

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *Byrsonima crassifolia* (L.) KUNTH NATIVA DE CHURUMUCO, MICHOACÁN, MÉXICO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NATIVE *Byrsonima crassifolia* (L.) KUNTH OF CHURUMUCO MICHOACÁN, MÉXICO

Jeannette S. Bayuelo-Jiménez^{1*}, Julio César Lozano Rico¹ e Iván E. Ochoa²

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro. 58880, Tarímbaro, Michoacán, México. ²Department of Horticulture, The Pennsylvania State University. Tyson 103 Building, University Park, PA 16802

*Autor para correspondencia (jsbayuelo2002@aol.com)

RESUMEN

En este estudio se caracterizaron 60 genotipos de changunga o nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth] nativos del municipio de Churumuco, Michoacán, con base en parámetros morfológicos cualitativos y cuantitativos, que se analizaron mediante análisis de conglomerados y componentes principales. Se detectaron tres grupos con 18, 37 y 5 genotipos, respectivamente. Las variables de altura del arbusto, peso, longitud y diámetro del fruto, peso del mesocarpio, peso y espesor del endocarpio, acidez, sólidos solubles y proteína fueron las más importantes para diferenciar los grupos. Los cuatro primeros componentes principales (CP1 al CP4) explicaron 83 % de la variación acumulada entre los grupos. El peso del fruto, peso del mesocarpio, peso del endocarpio y proteína fueron las características morfológicas dominantes en los cuatro componentes principales, por tanto, son las variables más importantes para usarse como criterio de selección de genotipos de changunga con frutos de uniforme y mayor calidad para consumo en fresco o productos procesados. Estas observaciones proveen el primer estudio sobre la diversidad morfológica de frutos de changunga y su potencial para producción en el Estado de Michoacán, México.

Palabras clave: *Byrsonima crassifolia*, changunga, fruto, morfología, análisis de clasificación, análisis de componentes principales.

SUMMARY

The objective of this study was to characterize quantitative and qualitative characteristics of 60 genotypes of native changunga or nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth] of Churumuco, Michoacán, México. Clusters analysis of data indicated three distinct groups with 18, 37 and 5 genotypes, respectively. Principal component analysis along with F test detected the traits more affecting group differentiation. Those traits were shrub height, fruit and endocarp length, fruit diameter, fruit weight, fruit acidity, total soluble solids, and proteins.

The first four principal components explained 83 % of the accumulated variation among groups. Fruit weight, fruit width, fruit length, mesocarp and endocarp weight and protein content were dominant on these four principal components. Therefore, these morphological variables could be used as the best parameters for selecting changunga genotypes with uniform fruit quality for either direct consumption or processing. These observations provide the first reported in-depth insights into the genetic diversity of changunga for fruit production in Michoacán.

Index words: *Byrsonima crassifolia*, changunga, fruit, morphology, cluster analysis, principal component analysis.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones que prevalecen en regiones climáticas tropicales y subtropicales del Estado de Michoacán hacen factible mejorar la producción de varias especies frutícolas (Borys y Borys, 2001). En particular, la changunga o nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) es una especie que presenta un amplio rango de adaptación en zonas de transición de climas templados y subtropicales del Estado. Debido a que se adapta a suelos degradados con pendientes pronunciadas, constituye un valioso recurso genético en programas de reforestación; además, los productores de escasos recursos económicos la recolectan y la venden a un alto precio. Sin embargo, se han hecho escasas investigaciones en torno a su diversidad genética, manejo agronómico y poscosecha, disponibilidad de material de propagación, demanda real en los mercados regionales y nacionales, así como de las diversas formas de aprovechamiento, por lo cual su cultivo y uso no ha sido a mayor escala.

