

Estudio de la variabilidad existente en la colección de onoto (*Bixa orellana* L.) del CENIAP; FONAIAP; Venezuela.

Variability within the venezuelan annato (*Bixa orellana* L.) genebank.

E. Mazzani¹, C. Marín R.¹ y V. Segovia¹

Resumen

El onoto (*Bixa orellana* L.) es utilizado por contener bixina (pigmento usado como colorante). Presenta gran heterogeneidad en sus formas botánicas. La colección estudiada consta de ocho introducciones recolectadas en comunidades locales e indígenas de Venezuela. Este trabajo tuvo como objetivo conocer la variabilidad presente en la colección de onoto mediante técnicas de análisis multivariado. La colección está sembrada en Maracay, Estado Aragua. Fueron desarrollados descriptores para la evaluación. Fueron descritos 10 caracteres cuantitativos y 19 cualitativos. Las variables cuantitativas fueron analizadas por análisis de componentes principales, determinándose la contribución de cada variable en la construcción de los ejes, a través de los vectores propios generados de la matriz entre las 10 variables. Los grupos de individuos se determinaron por clasificación jerárquica ascendente. La representación gráfica fue por diagrama de árbol. El análisis de componentes principales mostró que los tres primeros componentes explican 45,5%, 24,9% y 13,4% de la varianza total, respectivamente. El análisis de clasificación jerárquica ascendente de las diez variables cuantitativas mostró 5 clases, el de las variables de fruto 3 clases, y el de características cualitativas 4 clases. Los materiales estudiados poseen alta variabilidad y las poblaciones estudiadas son diversas entre si. El grado de diferenciación existente entre las accesiones estudiadas depende de su procedencia.

Palabras Clave: análisis de componentes principales, análisis multivariado, banco de germoplasma, onoto, variabilidad.

Recibido el 14-9-2000 ● Aceptado el 27-4-2001

1. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo Postal 4653, Maracay, 2101, Venezuela. Email: emazzani@telcel.net.ve, recfitog@reacciun.ve

Abstract

The annatto (*Bixa orellana L.*) is used for containing bixin (pigment used as coloring matter). It has a wide heterogeneity in its botanical forms. The collection consists of eight introductions from local and indigenous communities of Venezuela. The purpose of this work was to evaluate the variability of the annatto collection by using multivariate statistical methods. The collection is located in Maracay, Aragua state, Venezuela. Descriptors were made for evaluations of accessions. Ten quantitative and nineteen qualitative characters were evaluated in each accession. Quantitative data were analyzed using Principal Component Analysis, to determine the contribution of each variable in the construction of axis, using vectors from correlation matrix among the ten quantitative variables. Groups of accessions were determined by hierarchical classification. The graphical representation was made by hierarchical dendrogram. The Principal Component Analysis showed that the first three components explain 45,5%, 24,9% and 13,4% of the total variance, respectively. The hierarchical classification of ten quantitative variables showed 5 groups, for quantitative fruit characters 3 groups and 4 for qualitative traits. The studied accessions showed high variability among them, and populations within the collection were different among them. The degree of differentiation among accessions depends on their sources of origin.

Key words: annatto, germplasm collection, multivariate analysis, principal components analysis, variability.

Introducción

El onoto (*Bixa orellana L.*) es originario de la América tropical y de las Indias Occidentales (14, 20). De su semilla se obtiene un colorante que ha sido utilizado en países con industria lechera desarrollada, ya que la bixina es ampliamente aprovechada en la elaboración de sus productos derivados. Ha sido utilizada también como materia prima en la industria panificadora, bebidas, condimentos, masas y cosméticos; y en la preparación de alimentos enlatados como salsas, conservas de pescado, aceites comestibles, carnes y embutidos (2). En Venezuela y en otros países de América Latina es utilizado como condimento

frito en manteca y usando el aceite para colorear masa (9). Entre los indígenas se usa para untarse el cuerpo como repelente y para teñir fibras textiles (21).

