ISSR

846 y 857. Este autor encontró que a mayor distancia geográfica, mayor distancia genética. Por esto sugirió tres grupos de manejo, una en el estado de Guerrero y dos en el de Michoacán. Illsey et al. (2007) reportaron que las tasas de crecimiento son menores a uno, con un decremento de las poblaciones del 3 a 5% anual, afirmando que el maguey papalote están en peligro de desaparecer en el mediano plazo si no se garantiza la incorporación y la supervivencia de nuevos individuos. En este sentido, Scheinvar (2008) reportó que en las regiones de Guerrero y Oaxaca se presenta una disminución de la diversidad genética del *Agave cupreata*, lo cual podría estar agravándose por la disminución del tamaño de las poblaciones y la desaparición de polinizadores. Esto indica la importancia de conocer la diversidad de dicha especie. Al respecto Martínez-Palacios et al. (2011) realizaron un examen en nueve loci isoenzimáticos de 12 poblaciones naturales de *Agave cupreata*, donde encontraron un promedio muy elevado de proporción de loci polimórficos (93%), con una diferenciación genética marcada entre poblaciones. Scheinvar (2008) también encontró heterocigosis entre las poblaciones al analizar la diversidad y estructuración genética de poblaciones silvestres y de vivero de *A. cupreata* mediante microsatelites ISSR. Sin embargo, estos estudios corresponden principalmente a muestras del estado de Guerrero. Además son pocos los estudios relacionados con la variabilidad morfológica y cuando se realiza es con base a pocos descriptores varietales. Se entiende por caracterización varietal a la descripción de la variación existente en una colección de germoplasma (Hinthum van, 1995; Abadie y Berretta, 2001). El objetivo principal de la caracterización es la identificación y diferenciación de las accesiones de una especie (Abadie y Berretta, 2001). En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Para la caracterización varietal es indispensable el uso de descriptores varietales. Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar, así como de evaluar y hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión (Franco e Hidalgo, 2003). Los datos de la caracterización varietal son tomados principalmente de las estructuras botánicas como: hojas, tallos, flores, frutos y semillas. El objetivo del presente estudio fue determinar la variación morfológica dentro de poblaciones silvestres y cultivadas de *Agave cupreata* en cinco zonas de Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La caracterización morfológica se realizó *in situ* en cinco zonas con diferente gradiente altitudinal en el Estado de Guerrero, México en el año 2011. Se seleccionaron 20 plantas por zona y de acuerdo al nivel de producción de agave, se denominó Zona 1 "Norte", Zona 2 "Centro", Zona 3 "Montaña", Zona 4 "Sierra" y Zona 5 "Zihuaquiu Sur" (Tabla 1).

VARIABLES EVALUADAS *in situ*. Se propusieron y evaluaron *in situ* 91 caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos de la planta, hoja, espina, flor, fruto, semilla y escapo floral (Tabla 2).

Los caracteres cualitativos se midieron con base en parámetros visuales, en cuanto a color la referencia utilizada fue la carta de colores de la Royal Horticultural Society (RHS, 2007); para el registro de los caracteres cuantitativos se utilizaron una regla y un vernier manual.

Análisis estadístico. Se utilizó el análisis multivariado, mediante componentes principales que fue analizado me-

dante el procedimiento PRINCOMP de SAS, (1996) utilizando la matriz de correlación. Se consideraron los valores propios (Eigenvalores) y los vectores propios (Eigenvectores). Los componentes principales se graficaron en un plano cartesiano para observar la distribución de las accesiones caracterizadas. El análisis de conglomerados jerárquicos se realizó mediante el procedimiento PROC CLUSTER de SAS (1996), y se realizó el algoritmo por agrupamiento jerárquico del cual se generó un dendograma que permitió distinguir los grupos conformados por las accesiones caracterizadas (González, 2001).

Tabla 1. Sitios y zonas de caracterización de *Agave cupreata* en el estado de Guerrero, México.

Table 1. Sites and areas characterization of *Agave cupreata* in the state of Guerrero, Mexico.

Sitio	Zona	Localidad	Municipio	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)
1	1	Carretera Mezcala-Carrisalillo km 10	Leonardo Bravo	17°51'15"	99°25'34"	1300
2	1	Carretera Mezcala-Carrisalillo km 12	Leonardo Bravo	17°53'41"	99°40'09"	1424
3	1	Carretera Mezcala-Carrisalillo km 12	Leonardo Bravo	17°53'41"	99°40'09"	1424
4	1	Puerto de Riesgo	Apaxtla	18°09'43"	99°54'36"	1531
5	1	La Laguna	Apaxtla	18°08'43"	99°54'52"	1511
6	1	Carrisalillo	Leonardo Bravo	17°50'39"	99°43'36"	1726
7	1	Amatitlán	Leonardo Bravo	17°50'07"	99°43'53"	1749
8	1	Carretera Mezcala-Carrisalillo km 18	Leonardo Bravo	17°51'32"	99°41'00"	1628
9	1	Carretera Mezcala-Carrisalillo km 15	Leonardo Bravo	17°51'32"	99°41'00"	1628
10	2	La Laguna	Mazatlán	17°24'33"	99°27'11"	1390
11	2	Falda de Palo	Zitlala	17°41'25"	99°15'26"	1680
12	2	Km 3 Carretera Pochohuizco	Apango	17°42'11"	99°15'46"	1897
13	2	Km 3 Carretera Pochohuizco	Apango	17°42'11"	99°15'46"	1897
14	2	La Loma	Apango	17°46'41"	99°15'28"	1788
15	2	El Ahuejote	Tixtla	17°34'53"	99°16'29"	1985
16	2	Capilla de la Virgen	Tixtla	17°32'43"	99°27'06"	1667
17	2	Huitziltepec	Huitziltepec	17°49'58"	99°28'44"	1292
18	2	Carretera a Saladillo	Mazatlán	17°25'33"	99°27'11"	1268
19	2	Jalapa	Chichihualco	17°37'43"	99°35'57"	1227
20	2	Carretera Tixtla-Chilpancingo	Tixtla	17°32'54"	99°27'22"	1706
21	2	Carretera Tixtla-Chilpancingo	Tixtla	17°35'48"	99°23'42"	1406
22	2	Carretera Tixtla-Chilpancingo	Tixtla	17°35'48"	99°23'42"	1406
23	2	Omeapa	Tixtla	17°35'08"	99°20'55"	1543
24	3	Teomatatlan	Chilapa	17°34'27"	99°07'59"	1566
25	3	Teomatatlan	Chilapa	17°34'27"	99°07'59"	1566
26	3	Teomatatlan	Chilapa	17°34'27"	99°07'59"	1566
27	3	Chicotlán	Chilapa	17°30'56"	99°07'38"	1614
28	3	Zizintitlan	Chilapa	17°32'25"	99°08'49"	1600
29	3	Tlanipatla	Chilapa	17°32'19"	99°08'35"	1568
30	3	Tlanipatla	Chilapa	17°32'19"	99°08'35"	1568