El aprovechamiento de *B. crassifolia* en Churumuco, Michoacán está limitado a la recolección de frutos en la temporada de producción aunque posee un potencial frutícola altamente redituable. Esta especie tiene un mercado regional y nacional aún no satisfecho y puede jugar un papel importante como fuente de ingresos y contribuir a una adecuada composición de la dieta, particularmente de las poblaciones de bajos recursos, tanto urbana como rural. También es importante propiciar el cultivo de esta especie para mantener su diversidad genética y evitar que genotipos con valor potencial desaparezcan. Es por ello que la identificación, caracterización y selección de esta especie justifica ampliamente su estudio y conocimiento. En este estudio se caracterizaron 60 genotipos de changunga en Churumuco, Michoacán, con base en variables morfológicas cualitativas, y cuantitativas, y se diferenciaron grupos de variación morfológica entre genotipos mediante técnicas de análisis multivariado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los 60 genotipos de changunga se obtuvieron de tres localidades (20 cada uno). El Pinito (PIN) (18° 35' LN;

101° 47' LO; altitud 1070 m), Peña Blanca (PEB) (18° 37' LN; 101° 48' LO; altitud 1310 m) y Piedra Encimada (PIE) (18° 41' LN; 101° 51' LO; altitud 1214 m) (INEGI, 2000). El estudio incluyó la exploración ecogeográfica e identificación del recurso genético silvestre y la caracterización *in situ* de arbustos de changunga. De cada arbusto se colectaron 20 frutos para su análisis en laboratorio. Para su caracterización morfológica se usaron los descriptores adaptados por IPGRI (1980): ancho y largo de la hoja; peso, longitud y diámetro del fruto; peso y espesor del endocarpio; forma del fruto; sabor, aroma, textura, consistencia, color, peso y espesor del mesocarpio. El color externo e interno del fruto y de la semilla se registraron con la tabla de colores de Munsell (Munsell Color Co, 2000); altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los arbustos, y sólidos totales solubles (SST), que se determinaron con un refractómetro (Brix50 Leica Co., EE. UU.). El pH del mesocarpio se midió con un potenciómetro (AR20 Accumet, Fisher Co, EE. UU.). La acidez del mesocarpio se determinó por titulación con 0.1 N NaOH y 1 % de fenofaleína como indicador, con una bureta digital. El contenido de nitrógeno se determinó por el método de Dumas (Sweeney y Rexroad, 1987). Se utilizó el factor 6.5 para calcular el contenido de proteína a partir de las determinaciones del nitrógeno total del fruto (Simmone *et al.*, 1997).

El promedio de cada variable morfológica de arbustos y frutos se utilizó para hacer un análisis de conglomerados con el programa estadístico SYSTAT (1992). Previamente al análisis de conglomerados, las variables fueron estandarizadas mediante el valor de Z, calculado como $Z = (X_b - X_m) s^{-1}$, donde Z es el valor estandarizado, X_b es el valor original de la variable, X_m es el promedio general para dicha variable, y s^{-1} es el inverso de su desviación estándar. El análisis de conglomerados se hizo con la distancia euclidiana y las introducciones se agruparon mediante el método Ward, que calcula la varianza entre conglomerados y la minimiza (E) (Romerburg, 1984). El número óptimo de grupos se determinó por el índice de suma de cuadrados (E) (Romerburg, 1984). Para verificar el agrupamiento formado por el análisis de conglomerados y la variabilidad de las muestras caracterizadas se utilizó un análisis de componentes principales (ACP) con el paquete SAS (1995). En el análisis de conglomerados y ACP se incluyeron las 17 variables continuas o cuantitativas previamente mencionadas. Con el objeto de verificar las diferencias significativas de las variables cuantitativas entre los diferentes grupos formados, se realizaron pruebas de F por medio del procedimiento GLM de SAS; asimismo se utilizó la prueba de medias de Tukey para comparar las diferencias entre grupos identificados en el análisis de varianza (SAS, 1995).