La especie pertenece a la familia *Bixaceae*, es un arbusto grande ó árbol pequeño de crecimiento rápido, de 2 a 5 m de altura (puede llegar excepcionalmente hasta 10 m). Presenta gran heterogeneidad en sus formas botánicas, como tamaño y forma de la planta, forma y color de las hojas, flores y frutos, observándose un rango de colores desde árboles con tallos verdes, flores blancas, frutos verdes hasta árboles con tallos rojos,

flores rosadas y frutos rojo oscuro. Las hojas son alternas de borde liso, ápice acuminado, con peciolo de 4 a 6 cm. Las flores, dispuestas en panículas terminales, son hermafroditas, rosadas ó blancas, con cinco pétalos, cinco sépalos y estambres numerosos. Los frutos son cápsulas, generalmente dehiscentes, de dos valvas, pudiendo ser ovoides, cordiformes, esféricos, en algunos casos achatados, de hasta 5 cm de largo, con ó sin pelos, desde verdes a rojos intenso cuando inmaduros y desde marrón claro a marrón oscuro cuando maduros. Las semillas están recubiertas de un envoltorio (arilo) rojo, que le da el color característico. El arilo contiene la bixina, o pigmento utilizado por la industria como colorante. Las semillas se encuentran en número de 30 a 60 por fruto. La raíz es pivotante (5, 9, 14, 15, 16).

En Colombia fueron estudiadas (17, 19) veintiún introducciones de diferentes procedencias encontrándose suficiente variabilidad fenotípica, dentro y entre las accesiones estudiadas, para caracteres agronómicos de importancia como altura del árbol, precocidad de la cosecha, resistencia a *Oidium* sp., y sequía, coloración y formato de las cápsulas, presencia de tricomas en la cápsula, entre otros. En el estudio de 81 plantas de *Bixa orellana* de la colección del CATIE, Costa Rica, procedentes de Honduras y Guatemala se obtuvieron relaciones de interés entre las características cuantitativas y cualitativas estudiadas (1). Por otra parte, otros autores (6) con base en datos de rendimiento, características de las cápsulas y la incidencia de

Oidium bixae, encontraron que la formación de frutos fue muy dependiente del ataque de plagas, enfermedades y polinización entomófila. Estos autores (6) señalan una muy alta variabilidad genética del rendimiento.

El cultivo, perenne, tiene buenas perspectivas en programas agrícolas, principalmente destinados a pequeños y medianos productores. Ofrece las ventajas de poder utilizar áreas marginales para otros cultivos, mano de obra familiar y ser una actividad de baja inversión (2, 5).

En Venezuela es comúnmente encontrado a orillas de carreteras y patios caseros, y a pesar de ser muy ornamental muchas personas lo eliminan, ya que no les aporta ningún beneficio. La demanda interna es cubierta por importación, debido a que no se le ha prestado atención al cultivo (2).

Los precios del onoto han sido bastante fluctuantes. Entre 1994 y 1997 variaron desde 376,9 Bs/Kg en el año 1994 a 562,72 Bs/Kg en 1996, bajando a 451,7 Bs/Kg en 1997; siendo el precio promedio de Bs/Kg 471,33 para los cuatro años (13).

No existen en Venezuela cultivares mejorados, apenas tipos seleccionados. Los agricultores, en su mayoría, cultivan plantas resultantes de mezcla de semillas nativas y provenientes de diferentes zonas del país, encontrándose variaciones evidentes en las características del fruto.

En el CENIAP-FONAIAP se mantiene una colección de germoplasma para la conservación y estudio de la variabilidad presente en

la especie. La misma ha sido evaluada y caracterizada con base en diferentes caracteres de interés morfológico y agronómico.

En la clasificación de colecciones de germoplasma, las técnicas de análisis multivariado son más apropiadas que los análisis univariados cuando más de una variable es medida en cada individuo. Mientras los análisis univariados consideran los caracteres individualmente, los análisis multivariados pueden revelar patrones de asociación entre grupos de fenotipos (4). Aquellas accesiones con valores similares para cada atributo estarán más cercanas y tendrán patrones similares sobre los atributos. De tal manera, un grupo de datos multivariados es complejo en estructura y las técnicas estadísticas multivariadas facilitan la interpretación y la descripción de las relaciones entre las accesiones (3)

Clusters basados en datos de pedigree, marcadores genéticos, caracteres cualitativos o cuantitativos se puede esperar que difieran porque todos los tipos de datos requieren sus propias medidas de diversidad genética y pueden representar diferentes aspectos de la misma. En relación a los datos cuantitativos, por depender su expresión tanto del genotipo como del ambiente, estos pueden ser usados para la identificación de adaptaciones similares (8). Los análisis de clasificación y ordenación son apropiados para discriminar accesiones de acuerdo a su origen, ya que los primeros son eficientes para agrupar objetos con similares características (3).