31	3	Ayotzinapa	Tlapa de Comonfort	17°34'37"	98°46'31"	1891
32	3	Pantitlan	Chilapa	17°39'39"	99°05'07"	1779
33	3	Santa Cruz	Chilapa	17°39'08"	99°07'40"	1829
34	3	Tzontla	Chilapa	17°38'04"	99°09'53"	1500
35	3	Tzontla	Chilapa	17°38'04"	99°09'53"	1500
36	3	Parcela	Zitlala	17°41'35"	99°12'26"	1451
37	3	Trancas	Zitlala	17°41'50"	99°12'59"	1577
38	3	Trancas	Zitlala	17°41'50"	99°12'59"	1577
39	4	La Laguna	Eduardo Neri	17°44'37"	99°43'40"	1937
40	4	Xochipala	Eduardo Neri	17°47'19"	99°42'07"	1643
41	4	Chichihualco	Leonardo Bravo	17°38'23.3"	99°43'17.3"	1616
42	4	Chichihualco	Leonardo Bravo	17°38'23.3"	99°43'17.3"	1616
43	4	La Zoca	Leonardo Bravo	17°38'31.0"	99°43'54.4"	1260
44	4	Iyotla	Leonardo Bravo	17°38'31.0"	99°43'54.4"	1260
45	4	Mirabal	Eduardo Neri	17°43'32"	99°45'01"	2015
46	5	La Nogalera	Coyuca de Catalán	18°05'07"	101°05'07"	1130
47	5	Las Mesas	Coyuca de Catalán	18°05'04"	101°10'20"	1279
48	5	El Filo	Coyuca de Catalán	18°04'56.8"	101°10'13.4"	1290
49	5	Las Vaquitas	Coyuca de Catalán	18°06'56.8"	101°11'18.8"	1374

Tabla 2. Caracteres morfológicos evaluados *in situ* en *Agave cupreata* en el estado de Guerrero, México.

Table 2. Morphological traits evaluated *in situ* in *Agave cupreata* in the state of Guerrero, Mexico.

	Carácter	Escala	Código
Planta			
1.	Hábito de crecimiento	1: Rosetófila 2: Rosetófila acaule 3: Subcaulescente 4: Rosetófila arborescente	HDC
2.	Altura de roseta	cm	ADR
3.	Porte	1: Bajo 2: Medio 3: Alto	POR
4.	Diámetro de roseta	cm	DDR
Tallo			
5.	Tallo	1: Visible 2: No visible	TAL
6.	Longitud	cm	LON
7.	Diámetro	cm	DIA
8.	Forma	1: Esférica 2: Oval 3: Cilíndrica	FOR
9.	Altura de la yema apical	cm	ADC
Hoja			
10.	Cantidad de hojas	Número	CDH
11.	Densidad de hojas	1: Pocas 2: Medio 3: Muchas	DDH
12.	Color	1: Verde claro 2: Verde 3: Verde oscuro	COL
13.	Distribución de las hojas	1: Uniforme 2: Desuniforme	DIDH
14.	Forma	1: Linear 2: Lanceolada 3: Espatulada 4: Deltoide 5: Oblonga 6: Ovada	FOH
15.	Longitud	cm	LOH

16.	Tamaño	1: Corta 2: Media 3: Larga	TAH
17.	Ancho central	1: Angosta 2: Media 3: Ancha	ANC
18.	Grosor central	mm	GRC
19.	Ancho basal	cm	ANB
20.	Grosor basal	mm	GRBH
21.	Presencia de cera	1: Presente 2: Ausente	PDC
22.	Textura	1: Lisa 2: Rugosa	TEX
23.	Rigidez	1: Bajo 2: Medio 3: Alto	RIG
<hr/>			
24.	Forma del margen	1: Aserrado 2: Dentrado 3: Sinuado 4: Crenado 5: Lobulado 6: Trifurcado	FOM
25.	Grado de curvatura	1: Bajo plano 2: Medio 3: Alto ondulado	GDCU
26.	Presencia de costillas	1: Presente 2: Ausente	PRC
27.	Número de costillas	Número	NUC
<hr/>			
Espina Terminal			
28.	Flexibilidad	1: Flexible 2: Rígida	FLET
29.	Color	1: Café claro 2: Café 3: Café oscuro	COET
30.	Longitud	cm	LOET
31.	Ancho		cm
32.	Grosor	mm	GRET
33.	Forma	1: Recta 2: Curva 3: Doblada	FOET
<hr/>			
Espina Marginal			
34.	Flexibilidad	1: Flexible 2: Rígida	FLEM
35.	Color	1: Café claro 2: Café 3: Café oscuro	COEM
36.	Longitud basal	mm	LOBA
37.	Longitud central	mm	LOCE
38.	Longitud apical	mm	LOAP
39.	Ancho basal	mm	ANBA
40.	Ancho central	mm	ANCE
41.	Ancho apical	mm	ANA
42.	Grosor basal	mm	GRB
43.	Grosor central	mm	GRCEM
44.	Grosor apical	mm	GRAEM
45.	Forma	1: Recta 2: Retroflexa	FEM
46.	Distribución	1: Simple 2: Combinada	DIEM
47.	Tipo	1: Retroflexa ancha con espina hacia arriba 2: Retroflexa delgada con espina hacia arriba 3: Retroflexa trifurcada 4: Retroflexa ancha con espina hacia abajo 5: Retroflexa delgada con espina hacia abajo	TIEM
48.	Número de espinas en el valle	Número	NEEV
49.	Distancia entre espinas	cm	DEES
50.	Número de espinas principales	Número	NEP
<hr/>			
Inflorescencia			
51.	Tipo de inflorescencia	1: Paniculada 2: Espiga	TDI
52.	Tipo de floración	1: Monocárpica 2: policárpica	TDF