RESULTADOS

Formación de conglomerados y similitud morfológica entre genotipos

En la Figura 1 se observa la conformación de tres grupos de genotipos; el Grupo I con 18 genotipos, principalmente de la localidad 'Piedra Encimada'; el Grupo II con 21 y 16 genotipos incluidos en dos subgrupos (a y b); el Grupo III con 5 genotipos provenientes de las localidades 'Peña Blanca' y 'Piedra Encimada'. El Cuadro 1 muestra los promedios de los tres grupos en que se clasificaron los genotipos mediante el análisis de conglomerados. Las características morfológicas del árbol y fruto, así como las características químicas de la pulpa (*i.e.* acidez del fruto, sólidos solubles totales y proteína), fueron las que determinaron la mayor variabilidad entre grupos. El Grupo I posee arbustos de porte bajo, tronco delgado, frutos pequeños y globosos de bajo peso, y pulpa de poco peso y grosor. Los genotipos del Grupo II se distinguen por tener arbustos de porte bajo, frutos sub-globosos a globosos, de mayor peso y sabor ácido. El Grupo III incluye genotipos que se caracterizan por tener arbustos de porte alto con frutos grandes, globosos y de mayor peso; su pulpa es de color amarillo claro, sabor dulce-amargo y de alto contenido de proteína y sólidos solubles.

Análisis de varianza para las variables cuantitativas

De las 17 variables morfológicas, las variables altura del arbusto, peso, longitud y diámetro del fruto, peso y espesor del mesocarpio, peso y espesor del endocarpio, sólidos solubles, contenido de humedad y proteína del mesocarpio, fueron significativas en los agrupamientos formados (Cuadro 1). En particular, los genotipos del Grupo III, de las localidades de Peña Blanca y Piedra Encimada, destacaron del resto de los grupos en todas las variables morfológicas y químicas analizadas, excepto en el diámetro del tronco, largo y ancho de la hoja, peso y longitud del endocarpio y acidez del mesocarpio.

Variabilidad entre genotipos

Según el análisis de componentes principales (CP) de las características morfológicas y químicas de los genotipos evaluados, los componentes CP1 al CP4 contribuyeron con 46, 16, 11 y 9 %, respectivamente, de la variación entre grupos (Cuadro 2). Estos componentes en conjunto aportaron 83 % de la variación total observada. La variabilidad del primer componente (CP1) estuvo determinada por valores positivos de: peso, longitud y ancho del fruto, y peso de pulpa y peso del endocarpio, y por valores negativos de los sólidos solubles totales del mesocarpio. El

componente 2 (CP2) estuvo influenciado positivamente por la altura del arbusto y acidez del mesocarpio, y en forma negativa con el pH del mesocarpio. En el componente 3 (CP3) ejercieron mayor peso el largo y ancho de las hojas. En el componente 4 (CP4) es el ancho del endocarpio el que aportó la variación entre genotipos.

Cuadro 1. Características morfológicas por grupos de 60 genotipos de *Byrsonima crassifolia* del municipio de Churumuco, Michoacán.

Variables	Grupo [†] (número de arbustos por grupo)			
	I (18)	II a (21)	II b (16)	III (5)
Árbol				
Altura (m)	2.7 b	2.9 ab	3.1 a	3.6 a
DAP [‡] (m)	0.08 a	0.09 a	0.1 a	0.1 a
Hojas				
Longitud (cm)	5.4 a	6.0 a	6.2 a	5.7 a
Ancho (cm)	3.4 a	3.8 a	4.0 a	3.5 a
Fruto				
Peso (g)	1.8 c	2.5 b	2.7 b	3.8 a
Longitud (mm)	12.8 b	14.1 ab	16.0 a	16.5 a
Diámetro (mm)	14.5 c	16.5 b	16.7 b	19.3 a
Mesocarpio				
Peso (g)	1.5 c	2.1 b	2.4 b	3.3 a
Espesor (mm)	7.6 b	9.1 a	9.4 a	10.8 a
pH	3.5 a	3.6 a	3.5 a	3.5 a
Sólidos solubles	13.6 b	15.3 a	15.3 a	15.8 a
Acidez [§]	1.4 a	1.3 a	1.4 a	1.1 b
Proteína (%)	4.7 a	3.8 b	4.8 a	5.2 a
Contenido de humedad (%)	80.9 a	77.8 b	82.6 a	81.7 a
Endocarpio				
Peso (g)	0.3 b	0.4 a	0.4 a	0.5 a
Longitud (mm)	7.1 a	7.5 a	8.5 a	8.3 a
Espesor (mm)	6.8 b	7.4 a	7.3 a	8.5 a

[†] Diámetro a la altura del pecho. [‡] Grupos identificados por análisis de conglomerados. Datos entre paréntesis indican el número de árboles por grupo. Medias con letras iguales en cada variable son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). [§]Grados Brix, en porcentaje de ácido málico.