Esta investigación tuvo como objetivo conocer la variabilidad presente en parte de la colección de onoto del CENIAP, FONAIAP a través del uso de técnicas de análisis multivariado.

Materiales y métodos

Los descriptores utilizados para la evaluación y caracterización fueron desarrollados tomando en cuenta descriptores existentes de otras especies perennes (10, 11, 12), la variación existente en la colección misma y con base en descripciones de la especie tomadas de la literatura (9, 15). Las accesiones fueron descritas sobre el número total de plantas sembradas de cada una de ellas, las cuales variaron entre 3 y 5 plantas por accesión.

Las accesiones descritas en su totalidad y sometidas a análisis

corresponden a ocho introducciones procedentes de los estados Amazonas (M-318 y M-283), Bolívar (M-14, M-73 y M-78) y Guárico (VP-1, VP-2 y VP-3), pertenecientes a la colección de variedades del CENIAP. La colección fue sembrada, en el año 1994, en el Campo Experimental del CENIAP, ubicado en Maracay, Estado Aragua, a 450 msnm, 10°17' latitud Norte y 67°37' longitud Oeste, con una precipitación media anual de 1.000 mm y temperaturas medias mensuales de 24-26 ° C. El clima corresponde a bosque seco tropical (7).

Las características descritas corresponden a 10 caracteres cuantitativos (altura de la planta (m), longitud y ancho de las hojas (cm), relación ancho/largo de las hojas, número de cápsulas por panícula, número de semillas por cápsula, longitud del fruto (cm), ancho del fruto (cm), relación ancho/largo del fruto, peso de 100 semillas (g) y 19 caracteres cualitativos de morfología de la planta y componentes de rendimiento (vigor del árbol, hábito de crecimiento, ramificación, rendimiento estimado, color del haz de las hojas, color del envés de las hojas, color de la nervadura principal, ápice de las hojas, color del retoño joven, forma del fruto, forma del ápice del fruto, color del fruto maduro, dehiscencia del fruto, globosidad del fruto, densidad y longitud de las espinas del fruto, color de la semilla, incidencia de Mildió polvoriento y escoba de bruja).

Los datos provenientes de la evaluación de las variables cuantitativas estandarizadas (sustrayendo la media y dividiendo entre la desviación estándar) fueron

analizados con el método de análisis en componentes principales. Se determinó la contribución de cada variable en la construcción de los ejes (factores), a través de los vectores propios generados de la matriz entre las 10 variables. Además se determinó la contribución de los ejes a la calidad de representación de las variables.

Para la determinación de los grupos de individuos se usó el análisis de clasificación jerárquica ascendente con variables cuantitativas estandarizadas, usando los criterios de distancia euclidiana promedio y de agregación distancia promedio no ponderada. Para la representación gráfica se usó el diagrama de árbol.

Las entradas fueron analizadas y clasificadas por datos cualitativos utilizando la clasificación jerárquica ascendente en cuadros de correspondencia, con distancia de X^2 y criterio de agregación distancia promedio no ponderada.

Para todos los análisis fue utilizado el programa estadístico Cstat del CIRAD Francia.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan las medias y la desviación estándar de las características cuantitativas evaluadas en la colección.

Los materiales en estudio mostraron variación en relación a los caracteres cuantitativos. En este sentido, la altura de la planta varió entre los 4,75 y los 3,75 m con una media de 4,30 m, siendo la de mayor altura la variedad VP-2 procedente del

estado Guárico y la de menor altura la variedad M-318 de Amazonas. Las hojas presentaron una longitud desde 22,9 hasta 17,9 cm con 20,2 cm en promedio y el ancho tuvo una variación desde 13,9 hasta 10,5 cm con una media de 12,5 cm; mientras que la relación ancho:largo osciló entre 0,69 y 0,56, correspondientes a la introducciones M-318 y VP-1 de Amazonas y Guárico, respectivamente. La media del número

Cuadro 1. Medias y desviaciones estándar de 10 variables cuantitativas en 8 accesiones de la colección de onoto del CENIAP, Maracay.