53.	Ciclo biológico	1: Precoz 2: Intermedio 3: Tardío	CBIO
54.	Longitud	cm	LDI
55.	Número de panículas	Número	NDPA
56.	Número de racimos por panícula	Número	NRPA
57.	Número de ramillas por panícula	Número	NRAP
58.	Número de flores por ramilla	Número	NFPR
59.	Número de flores totales por panícula	Número	NFTP
Flor			
60.	Color	1: Amarillo claro 2: Amarillo 3: Amarillo oscuro	COFL
61.	Longitud	cm	LDLFL
62.	Ancho	cm	ANFL
63.	Número de tépalos	Número	NDTF
64.	Longitud de antera	mm	LANF
65.	Ancho de antera	mm	ANAN
66.	Grosor de antera	mm	GRAN
67.	Longitud de pistilo	mm	LOPI
68.	Grosor de pistilo	mm	GRPI
Fruto			
69.	Forma	1: Redondo 2: Oblato 3: Elíptico 4: Elíptico apiculado	FOF
70.	Color (Tierno)	1: Verde claro 2: Verde 3: Verde oscuro	COFT
71.	Color (Maduro)	1: Amarillo claro 2: Amarillo 3: Amarillo oscuro 4: Rojizo	COFM
72.	Longitud	mm	LFR
73.	Ancho	mm	AFRU
74.	Ápice del fruto	1: Agudo 2: Apesonado 3: Achatado	APFR
75.	Constricción basal	1: Con constricción basal 2: Sin constricción basal	CBFR
76.	Dehiscencia del fruto	1: Poca 2: Mediana 3: Mucha	DHFR
77.	Peso de individual de fruto seco	gramos	PIFS
78.	Peso de 20 frutos	gramos	PDVF
79.	Numero de semilla vanas por fruto	Número	NSVF
80.	Numero de semillas viables por fruto	Número	NSVI
81.	Peso de semilla vana	mg	PSVA
82.	Peso de semilla viable	mg	PSVI
83.	Peso de cáscara	mg	PDCA
Semilla			
84.	Forma de semilla	1: Elíptica 2: Lanceolada 3: Ovada 4: Redonda 5: Semitriangular 6: Arqueada	FDSE
85.	Color de semilla	1: Negro opaco 2: Negro 3: Negro brillante	CDSE

86.	Longitud de semilla	mm	LDSE
87.	Ancho de semilla	mm	ANSE
88.	Grosor de semilla	mm	GRSE
89.	Peso individual de semilla	mg	PEIS
90.	Peso de 20 semillas	gramos	PEVS
91.	Contenido de azúcar	Grados brix	COAZ

RESULTADOS

El análisis de componentes principales con base en 51 variables (Planta, tallo, espina terminal, espina marginal y contenido de azúcar) indicó que los primeros seis componentes principales (CP) explican el 60,18% de la variación total (Tabla 3). El componente principal 1 (CP1) explicó el 23,2%; el CP2 12,5%; el CP3 8,5%; el CP4 6,6%; el CP5 4,7%, y el CP6 4,4% de la variación total.

Las variables que más contribuyeron en cada uno de los componentes principales fueron: en el CP1, altura de roseta (ADR), porte de roseta (POR), diámetro de la roseta (DDR),

longitud de tallo (LON), diámetro de tallo (DIA), altura de cogollo (ADC), longitud de hoja (LOH) y tamaño de hoja (TAH); en el CP2 fueron hábito de crecimiento (HDC), forma de la hoja (FOH), ancho central de la hoja (ANC), longitud central de la espina marginal (LOCE), longitud apical de la espina marginal (LOAP), grosor apical de la espina marginal (GRAEM) y número de espinas en el valle (NEEV); para el CP3 fueron el tallo (TAL), cantidad de hojas (CDH), densidad de hojas (DDH), número de costillas en la hoja (NUC), ancho de espina terminal (ANET), grosor basal de espina terminal (GRB), forma de la espina marginal (FE) y número de espinas principales (NEP) (Tabla 4).

Tabla 3. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por cada uno de los componentes principales, con base en 51 caracteres morfológicos en *Agave cupreata*.

Table 3. Eigenvalues and proportion of the total variance explained by each of the major components, based on 51 morphological characters in *Agave cupreata*.

CP	Eigenvalor	Diferencia	Proporción	Acumulado
1	11,1651278	5,1408674	0,2326	0,2326
2	6,0242604	1,9118827	0,1255	0,3581
3	4,1123777	0,9266877	0,0857	0,4438
4	3,1856899	0,9013693	0,0664	0,5102
5	2,2843207	0,1710277	0,0476	0,5577
6	2,1132930	0,2958711	0,0440	0,6018

Table 4. Vectores propios entre variables morfológicas en accesiones de *Agave cupreata*.

Table 4. Eigenvectors between morphological variables in accessions of *Agave cupreata*.

Variable	CP1	CP2	CP3
HDC	0,102207	-0,227948	0,209022
ADR	0,26298	-0,080698	0,003929
POR	0,230042	-0,11659	0,00141
DDR	0,274361	-0,104729	0,048982
TAL	-0,067137	0,218018	-0,224754
LON	0,221326	-0,137263	0,015253
DIA	0,241472	0,057139	0,09504
FOR	0	0	0
ADC	0,224199	-0,060665	-0,059009
CDH	-0,021818	0,151494	0,208586
DDH	0,014583	0,088318	0,303527

COL	-0,014696	-0,101862	-0,026281
DIDH	0,090138	-0,161544	0,100113
FOH	-0,082185	0,26809	-0,092342
LOH	0,274379	-0,123355	-0,002617
TAH	0,264476	-0,085864	-0,013374
ANC	0,162162	0,205648	-0,09944
GRC	0,086317	0,069674	0,136774
ANB	0,136776	0,162964	-0,123868
GRBH	0,179937	0,016236	0,03402
PDC	-0,020057	0,06712	0,133335
TEX	-0,05886	0,073602	-0,000482
RIG	0,131279	0,047558	-0,130766
FOM	-0,051218	0,262678	0,041465
GDCU	0,103999	-0,038695	-0,014343
PRC	-0,030446	0,073781	0,089699
NUC	0,160027	0,031728	-0,275366
FLET	0	0	0
COET	0,072321	0,102293	-0,094371
LOET	0,156296	0,013666	0,075336
ANET	0,096707	0,190463	-0,212758
GRET	0,131954	0,190886	-0,176572
FOET	-0,12656	0,023139	0,082503
FLEM	0	0	0
COEM	0,072321	0,102293	-0,094371
LOBA	0,05129	0,195719	0,193035
LOCE	0,100598	0,297034	0,035551
LOAP	0,037154	0,221361	0,051325
ANBA	0,153871	-0,006236	0,142927
ANCE	0,196252	0,187371	0,021161
ANA	0,165157	0,096836	0,155722
GRB	0,029957	0,121055	0,320255
GRCEM	0,135924	0,206125	0,184355
GRAEM	0,057402	0,215785	0,192233
FEM	0,169559	0,073986	-0,209164
DIEM	-0,026024	-0,087492	-0,03974
TIEM	0,02455	0,119319	-0,176348
NEEV	0,163186	-0,216515	0,04027
DEES	0,182672	0,044644	0,183202
NEP	0,117558	-0,128789	-0,262244
COAZ	0,124208	0,088953	-0,151279

CP1: Componente Principal 1, CP2: Componente Principal 2; CP3: Componente Principal 3.

La distribución en el eje cartesiano, de acuerdo a los CP1 con CP2, permite observar la gran variación encontrada en las plantas de *Agave cupreata*; esto se debe a que el CP1, como ya se mencionó, está relacionado con la altura de la planta y el CP2 con el hábito de crecimiento y forma de la hoja. Al ser *A. cupreata* una planta de polinización cruzada, es posible la presencia de una gran variación, a lo que se suma el manejo específico que se le da de acuerdo a la zona de cultivo (Fig. 1).