Cuadro 2. Valores propios y proporción de la explicada por los componentes principales con base en la matriz de correlación aplicada a 17 características morfológicas cuantitativas de 60 genotipos de *Byrsonima crassifolia* del municipio de Churumuco, Michoacán.

Variables	Componentes Principales (CP)			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Altura del arbusto	0.17	0.30	-0.28	0.07
DAP	0.20	0.05	-0.31	0.22
Largo de hoja	0.05	0.24	0.25	0.49
Ancho de hoja	0.01	0.26	0.32	0.33
Longitud del fruto	0.22	-0.24	0.18	0.15
Diámetro del fruto	0.33	0.07	0.00	0.16
Peso del fruto	0.34	-0.04	0.13	0.02
Diámetro del mesocarpio	0.25	0.11	-0.24	0.33
Peso del mesocarpio	0.34	-0.01	0.06	0.04
Diámetro del endocarpio	0.21	-0.04	0.35	-0.20
Longitud del endocarpio	0.14	-0.04	0.33	-0.17
Peso del endocarpio	0.21	-0.18	0.40	-0.07
pH	-0.07	-0.42	0.09	0.26
Acidez titulable	-0.03	0.48	0.15	-0.24
Sólidos solubles totales	-0.32	-0.06	0.04	0.15
Contenido de humedad	0.21	-0.17	-0.22	-0.22
Proteína	0.24	0.03	-0.15	0.15
Valor propio	5.49	1.92	1.36	1.17
Varianza total absoluta	0.46	0.16	0.11	0.09
Varianza total acumulada	0.46	0.62	0.73	0.83

En la Figura 2, que presenta la formación de los grupos de acuerdo con CP2 y CP1, se visualiza la división de los grupos previamente definidos en el análisis de conglomerados (Figura 1). Los Grupos I y II presentan para CP1 los valores más bajos en altura del arbusto, diámetro del tronco, peso y longitud del fruto, peso de la pulpa y peso del epicarpio. Para el CP2, el Grupo III muestra los mayores valores para las características del árbol y fruto.

DISCUSIÓN

Los parámetros morfológicos más significativos para discriminar variabilidad entre genotipos son diámetro del fruto, peso del fruto y peso del mesocarpio. Estos parámetros, sin embargo, sólo definen la preferencia del consumidor por ciertos tipos o formas del fruto. Al respecto, los genotipos PEB 2-1, PEB 2-8, PEB 2-9, PIE 3-2, PIE 3-5, PIE 3-6, PIE 3-8 y PIE 3-9, de las localidades de Peña Blanca y Piedra Encimada, respectivamente, son los que mayormente destacaron y los cuales podrían utilizarse para hacer selección y mejoramiento de este recurso genético. Los valores de diámetro, longitud y peso del fruto de estos genotipos, son similares a los obtenidos por Nava y Uscanga (1980) en huertos comerciales de Veracruz.

De las variables químicas, los sólidos solubles del mesocarpio, la acidez del fruto y el contenido de proteína pueden considerarse como valiosos parámetros de calidad del fruto, particularmente porque el sabor depende principalmente del equilibrio entre azúcares y ácidos (Braceló *et al.*, 1998). En general, pudo apreciarse una alta correspondencia entre sólidos solubles totales y la acidez del fruto, que indican el sabor del mismo. Conforme incrementan los sólidos solubles disminuye la acidez del fruto, lo que quedó en evidencia por los valores negativos del análisis de correlación ($r = -0.83$). Los genotipos del Grupo I se caracterizaron por tener los valores más bajos de sólidos solubles (13.6 %) y más altos de acidez (1.4 %), que le confieren al fruto su característico y preferido sabor agridulce. Los genotipos del Grupo III, por el contrario, exhibieron valores altos de sólidos solubles (15.8 %) y bajos de acidez (1.1 %), que confieren un sabor más dulce al fruto.