Variable*	Máximo	Mínimo	Media	Desviación
APL (m)	4,75	3,75	4,30	0,35
HL (cm)	22,90	17,90	20,20	1,79
HA (cm)	13,90	10,50	12,50	1,33
HA/L	0,69	0,56	0,62	0,04
NCP	15,30	9,01	12,20	2,27
NSC	57,50	33,00	45,50	8,83
FL (cm)	5,70	3,30	4,30	1,10
FA (cm)	4,80	2,00	3,10	1,00
FA/L	0,83	0,60	0,71	0,10
P100S (g)	2,58	1,81	2,20	0,24

* =Leyenda: APL: altura de planta, HL: longitud de la hoja, HA: ancho de la hoja, HA/L: relación ancho largo de la hoja, NCP: número de cápsulas por panícula, NSC: número de semillas por cápsula, FL: longitud del fruto, FA: ancho del fruto, FA/L: relación ancho largo del fruto, P100S: peso de 100 semillas.

de cápsulas por panículas fue de 12,20 variando desde 15,30 hasta 9,01, el máximo valor lo presentó la introducción M-14 y el mínimo la VP-3. Así mismo, el número de semillas por cápsula osciló entre 57,50 y 33,00 con un promedio de 45,5, el máximo valor lo presentó el cultivar M-73 y el mínimo el cultivar VP-3. La longitud del fruto presentó un promedio de 4,30 cm variando desde 5,70 hasta 3,30 cm, presentando el máximo valor la introducción 4 y el mínimo la 5. El ancho del fruto osciló entre 4,80 a 2,00 cm. La relación ancho:largo del fruto varió desde 0,83 hasta 0,60, teniendo los valores mas altos una forma mas redondeada y los valores mas bajos alargada. El peso de 100 semillas (promedio de 4 muestras de 100 semillas de cada individuo) osciló entre 2,58 hasta 1,81 g, con una media de 2,20 g, donde el máximo valor lo

presentó la introducción M-73 y el mas bajo la M-318. Hay que señalar que los promedios obtenidos en el número de semillas por cápsula y el peso de 100 semillas fueron mayores a los obtenidos en estudios hechos en Colombia con esta especie (18).

El ancho y largo del fruto mostraron correlación positiva ($r = 0,892$) y altamente significativa ($P = 0,0029$) indicando un aumento directamente proporcional de las dimensiones del mismo. Por otra parte, se encontró correlación negativa y altamente significativa entre el número de cápsulas por panículas y la longitud del fruto ($r = -0,838$, $P = 0,0094$), así como entre el número de cápsulas por panículas y el ancho del fruto ($r = -0,753$, $P = 0,0311$), indicando que a mayores dimensiones del fruto, menores son los números de cápsulas presentes en la panícula. Otra

correlación significativa ($P = 0,0302$) y positiva ($r = 0,755$) fue el largo y ancho de la hoja indicando que las dimensiones de largo son directamente proporcionales al ancho de la misma.

En relación al Análisis de Componentes Principales (cuadro 2) se observa que los tres primeros componentes principales explican el 45,5%, 24,9% y 13,4% de la varianza total, respectivamente, lo que sumado corresponde al 83,8%. El primer factor es dominado por las características de dimensiones de fruto (ancho y largo) y el ancho de la hoja, el segundo por la altura de la planta y el largo de la hoja y el tercero por el número de cápsulas por panícula, número de semillas por cápsula, las relaciones ancho/largo del fruto y hoja, y el peso de 100 semillas. En la figura 1 se puede observar la representación gráfica de las 8 accesiones y los 10 caracteres cuantitativos en los dos primeros componentes principales.

