

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LA SIERRA  
NORTE Y NORORIENTE DE PUEBLA, Y SIERRA CENTRO DE VERACRUZ**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PRESENTA:**

**ARMANDO IBÁÑEZ MARTÍNEZ**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

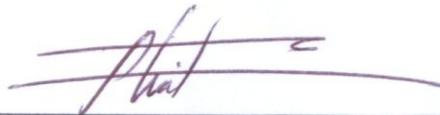
**Chapingo. México, Junio del 2011**

**CARACTERIZACIÓN DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LA SIERRA NORTE Y NORORIENTE DE PUEBLA, Y SIERRA CENTRO DE VERACRUZ.**

Tesis realizada por **Armando Ibáñez Martínez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

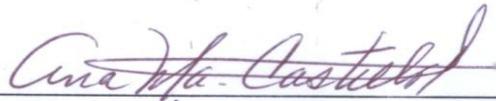
**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

DIRECTOR:



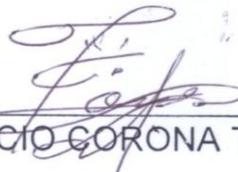
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

ASESOR:



DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



DR. TARSICIO CORONA TORRES

ASESOR:



DRA. MA. TERESA COLINAS LEÓN

LECTOR EXTERNO:



DR. EUSEBIO MARTÍNEZ MORENO

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado, para realizar y culminar mis estudios doctorales.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme las facilidades dentro de sus instalaciones, para desarrollar plenamente mis estudios.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por otorgarme el permiso para mi superación académica.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) y el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), por apoyarme económicamente para finalizar mi trabajo de investigación.

A mis asesores Dr. Edilberto Avitia García, Dra. Ana María Castillo González, Dra. Ma. Teresa Colinas León, Dr. Tarsicio Corona Torres y Dr. Eusebio Martínez Moreno, por su apoyo moral y académico en la conducción del presente trabajo de investigación.

A los profesores del Instituto de Horticultura que me impartieron las asignaturas para cumplir con mi plan curricular.

A la Química Ángela Barrera Cortez del laboratorio de Anatomía de Frutales y al Químico Cecilio Bautista Bañuelos del laboratorio de Usos Múltiples, por su apoyo amable e incondicional en los análisis bioquímicos de la zarzamora.

Al Sr. Lorenzo Martínez Mejía por su apoyo tenaz en las evaluaciones y colectas de campo.

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo a mis abuelos, padres, hermanas y hermanos.

A Delia y Amaya con cariño, por inyectarme la fortaleza para concluir este proyecto.

A mis amigos con aprecio.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

El autor nació el 31 de marzo de 1969 en la Cd. de Teziutlán, Puebla.

Los estudios de educación media superior los realizó en el CBTis No. 165 de Coatepec, Ver. de 1987 a 1990 en el área de suelos y fertilizantes. La licenciatura la desarrollo en la especialidad de suelos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” de 1990 a 1995, obteniendo la titulación en 1995, con el trabajo de investigación: “Efecto del encalado como cubierta, sobre la brotación en árboles de manzano” y con el merito a la mención honorífica. Los estudios de maestría los llevo a cabo en el programa de Fruticultura del Colegio de Posgraduados de 1997 a 1999, con la tesis: “Cubiertas, riego y fertilización foliar en árboles de manzano con deficiencias nutricionales”.

Con relación a los datos laborales, estuvo como encargado del laboratorio de cría y reproducción de parasitoides para el control biológico de mosca de la fruta, y la reproducción de colonias de mosca de la fruta, en el Instituto de Ecología, A.C. Laboró en SAGARPA de Xalapa, Ver, como técnico evaluador en la campaña de mosca de la fruta con productores de mango en el municipio de Tlaxicoyan, Ver. Actualmente se encuentra trabajando como profesor investigador de tiempo completo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, impartiendo clases y realizando actividades de investigación, vinculación y tutorías.

## CONTENIDO

	PÁGINA
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN GENERAL.....	ix
GENERAL ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
OBJETIVOS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen de la zarzamora.....	5
Taxonomía.....	6
Importancia de la zarzamora en México.....	7
Producción de zarzamora en México.....	8
Usos de la zarzamora.....	8
Propiedades nutricionales de la zarzamora.....	9
Conservación de recursos fitogenéticos.....	10
Caracterización morfológica.....	16
Métodos estadísticos multivariados en la caracterización.....	17
Organización de los datos.....	19
I. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE ZARZAMORA SILVESTRE ( <i>Rubus</i> spp.) EN LA SIERRA NORORIENTE DE PUEBLA.....	21
RESUMEN.....	21
ABSTRACT.....	22
INTRODUCCIÓN.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Sitio de estudio.....	25
Clima.....	26