Los valores de sólidos solubles y acidez del fruto de changunga son comparables a los registrados en selecciones de nanche del Estado de Veracruz. La selección 'Nanche dulce' posee una acidez de 0.02 a 2.6 %, y sólidos solubles de 9.7 a 18 %, mientras que los respectivos valores en la selección de 'Nanche ácido' son de 0.02 a 1.3 % y 7.7 a 12.7 % respectivamente (Nava y Uscanga, 1980). Resultados similares han sido reportados en selecciones de nanche dulce del Estado de Nayarit con valores de (10.6 a 12.2 %) en sólidos solubles, y de 0.4 a 1.4 % en acidez;

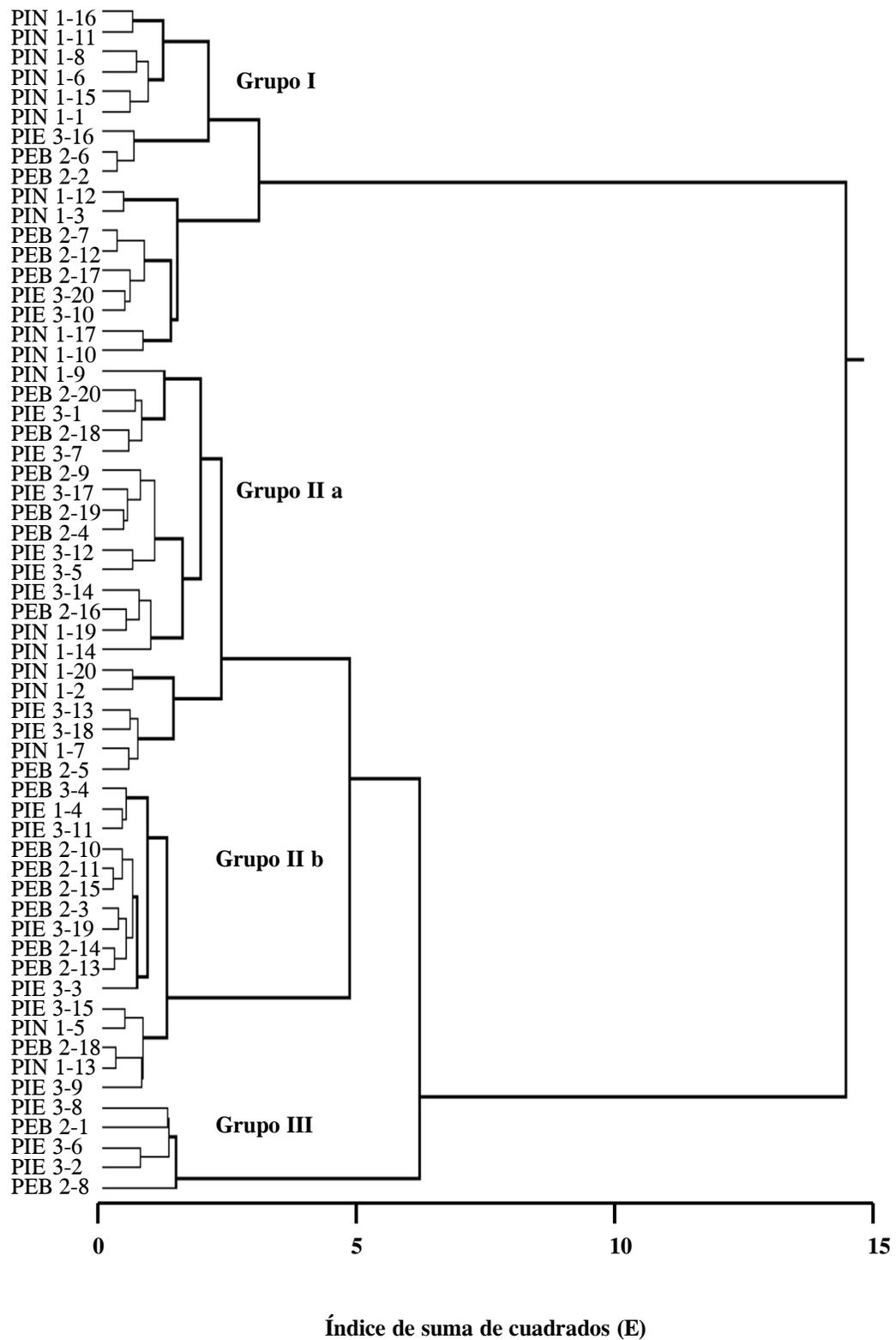


Figura 1. Dendrograma de varianza mínima de Ward que muestra la similitud morfológica entre 60 genotipos de *Byrsonima crassifolia* del municipio de Churumuco, Michoacán. PIN (El Pinito), PEB (Peña Blanca), PIE (Piedra Encimada).