En el mismo sentido, se puede observar en la Figura 2 que la variación fue amplia de acuerdo a la distribución de las plantas en el plano cartesiano. Esto está relacionado al graficar variables relacionadas con la planta, la cantidad y densidad de hojas y la espina marginal, caracteres que tienden a cambiar de acuerdo al manejo, gradiente altitudinal y tipo de polinización.

Análisis de conglomerados jerárquicos. De acuerdo al análisis de conglomerados, se formaron cinco grupos a una distancia de 0,04 (Fig. 3). El grupo I se formó de 12 accesiones, el II de 8, el III de 9, el IV de 11 y el V de 9 accesiones. El grupo I se caracterizó por presentar un hábito de crecimiento rosetofila subcaulescente, tallo visible, forma de la hoja espatulada, en la forma del margen predominó el aserrado, y la forma de la espina marginal fue retroflexa. En cuanto a la planta, la altura y diámetro de la roseta fueron de 110,4 y 197,9 cm, respectivamente. En lo que se refiere al tallo, la longitud fue de 48,7 cm y el diámetro de 144,6 cm, la altura de cogollo de 51,1 cm; la cantidad de hojas de 58,8; la longitud foliar de 82,1 cm, y el ancho central en la hoja de 24,1 cm. El número de costillas fue de 1,6 en promedio. En la espina terminal la anchura fue

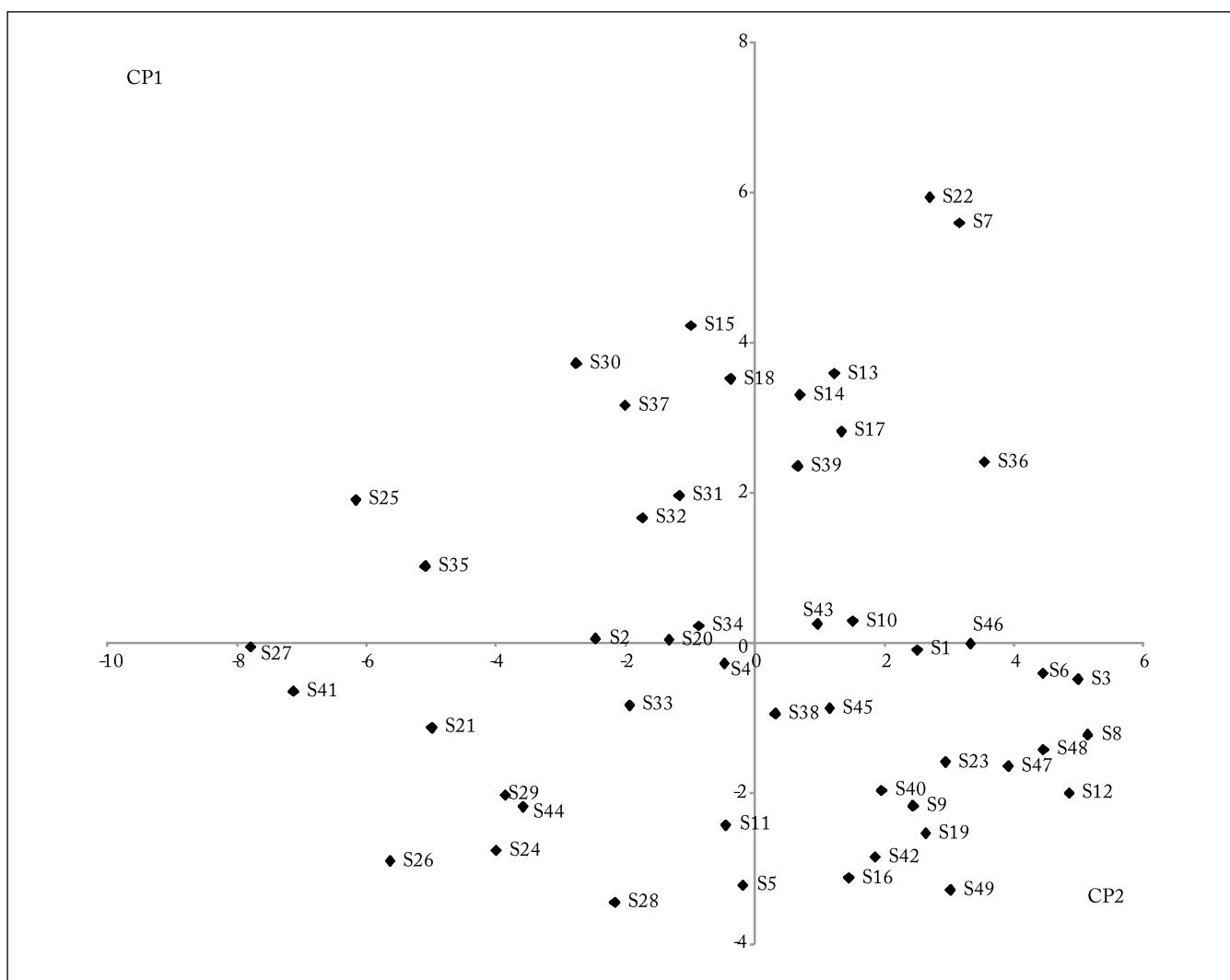


Fig. 1. Distribución de 49 accesiones de *Agave cupreata* con base en 51 caracteres morfológicos en función del Componente Principal 1 (CP1) y el Componente Principal 2 (CP2), procedentes de cinco zonas altitudinales del Estado de Guerrero, México.

Fig 1. Distribution of *Agave cupreata* 49 accessions based on 51 morphological characters based on Principal Component 1 (PC1) and Principal Component 2 (PC2) from five altitudinal areas of the State of Guerrero, Mexico.