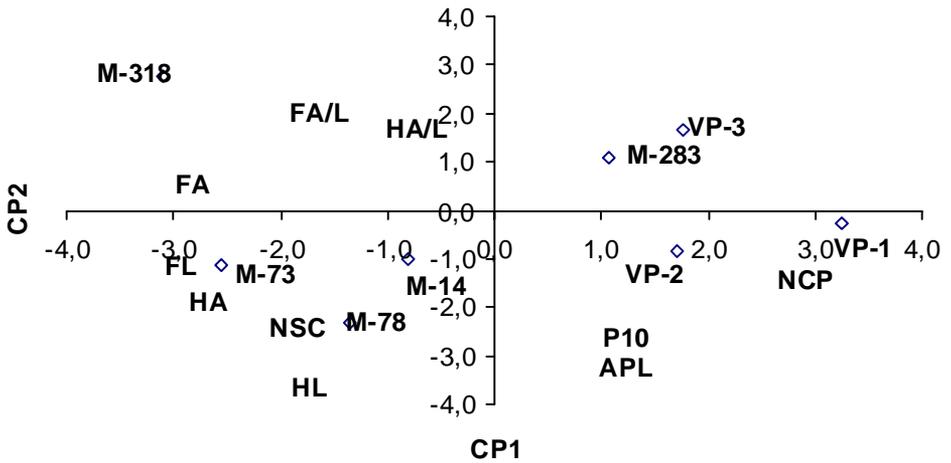
El análisis de clasificación jerárquica ascendente, tomando en cuenta la totalidad de las 10 variables cuantitativas estudiadas, dio como resultado la creación de 5 grupos ó clases (figura 2), donde la clase 1

corresponde a la accesión M-14 del estado Bolívar con alto número de cápsulas por panículas y altos valores en la relación A/L de fruto (frutos redondeados); la clase 2 constituida por 2 materiales del Estado Bolívar con altos valores de longitud de hoja y fruto; la clase 3 incluye la accesión M-318 la cual corresponde a un material, colectado en Amazonas, de altos valores de ancho del fruto y plantas de porte bajo; en la clase 4 se agrupan los tres materiales procedentes de Valle de la Pascua, estado Guárico, con bajo número de semillas por cápsula y valores bajos de ancho del fruto y la clase 5 constituida por la accesión M-283 de bajo valor del ancho de la hoja y bajos valores de relación A/L de la hoja (hojas alargadas). Existe una tendencia en agrupar las entradas de igual procedencia, lo cual concuerda con lo expresado por otros autores (3) quienes señalan que los análisis de clasificación y ordenación son apropiados para discriminar accesiones de acuerdo a su origen.

Fueron analizadas las cinco variables cuantitativas de fruto a través de la clasificación jerárquica ascendente. Se observa la creación de

Cuadro 2. Valores propios y varianza explicada en los ejes principales

	Valor propio	%	% Acumulado
1	4,552	45,52	45,52
2	2,482	24,82	70,34
3	1,334	13,34	83,68
4	1,025	10,25	93,93
5	0,481	4,81	98,74
6	0,112	1,12	99,86
7	0,014	0,14	100,00



Leyenda: CP=Componente Principal Variables: ver leyenda Cuadro 1 Cultivares: M-14, M-73, M-78, M-318, VP-1, VP-2, VP-3, M-283

Figura 1. Representación en dos componentes principales de ocho entradas de onoto (*Bixa orellana* L.) y diez caracteres morfométricos

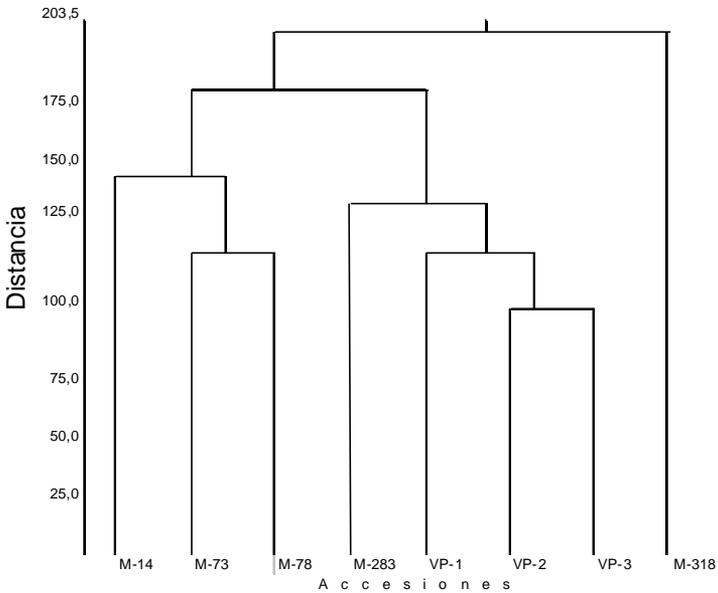


Figura 2. Dendrograma de la clasificación de ocho entradas de onoto con base en 10 características cuantitativas