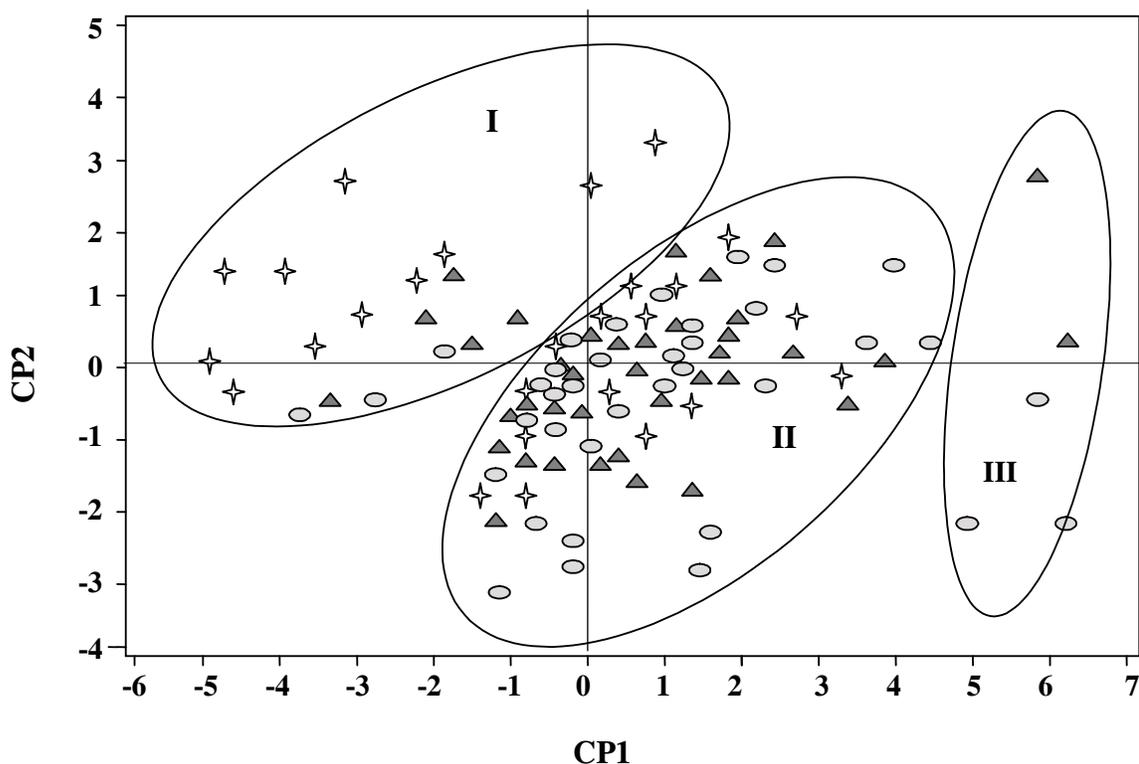


Figura 2. Diagrama bidimensional obtenido a partir del análisis de los dos primeros componentes principales de variables morfológicas de 60 genotipos de changunga (*Byrsonima crassifolia*) del municipio de Churumuco, Michoacán. Los números representan los grupos previamente identificados. Genotipos de la localidad El Pinito (◆), Peña Blanca (▲) y Piedra Encimada (○).

para nanche ácido y agridulce los valores fueron de 8 a 9.6 en sólidos solubles y de 1 a 1.5 %, en acidez (Medina-Torres *et al.* 2004).