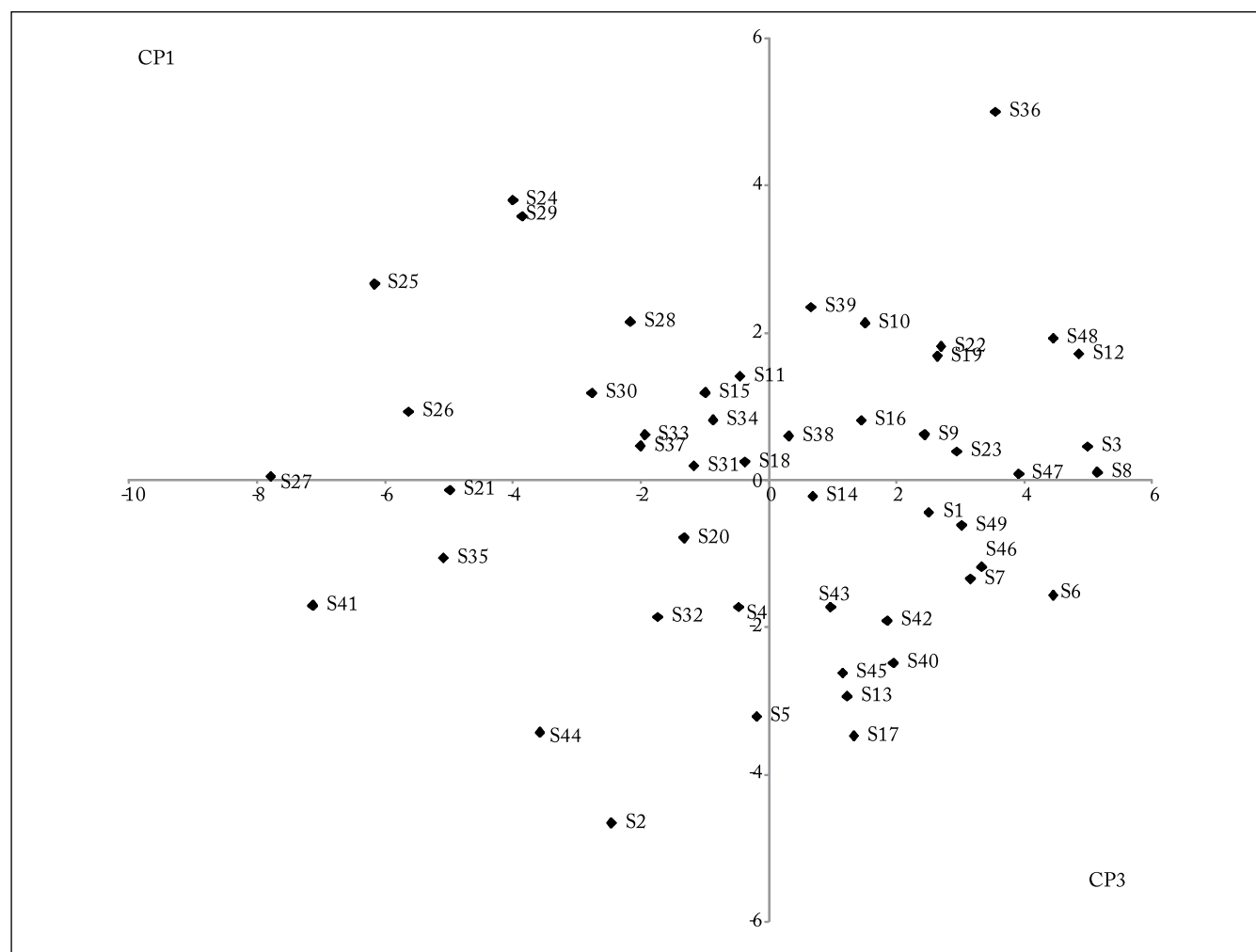


Fig. 2. Distribución de 49 accesiones de *Agave cupreata* con base en 51 caracteres morfológicos en función del Componente Principal 1 (CP1) y el Componente Principal 3 (CP3), procedentes de cinco zonas altitudinales del Estado de Guerrero, México.

Fig. 2. Distribution of *Agave cupreata* 49 accessions based on 51 morphological characters based on Principal Component 1 (PC1) and Principal Component 3 (CP3), altitudinal from five areas of the State of Guerrero, Mexico.

de 12,8 mm. En la espina marginal la longitud central fue de 11,3 mm y la apical de 10,3 mm; el número de espinas en el valle fue de 2,4, mientras que la hoja presentó una concentración promedio de azúcares de 6,3 °Brix.

El grupo II se caracterizó por presentar un hábito de crecimiento predominantemente rosetofo subcaulescente, tallo no visible, forma de la hoja espatulada, en la forma del margen aserrado y la forma de la espina marginal fue retroflexa. En cuanto a la planta, la altura y diámetro de la roseta fueron de 131,5 y 228,42 cm, respectivamente. En lo que se refiere al tallo, la longitud correspondió a 60,6 cm y el diámetro a 168,7 cm, la altura de cogollo fue de 67,6 cm. En hoja, la cantidad de hojas fue de 63,7, la longitud de 93,7 cm y el ancho central de 23,4 cm; el número de costillas fue de tres en promedio. En la espina terminal el ancho fue de 12,9 mm. En la espina marginal la longitud central fue de 12,6 mm y la apical de

10,2 mm. El número de espinas en el valle fue de 4,8, con una concentración promedio de azúcares de 7,4 °Brix en la hoja.

El grupo III se caracterizó por presentar un hábito de crecimiento rosetofo, tallo no visible, la forma de la hoja fue espatulada, en la forma del margen predominó el aserrado y la forma de la espina marginal fue retroflexa. En cuanto a la planta, la altura y diámetro de la roseta fueron de 103,2 y 177,1 cm, respectivamente. En lo que se refiere al tallo, la longitud midió en promedio 45,6 cm y el diámetro 126,2 cm, la altura de la yema apical fue de 55 cm. En hoja, la cantidad de hojas fue de 48,8, la longitud de 76,2 cm y el ancho central de 23,3; el número de costillas fue de 2,9 en promedio. En la espina terminal el ancho fue de 14,2 mm. En la espina marginal la longitud central fue de 9,7 mm y la apical de 8,3 mm, y el número de espinas en el valle fue de 1,2; la concentración de azúcares en la hoja fue de 5,8 °Brix en promedio.