3 clases (figura 3), donde la clase 1 agrupa 2 materiales (1 de Bolívar y 1 de Amazonas) con valores altos de número de cápsulas por panícula, así como de relación ancho/largo de la cápsula (redondeada). La clase 2 agrupa 3 accesiones, 2 procedentes del estado Bolívar y 1 de Amazonas, con altos valores de largo y ancho de cápsula y los menores números de cápsulas por panícula. Por otro lado, la clase 3 agrupa los tres materiales procedentes de Valle de la Pascua, Estado Guárico, cuyas características predominantes a la formación de la clase son valores bajos de ancho de la cápsula, así como bajos valores en el número de semillas por cápsula; coincidiendo con la clase 4 dada por el análisis de todas las variables

cuantitativas. La menor distancia separa a dos accesiones de Valle de La Pascua y la mayor distancia se encontró entre el cultivar M-318 de Amazonas y una entrada de Valle de La Pascua.

Tanto el análisis de componentes principales como la clasificación jerárquica ascendente con base en características cuantitativas muestran una alta variabilidad en los materiales en estudio. Los materiales procedentes de Valle de la Pascua, como las accesiones M-73 y M-78 procedentes de Bolívar, se muestran bastante uniformes entre si, ó con una adaptación similar a las condiciones donde está sembrada la colección (8), por ser las características cuantitativas altamente influenciadas

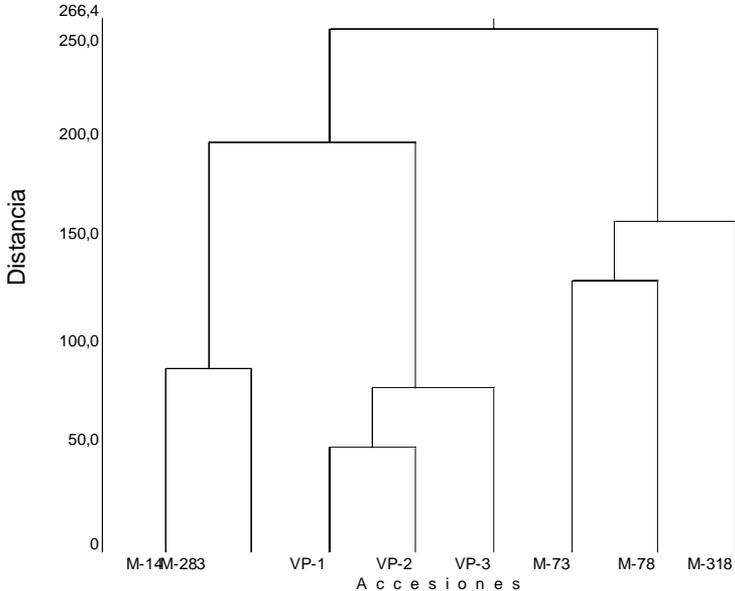


Figura 3. Dendrograma de la clasificación de 8 entradas de onoto con base en cinco características cuantitativas de fruto.

por el ambiente.

En la prueba de correlación de Spearman entre las diecinueve características cualitativas se encontró una correlación negativa ($r = -0,653$) y significativa entre la incidencia del mildiu polvoriento y el rendimiento, indicando que la enfermedad afecta de manera negativa el rendimiento estimado. Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios de variabilidad genética realizados en Costa Rica (6). La presencia de esta enfermedad mostró correlación positiva ($r = 0,730$) y significativa con la densidad de las ramas (ramificación del árbol), indicando que en los individuos con ramificación mas densa (muchas ramas principales, secundarias y terciarias) hubo mayor ataque de mildiu polvoriento. Por otra parte, la forma del ápice del fruto y la dehiscencia mostraron una correlación positiva ($r = 0,6299$) y significativa, indicando que los frutos con ápice puntiagudo presentan dehiscencia menor que los de ápice apiculado. La dehiscencia del fruto mostró también correlación ($r = -0,668$) significativa pero negativa con la densidad de las espinas de las cápsulas. Los frutos con menor indehiscencia mostraron una mayor densidad de espinas.