Gracias al análisis de componentes principales, fue posible reconocer al contenido de proteína del mesocarpio como otro índice importante de la calidad del fruto. Los genotipos del Grupo III (Cuadro 1) se distinguieron por un alto contenido de proteína en el mesocarpio (5.2 %), el cual superó en 1.4 % al contenido proteico de los genotipos del Grupo IIa (3.8 %). El contenido de proteína en este grupo fue superior a los registrados en selecciones de nanche dulce y nanche ácido del Estado de Veracruz (0.9 a 2.9 % y 1.9 a 2.1 %, respectivamente) (Nava y Uscanga, 1980). Asimismo, este contenido proteico supera tres veces al registrado en manzana (*Malus silvestris*) (0.2 %), plátano (*Musa sapientum*) (1.1 %), cereza (*Prunus cerasus*) (1.2 %), dátil (*Phoenix dactilifera*) (2.2 %), higo (*Ficus carica*) (1.2 %), melón (*Cucumis melo*) (0.7 %), naranja (*Citrus sinensis*) (1.0 %) y uva (*Vitis vinifera*) (0.6 %) (Braceló *et al.*, 1998).

Estos resultados podrían ser utilizados como criterios de selección para obtener calidad uniforme en changunga, a ser usados para consumo directo o como fruto procesado. En particular, los genotipos del Grupo III, son altamente recomendables para consumo en fresco y comercialización, por las excepcionales características morfológicas del fruto, alto valor energético y grado de aceptación.

CONCLUSIÓN

El municipio de Churumuco, Michoacán posee una alta e importante variabilidad genética en el germoplasma de *Byrsonima crassifolia*. Esta variabilidad se manifiesta tanto en aspectos morfológicos del arbusto (altura) y fruto (forma, tamaño, color y peso del mesocarpio) como en calidad del fruto (acidez, sólidos solubles y proteína). Los resultados evidencian la factibilidad de identificar y seleccionar a los mejores genotipos con ventajas agronómicas y de calidad del fruto, para utilizarlos como material genético base para el incremento del área productiva de cada localidad,

mediante un programa de mejoramiento genético de la especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el apoyo financiero otorgado durante el año 2004 al proyecto de investigación 6.11 “Diversidad, Conservación y Aprovechamiento de Recursos Genéticos Frutícolas de Michoacán”.

BIBLIOGRAFÍA

- Borys M W, H L Borys (2001)** El Potencial Genético Frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín, Cictamex, S C. Coatepec Harinas, México. 48 p.
- Braceló C J, G R Nicolás, B G Sabater, R T Sánchez (1998)** Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. España. pp:585-599.
- INEGI (2000)** Anuario Estadístico Michoacán. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Michoacán, México.
- IPGRI (1980)** Tropical Fruit Descriptors. IBPGR, Rome, Italy. 11 p.
- Medina T R, S Salazar G, J R Gómez A (2004)**. Fruit Quality Indices in Eight Nance [*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.]. HortScience 39:1070-1073.
- Morales V H, M C Hans, A G C De Souza, A I Cohen (1994)** Native fruits species of economic potential from Brazilian Amazon. Angew Bot. 68:47-52.
- Munsell Color Co (2000)** Munsell Color Charts for Plant Tissues. Munsell Color Company. New Windsor, New York. 18 p.
- Nava K G, K G Uscanga (1980)** Estudio Físico y Químico Comparativo de 28 Tipos de *Byrsonima crassifolia* en el Estado de Veracruz. CONAFRUT-SARH, México. pp: 988-1029.
- Romerburg H C (1984)** Cluster Analysis for Researchers. Lifetime Learning Publications Belmont, California. 277 p.
- SAS (1995)** SAS User's Guide: Statistics. 5th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Simonne A H, E H Simonne, R R Eitenmiller, H A Mills, C P Cresman (1997)**. Could Dumas method replace the Kjeldahl digestion for nitrogen and crude protein determinations in foods? J. Sci. Food Agric. 73:39-45.
- Sweeney R A, P R Rexroad (1987)** Comparison of LECO FP-228 'Nitrogen Determinator' with AOAC copper catalyst Kjeldahl method for crude protein. J. AOAC. 70:1028-1030.
- SYSTAT (1992)** Statistics. SYSTAT, Inc. Evanston, IL.