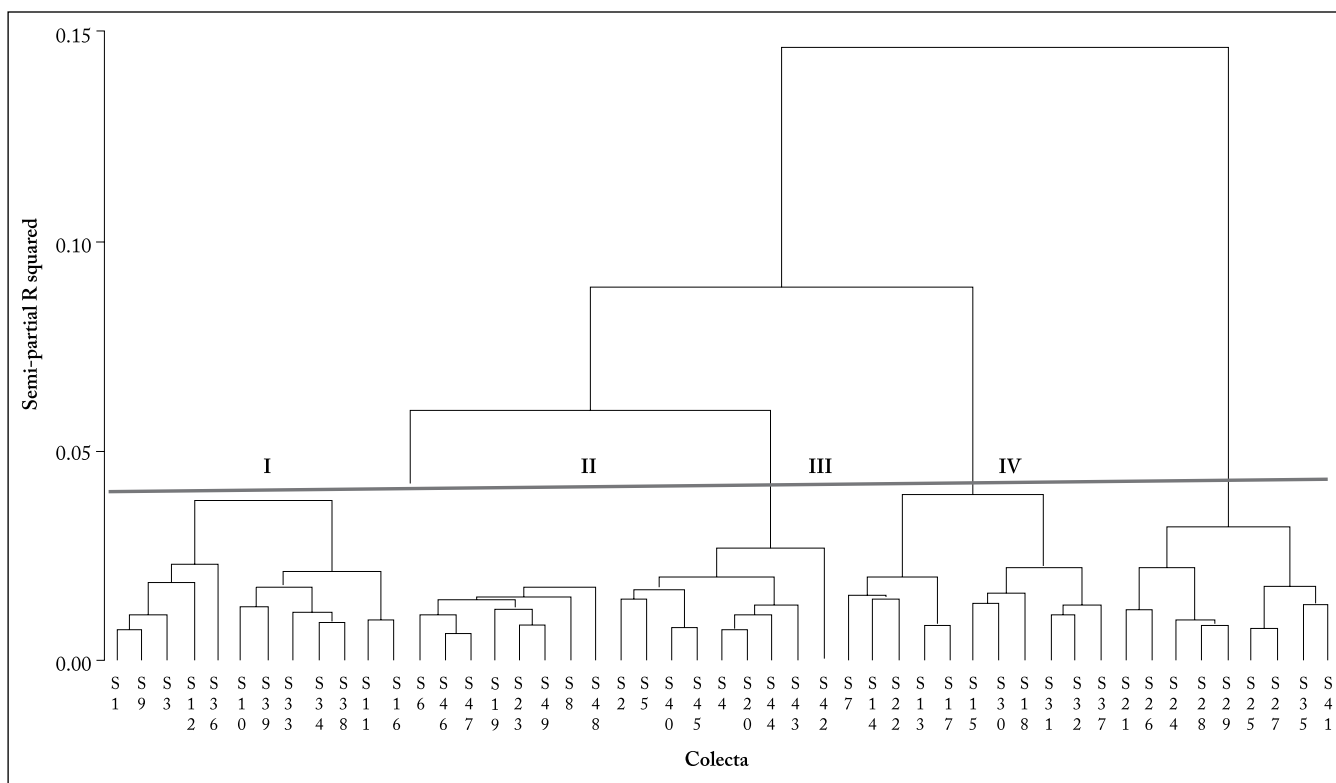


Fig. 3. Dendrograma de 49 accesiones de *Agave cupreata* de acuerdo a 51 caracteres morfológicos, procedentes de cinco zonas altitudinales del Estado de Guerrero, México. Grupo I, II, III, IV y V.

Fig. 3. Dendrogram of 49 accessions of *Agave cupreata* according to 51 morphological characters from five altitudinal zones of the State of Guerrero, Mexico. Group I, II, III, IV and V.

El grupo IV se caracterizó por presentar un hábito de crecimiento rosetofilo, tallo no visible, forma de la hoja predominantemente ovada, el margen foliar principalmente lobulado y trifurcado; la forma de la espina marginal fue retroflexa. Respecto a la planta, la altura y diámetro de la roseta fueron de 91,1 y 161,6 cm, respectivamente. En lo que se refiere al tallo, la longitud fue de 42,7 cm y el diámetro de 141,5 cm, la altura de cogollo de 46,5 cm. En hoja, la cantidad de hojas fue de 70,5; la longitud de 66,2 cm y el ancho central de 26,8 cm; el número de costillas fue de 2,6 en promedio. En la espina terminal, el ancho fue de 16,5 mm. En la espina marginal, la longitud central fue de 14,6 mm y la apical de 12,5 mm. El número de espinas en el valle fue de 0,5, y la concentración de azúcares de 7,3 °Brix en promedio en la hoja.

El grupo V se caracterizó por presentar un hábito de crecimiento rosetofilo subcaulescente y rosetofilo, tallo visible y no visible, forma de la hoja espatulada y ovada, el margen foliar predominantemente aserrado y forma recta de la espina marginal. En cuanto a la planta, la altura y diámetro de la roseta fue de 73,3 cm y 130,8 cm, respectivamente. En lo que se refiere al tallo, la longitud fue de 37,3 cm y el diámetro de 104,8 cm, la altura de cogollo de 31,8 cm. En hoja, la cantidad de hojas fue de 60,6, la longitud de 52,2 cm, y el ancho central

de 18,2 cm; el número de costillas fue de 1,1 en promedio. En la espina terminal, el ancho fue de 109 mm en promedio. Por otro lado, en la espina marginal, la longitud central fue de 9,6 mm y la apical de 9,2 mm, y el número de espinas en el valle fue de uno. La concentración de azúcares fue de 5,04 °Brix en la hoja en promedio.

Caracterización de inflorescencia, flor, fruto y semilla.

En cuanto a la caracterización completa se utilizaron 91 descriptores (Tabla 1). Se utilizaron solamente 16 plantas del total de 100 plantas muestreadas en ocho sitios y tres zonas de colecta; éstas corresponden a los descritos en la Tabla 5.

Se encontró una amplia variación en la forma de hoja, y espina terminal y marginal (Fig. 4). La inflorescencia que presentó *A. cupreata* fue del tipo paniculada, monocarpica; es decir, que florece una vez en su vida y muere. Algunas plantas precoces comienzan este ciclo desde noviembre y otras más tardías en marzo. Numerosas flores son producidas, pero pocas son las que originan fruto (Fig. 5a). Dentro de las cualidades que tiene *A. cupreata*, resalta la coloración de sus flores: éstas presentan de un color amarillo claro a fuerte (Fig. 5b). En cuanto al fruto, este se caracteriza por tener un color verde claro a intenso, posteriormente se torna amarillo claro, amarillo

Tabla 5. Accesiones de *A. cupreata* que fueron caracterizadas *in situ* con 91 caracteres en el Estado de Guerrero, México.
Table 5. Accessions of *A. cupreata* that were characterized *in situ* with 91 characters in the State of Guerrero, Mexico.

Sitio	Zona	Sitio	No. Plantas	Lugar	Altitud
10	2	10	1	La Laguna, Mazatlán	1390
15	2	15	1	El Ahuejote, Tixtla	1685
40	4	40	1	Xochipala, Eduardo Neri	1643
45	4	45	1	Mirabal, Eduardo Neri	2015
46	5	46	3	La Nogalera, Coyuca de Catalán	1130
47	5	47	3	Las Mesas, Coyuca de Catalán	1279
48	5	48	3	El Filo, Coyuca de Catalán	1290
49	5	49	3	Las Vaquitas, Coyuca de Catalán	1374

fuerte a rojizo (Fig. 5c). La forma del fruto es oblata-elíptica, con ápice achatado-apezonado, todos presentan constricción basal. La dehiscencia es poca en algunos frutos; sin embargo, otros presentan alta dehiscencia. La composición general en peso es de un 60% de cáscara, 39% de semilla viable, y 1% de semilla vana. Sin embargo, la relación de semillas viables/vanas es del 50%. Finalmente, en algunas plantas la producción de semillas es baja con 60 semillas, pero otras tienen hasta 200 semillas por fruto. El color va de un tono negro a negro intenso, la forma más común es la semitriangular, aunque algunas tienen forma de arco (Fig. 5d).