En la clasificación de individuos tomando en cuenta las diecinueve características cualitativas se observa la construcción de 4 clases (figura 4). La clase 1 está formada por la accesión M-14 procedente del estado Bolívar de frutos de color anaranjado al madurar, con forma globosa y espinas cortas, hojas con el envés de color verde claro y haz de color verde, plantas con pocas ramas primarias, frutos ovoides y

frutos de ápice apiculado. La clase 2 tiene 4 materiales de diferentes procedencias (Bolívar, Amazonas y Guárico), cuya agrupación fue dada por vigor intermedio de los árboles y el color del haz de la hoja verde claro. La clase 3 conformada por un material de Guárico, de porte semierecto, hojas de color verde oscuro en el haz, color de la nervadura principal rojo, retoños jóvenes rosados, ápice de fruto puntiagudo, de baja indehiscencia, longitud de las espinas intermedia y susceptible a Mildiu polvoriento. La clase 4 incluye dos accesiones, procedentes de Amazonas y Guárico, agrupadas por presentar bajo vigor de los árboles. La menor distancia se obtuvo entre la accesión M-73 de Bolívar y la M-318 de Amazonas y la mayor distancia separa la accesión M-14 de Bolívar y la VP-37 de Valle de la Pascua (Estado Guárico).

En el análisis de clasificación por características cualitativas se separa nuevamente, al igual que en la clasificación de las entradas por las 10 variables cuantitativas, la accesión M-14 procedente del estado Bolívar. Se reúnen en un solo grupo (clase 2) las accesiones M-73 y M-78 procedentes también del estado Bolívar, junto a la accesión M-318 de Amazonas y la accesión VP-1 de Guárico, todas ellas, a excepción de esta última, se agrupan también en la clase 3 de la clasificación por caracteres cuantitativos de fruto. Cabe destacar que los materiales procedentes de Valle de la Pascua, Estado Guárico, que en los análisis anteriormente expuestos se ubicaban en las mismas clases (4 y 2 respectivamente), en esta clasificación se separan quedando ubicados en tres

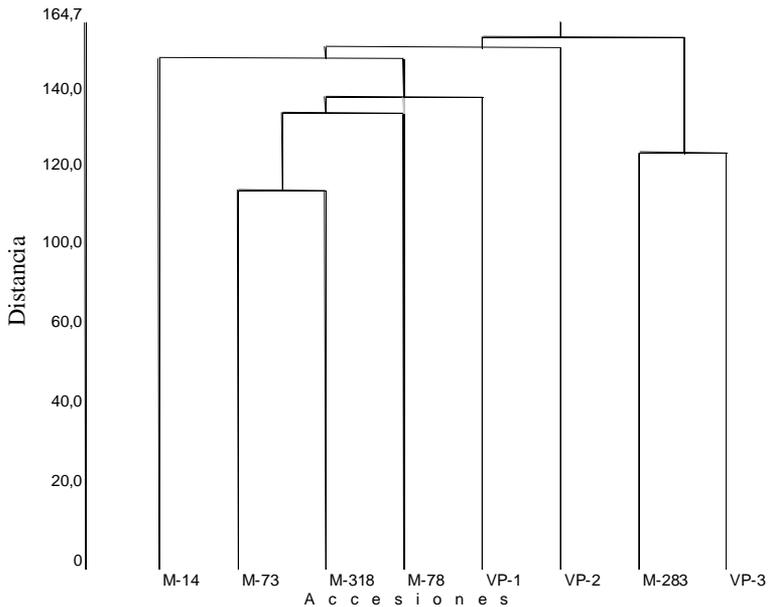


Figura 4. Dendrograma de la clasificación de ocho entradas de onoto con base en 19 características cualitativas.

grupos diferentes (clases 2, 3 y 4). Esto significa que estas entradas difieren entre sí con base en los caracteres morfológicos y/ó las demás características cualitativas estudiadas, concordando esto con lo señalado por Hintum (8) quien señala que los “clusters” basados en diferentes tipos de datos se puede esperar que difieran entre si.

En todos los análisis efectuados la accesión M-14 se ubica en la clase

1, agrupada con el cultivar M-283 sólo en la clasificación de caracteres cuantitativos de frutos. Por otra parte, las entradas M-73 y M-78 (procedentes de Bolívar) en todos los casos permanecen agrupadas en la clase 2 a corta distancia la una de la otra y bastante cercanas a la accesión M-14, también procedente del estado Bolívar, lo que indica que existe una clara relación entre estas accesiones, todas procedentes de una misma región.