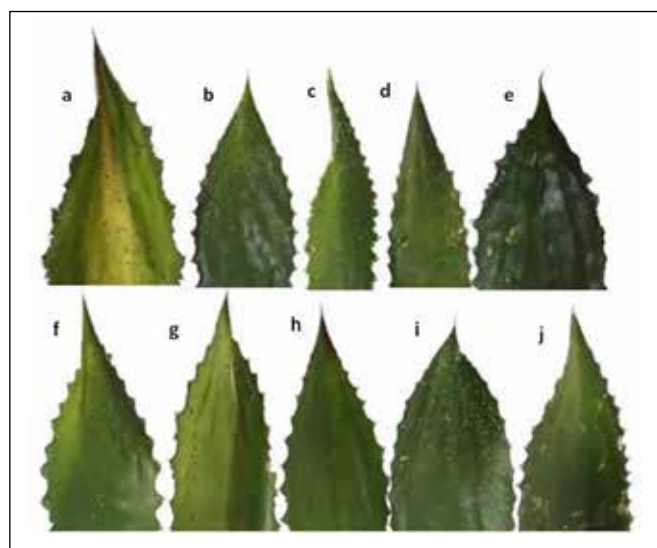


Fig. 4. Variación morfológica en hoja, espina terminal y marginal de 49 accesiones de *A. cupreata* procedentes de cinco zonas altitudinales del Estado de Guerrero, México. Zona 1 "Norte" (a y b), Zona 2 "Centro" (c y d), Zona 3 "Montaña" (e y f), Zona 4 "Sierra" (g y h) y Zona 5 "Zihuaquiu Sur" (i y j).

Fig. 4. Morphological variation in leaf marginal and terminal spine of 49 accessions of *A. cupreata* from five altitudinal zones of the State of Guerrero, Mexico. Zone 1 "North" (a and b), Zone 2 "Centro" (c and d), Zone 3 "Mountain" (e and f), Zone 4 "Sierra" (g and h) y Zone 5 "Zihuaquiu Sur" (i and j).

DISCUSIÓN

Martínez-Palacios et al. (2011) informaron en poblaciones naturales de esta misma especie un 93% de loci polimórficos a partir de nueve loci isoenzimáticos, que son altamente influenciados por el ambiente; además, encontraron diferenciación genética entre poblaciones con un FTS=0,042. Por su parte, Scheinvar (2008) encontró una tendencia a incrementar heterosis al incrementar la altitud al comparar poblaciones silvestres de *A. cupreata* y *A. potatorum*. Aguirre (2004) utilizando marcadores moleculares como ISSR, encontró 36 loci polimórficos que reflejaron niveles considerables de diversidad ($He=0,25$; $p=89\%$) en poblaciones silvestres *A. cupreata* en algunas zonas similares a la de nuestro estudio. A través del análisis de conglomerados

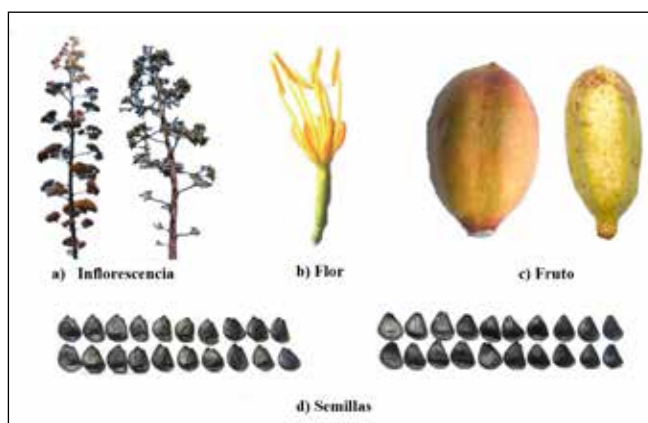


Fig. 5. Características de las inflorescencias, flores, frutos y semillas de 49 accesiones de *Agave cupreata* procedentes de cinco zonas altitudinales del Estado de Guerrero, México; a) inflorescencia con flor y fruto; b) flor de *A. cupreata*; c) formas de fruto oblata-elíptica y d) forma de semilla arqueada y semitriangular.

Fig. 5. Features of inflorescences, flowers, fruits and seeds of 49 accessions of *Agave cupreata* from five altitudinal zones of the State of Guerrero, Mexico; a) inflorescence with flower and fruit, b) flower of *A. cupreata* c) shape of fruit Elliptical Oblate, and d) semitriangular arcuate shaped seed.

jerárquicos hallamos cinco grupos bien definidos. Este resultado es mayor al encontrado por Rodríguez-Garay et al. (2009), quienes fueron capaces de separar *A. angustifolia* de *A. tequilana* sólo en dos grupos principales al evaluar 49 accesiones de *Agave tequilana* y 18 de *Agave angustifolia*, a pesar de la amplia variación morfológica encontrada en ambas especies.

Las variables de planta, hoja, número y longitud de espinas, también fueron útiles para separar poblaciones de agaves pulqueros como el *Agave salmiana* (Alfaro et al., 2007). También Mora-López et al. (2011) encontraron que la altura y diámetro de la roseta, longitud de hoja, longitud, número y distancia entre dientes fueron variables, lo que permitió separar poblaciones del género *Agave*. Por otro lado, características como la duración del ciclo de vida, tamaño y coloración de las hojas, así como el tamaño de las espinas, han permitido distinguir claramente a dos variedades de *A. tequilana*, tales como la variedad Chato y Azul (Gil et al., 2001). Rodríguez-Garay et al. (2009) separaron a *A. angustifolia* de *tequilana* en dos grupos principales utilizando variables como el número de dientes que se encuentran en 10 cm, longitud de diente, ancho del diente basal, la distancia máxima entre los dientes y el ancho de las hojas, evaluadas en 49 accesiones de *Agave tequilana* y 18 de *Agave angustifolia*.

La diversidad encontrada en este estudio puede deberse a que *A. cupreata* se reproduce estrictamente por semillas, lo cual concuerda con lo reportado por Abraham-Juárez et al. (2009). Estos autores mostraron que el dendograma generó un mayor nivel de

polimorfismo en los individuos reproducidos sexualmente y por consecuencia, mayor diversidad que los reproducidos asexualmente, al estudiar la variabilidad genética en tres formas de reproducción (rizomas, bulbos y semillas) de *A. tequilana*.

Al realizar la caracterización con los 91 caracteres propuestos se encontró que con 37 descriptores fue posible diferenciar claramente los ecotipos de *A. cupreata* (Tabla 6). Los principales descriptores incluyeron a la planta (4 caracteres), tallo (4), hoja (7), espina terminal (1), espina marginal (6), inflorescencia (2), flor (2), fruto (9) y semilla (2). Del total de descriptores, 14 fueron cualitativos y el resto cuantitativos. Los caracteres cualitativos son aquellos poco o no influenciados por las condiciones del ambiente, mientras que los caracteres cuantitativos se pueden medir y varían de acuerdo a las condiciones del ambiente (Franco e Hidalgo, 2003).

La caracterización morfológica *in situ* en *Agave cupreata* permitió detectar la variación morfológica aun presente en las poblaciones silvestres y cultivadas de esta especie. Las variables que permitieron detectar dicha variación fueron: hábito de crecimiento de la planta, altura de la roseta, longitud de tallo, forma de la hoja, forma del margen, número de costillas, ancho de la espina terminal, y longitud y grosor de la espina marginal. Además, se proponen descriptores varietales que permiten diferenciar los ecotipos de *A. cupreata*. La caracterización morfológica contribuye a realizar la protección legal de variedades o cultivares de uso común de este tipo de agave endémico de México, y con ello promover su conservación y aprovechamiento sustentable.

Tabla 6. Descriptores propuestos para diferenciar los ecotipos de *A. cupreata*. (Max: Valor máximo; Min: valor mínimo; Prom: promedio).
Table 6. Proposed descriptors to differentiate ecotypes of *A. cupreata*. (Max: Maximum value, Min: minimum value; Prom: average).

Descriptor	Max	Min	Prom	Moda
Planta				
Hábito de crecimiento				1
Altura de roseta	145,3	83	115,2	
Porte				3
Diámetro de roseta	253,4	156	216,6	
Tallo				
Tallo				2
Longitud	65,9	42,8	53,8	
Diámetro	175,5	98,1	151,2	
Altura de la yema apical	78,1	46	62,1	
Hoja				
Cantidad de hojas	97	50	64,2	
Densidad de hojas				3
Forma				3
Longitud	103,8	66,5	88,1	
Ancho central	27,5	23,3	24,8	
Forma del margen				1

Número de costillas	3,6	1	2,8
Espina terminal			
Ancho	13,8	10,8	12,2
Espina marginal			
Longitud central	16,2	9,6	13,0
Longitud apical	12,1	7,1	9,4
Grosor basal	1,8	1,2	1,4
Grosor apical	2,8	2,1	2,6
Número de espinas en el valle	5,8	0	3,1
Número de espinas principales	66,1	28,5	49,3
Inflorescencia			
Número de panículas	53	27	37,6
Número de flores totales por panícula	321	95	188,5
Flor			
Color			2
Longitud de antera	23,9	18,1	21,1
Fruto			
Forma			3
Color (Tierno)			2
Color (Maduro)			2
Longitud	57,1	36,7	49,8
Ancho	21,1	19,1	20,2
Ápice del fruto			2
Dehiscencia del fruto			2
Número de semillas vanas por fruto	185,9	90,1	129,3
Número de semillas viables por fruto	214,1	83,4	140,9
Semilla			
Forma de semilla			5
Color de semilla			3

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto No. 91764 por parte de FOMIX-Guerrero, México.

REFERENCIAS

- Abraham-Juárez, M.J., R. Ramírez-Malagón, K.C. Gil-Vega y J. Simpson (2009). AFLP Analysis of genetic variability in three reproductive forms of *Agave tequilana*. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32: 171-175.
- Aguirre, D.X. (2004). Genética de poblaciones de *A. cupreata* y *A. potatorum*: Aportaciones para el manejo y conservación de dos especies mezcaleras. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, 73 p.
- Alfaro, R.G., S.J.P. Legaria y P.J.E. Rodríguez (2007). Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave spp.*) del nororiente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 1-12.
- Berumen-Barbosa, M.E. (2009). Oaxaca: La actividad productiva Maguay-Mezcal. Santiago Matatlán, Tlacolula, Oaxaca, México, pp: 43.
- Dahlgren, R. (1984). The families of the monocotyledons: Structure, evolution and taxonomy, Springer, Berlin, 520 p.
- Flores, M.S., R.J.C. Moreno, R.S. Romero y Z.C. Rojas (2010). Análisis morfológicos y carilógico de *Agave karwinskii* ZUCC. y *Agave macroacantha* ZUCC. En el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. Facultad de Estudios superiores Iztacala UNAM. México. D.F. *Biocyt* 3: 181-196.
- Franco, T.L., R. Hidalgo (2003). Análisis estadísticos de datos de caracterización de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.

- García-Mendoza, A. (2002). Distribution of *Agave* (Agavaceae) in México. *Cactus and Succulent Journal* 74: 177-187.
- García-Mendoza, A.J. (2007). Los agaves de México. Universidad Autónoma de México. *Ciencia* 87: 14-23.
- Gentry, H.S. (1982). Agaves of continental North America. The University of Arizona Press.
- Gil, V.K., C.M. González, de la V.O. Martínez, J. Simpson y G. Vandemark (2001). Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. Azul using RAPD markers. *Euphytica* 119: 335-341.
- González-Chauvet, R. (2001). Análisis de variación genética de *Agave desertii* en el desierto sonorense por medio de marcadores moleculares (RAPDs), Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 69 p.
- Good-Avila, S., V. Souza, B.S. Gaut y L.E. Eguiarte (2006). Timing and rate of speciation in *Agave* (Agavaceae). *PNAS* 103(24): 9124-9129.
- Illsley, C., E. Vega, I. Pisanty, A. Tlacotempa, P. García, P. Morales, G. Rivera, J. García, V. Jiménez, F. Castro y M. Calzada (2007). Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero México. En: Colunga-García M., Saavedra A.L., Eguiarte L.E. y Zizumbo-Villareal D. (eds.). En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT e INE, México. pp: 319-340.
- Illsley, G.C., D. Giovannucci y C. Bautista (2009). La dinámica territorial de la zona mezcalera de Oaxaca entre la cultura y el comercio. Grupo de Estudios Ambientales A.C. México D.F. pp. 37.
- Martínez-Palacios, A., J.M. Gómez-Sierra, C. Saenz-Romero, N. Pérez-Nasser y N. Sánchez-Vargas (2011). Diversidad genética de *Agave cupreata* Trel. & Berger., consideraciones para su conservación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34: 159-165.
- Mora-López, J.L., J.A. Reyes-Agüero, J.L. Flores-Flores, C.N. Peña-Valdivia y J.R. Aguirre-Rivera (2011). Variación morfológica y humanización de la sección salmianae del género *Agave*. *Agrociencia* 45: 465-477.
- Pardo, O. (2005). El agave americano (*Agave americana* L.): uso alimentario en el Perú. *Chloris Chilensis* Año 8 N° 2. URL: <http://www.chlorischile.cl>
- Ramírez-Tobías, H.M. (2010). Características Bioquímico-fiológicas de la germinación y desarrollo de plantas jóvenes de maguey (*Agave*) y su relación con la especie, temperatura y potencial de agua del sustrato. Colegio de Postgraduados. Tesis de doctoral. pp. 111.
- RHS (2007). Royal Horticultural Society colour charts.
- Rodríguez-Garay, B., J.A. Lomelí-Sención, E. Tapia-Campos, A. Gutiérrez-Mora, J. García-Galindo, J.M. Rodríguez-Domínguez, D. López-Urbina y I. Vicente Ramírez (2009). Morphological and molecular diversity of *Agave tequilana* Weber var. *Cultivos y Productos industriales* 29: 220-228.
- Ruvalcaba, R., D. y B.G. Rodríguez (2002). Aberrant meiotic behavior in *Agave tequilana* Weber var. azul. *Plant Biology* 2: 10-14.
- Scheinvar, G.E. (2008). Genética de poblaciones silvestres y cultivadas de dos especies mezcaleras: *Agave cupreata* y *Agave potatorum*. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. 109 p.