Conclusiones

De manera general, los resultados obtenidos muestran que las accesiones de igual procedencia tienden a ser semejantes entre sí, a excepción de las dos entradas procedentes de

Amazonas.

La accesión M-14 procedente del estado Bolívar presenta características particulares, especialmente en lo que respecta al fruto.

El presente estudio demuestra que la colección de onoto del CENIAP, a pesar de las pocas entradas estudiadas, posee una considerable variación de los caracteres estudiados y que las poblaciones ó entradas estudiadas son bastante diversas entre sí. Se presume que el grado de

diferenciación existente entre las accesiones estudiadas es dependiente de su procedencia. Los análisis realizados revelan el valor que esos recursos pueden ser usados como fuente de germoplasma para trabajos de mejoramiento y otros en esta especie.

Literatura citada

1. Arce Portugués, J. 1984. Caracterización de 81 plantas de achiote (*Bixa orellana*) de la colección del CATIE procedentes de Honduras y Guatemala, y propagación vegetativa por estacas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1984. 170 p.
2. Barreto M., C. 1974. El cultivo del onoto. Cagua, Ven. Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI). 15 p.
3. Crossa, J., H. I. De Lacy y S. Taba. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. p. 77-92. En: T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) Core collection of Plant Genetic Resources. John Willey and Son. U.K.
4. Emebiri, L. C. y C. Anyim. 1997. Intraespecific variation in morphological traits of oil bean tree, *Pentaclethra macrophylla*. Plant Genetic Resources Newsletter 112: 77-80.
5. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. 1994. A cultura do urucum. Brasilia, EMBRAPA. Colección Plantar N° 20. 61 p.
6. Enriquez, G. A. y L. G. Salazar. 1983. Variabilidad genética del rendimiento y algunas otras características del achiote (*Bixa orellana*L.). pp. 77-702. En: Aspectos sobre el achiote y perspectivas para Costa Rica. Trabajos presentados. Editado por J. Arce P. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 47. Costa Rica.
7. Ewel, J. J. y A. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. Memorias Explicativas sobre el Mapa Ecológico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ed. Caracas, Ven. 265 p.
8. Hintum, Th. J. L. van. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. p. 23 - 34. En: T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) Core collection of Plant Genetic Resources. John Willey and Son. U.K.
9. Ingram, S. y B. J. Francis. 1969. The annatto tree (*Bixa orellana*L.). A guide to its occurrence, cultivation, preparation and use. Tropical Science 11(2): 97-102.
10. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1989. Descriptors for mango. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
11. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1994. Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
12. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1995. Descriptors para aguacate (*Persea* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
13. Ministerio de Agricultura y Cría. MAC. 1994-1997. Anuario Estadístico Agropecuario [Varios años]. Caracas, Venezuela.

14. Purseglove, J. W. 1986. Tropical Crops. Dicotyledons. Reprinted. Logman Scientific and Technical. New York. p. 420-429.
15. Schnee, L. 1961. Plantas Comunes de Venezuela. Tercera Edición 1968. Ediciones de la Biblioteca, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 882 p.
16. Steyermark, J., P. E. Berry y B. K. Holst. 1997. Flora of the Venezuelan Guyana. Vol. 3. Araliaceae – Cactaceae. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri.
17. Vallejo, F. 1991. Evaluación de germoplasma de achiote *Bixa orellana* L. : Estudios básicos sobre asociaciones fenotípicas y biología floral. Acta Agronómica (Colombia) 41(1/4): 7-20.
18. Vallejo, F., Cárdenas, L. y R. H. Rojas. 1981. Asociaciones fenotípicas de rendimiento y sus componentes en achiote (*Bixa orellana* L.). Acta Agronómica (Colombia) 31(1/4): 5-23.
19. Vallejo, F., O. Escobar y C. Gómez. 1981. Variabilidad fenotípica de los componentes de rendimiento y otros caracteres cuantitativos de *Bixa* sp. Acta Agronómica (Colombia) 31(1/4): 25-34.
20. Zeven, A. C. y J. M. C. de Wet. 1982. Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity: excluding most ornamentals, forest trees and lower plants. Centre of Agricultural Publishing and Documentation. Wagenigen: Pudoc. 178 p.
21. Williams, Ll. 1942. Exploraciones botánicas en la Guayana Venezolana. I. El medio y bajo Caura. Servicio Botánico, Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Ven. 468 p.