Caracteres evaluados.....	26
Selección de variables y análisis multivariado.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Análisis de componentes principales.....	30
Análisis de conglomerados jerárquicos.....	32
Evaluaciones canónicas.....	33
Análisis de comparación de medias.....	36
CONCLUSIONES.....	44
LITERATURA CITADA.....	44
II.VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE FRUTOS DE ZARZAMORA SILVESTRE ( <i>Rubus</i> spp.) EN LAS SIERRAS NORTE DE PUEBLA Y CENTRO DE VERACRUZ.....	48
RESUMEN.....	48
ABSTRACT.....	49
INTRODUCCIÓN.....	50
MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
Sitio de estudio.....	53
Clima.....	53
Caracteres evaluados.....	55
Selección de variables.....	57
Análisis multivariado.....	58
Análisis de varianza.....	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
Análisis de correlación.....	58
Análisis de componentes principales.....	59
Análisis de conglomerados jerárquicos.....	62
Análisis de comparación de medias.....	65
CONCLUSIONES.....	73
LITERATURA CITADA.....	74

III.CARACTERES MORFOLÓGICOS DE ZARZAMORA SILVESTRE ( <i>Rubus</i> spp.) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA Y SIERRA CENTRO DE VERACRUZ.....	80
RESUMEN.....	80
ABSTRACT.....	81
INTRODUCCIÓN.....	82
MATERIALES Y MÉTODOS.....	84
Sitios de estudio.....	84
Clima.....	86
Caracteres evaluados.....	86
Selección de variables.....	89
Análisis multivariado.....	89
Análisis de varianza.....	90
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
Análisis de correlación.....	90
Análisis de Componentes Principales.....	91
Análisis de conglomerados jerárquicos.....	94
Evaluaciones canónicas.....	95
Análisis de comparación de medias.....	97
CONCLUSIONES.....	103
LITERATURA CITADA.....	104
DISCUSIÓN GENERAL.....	106
CONCLUSIONES GENERALES.....	111
LITERATURA CITADA.....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.1	Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	27
1.2	Variables evaluadas para la caracterización de hojas, semillas, frutos, espinas, flores, y brotes de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	29
1.3	Valores propios, varianza explicada, y variación acumulada de los primeros tres componentes principales de 39 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	31
1.4	Caracteres cuantitativos evaluados en 39 colectas de zarzamora silvestre en función de cinco grupos formados.....	43
2.1	Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	54
2.2	Caracteres evaluados para la caracterización de fruto y semillas en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	56
2.3	Valores propios, varianza explicada y variación acumulada de los primeros tres Componentes Principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	60
3.1	Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia	

	de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	85
3.2	Caracteres evaluados para la caracterización de brotes, espinas, hojas, flores y racimos de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	87
3.3	Valores propios, varianza explicada y variación acumulada de los primeros tres componentes principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.1	Diagrama de dispersión obtenidos de los dos primeros componentes principales de los descriptores de 39 accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	34
1.2	Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de brotes, espinas, hojas, flor, fruto y semillas, de 39 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	35
1.3	Distribución de las colectas en función de las variables canónicas CAN1 Y CAN2 de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.....	36
2.1	Diagrama bidimensional para fruto, que indican la proyección de las Unidades Básicas de Caracterización de zarzamora silvestre en los dos primeros Componentes Principales. Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	61
2.2	Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de frutos y semillas de 24 colectas de zarzamora silvestre en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	64
2.3	Longitud de racimo (A) y frutos por racimo (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	66

2.4	Peso por fruto (A), longitud de fruto (B) y forma de fruto (C) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	67
2.5	Número de drupeólas (A) y cantidad de pulpa (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y centro de Veracruz.....	68
2.6	Peso total de semillas (A) y peso promedio por semilla (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	69
2.7	Ácido cítrico (A), sólidos solubles totales (B) y relación SST/ácido (C) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	70
2.8	pH (A) y antocianinas (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.....	73
3.1	Diagrama bidimensional obtenido de los dos primeros Componentes Principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	93
3.2	Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de plantas, de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	96

3.3	Distribución de las colectas en función de las variables canónicas CAN1 y CAN2, de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	97
3.4	Porte de la planta (A), diámetro del brote (B) y número de nudos (C) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	98
3.5	Número de folíolos por hoja (A) y número de nervaduras (B) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	99
3.6	Longitud de espinas (A), número de espinas en nervadura (B) y distancia entre espinas en pecíolo (C) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	102
3.7	Longitud de pecíolo (A), número de espinas en pecíolo (B), longitud de peciólulo (C) y número de espinas en peciólulo (D) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	102
3.8	Clorofila a (A) y frutos por racimo (B) en cinco grupos formados por 24 colecta de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.....	103

## **CARACTERIZACIÓN DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LA SIERRA NORTE Y NORORIENTE DE PUEBLA, Y SIERRA CENTRO DE VERACRUZ**

### **CHARACTERIZATION OF WILD BLACKBERRY (*Rubus* spp.) IN THE NORTHERN AND NORTHEASTERN MOUNTAINS OF PUEBLA AND IN THE CENTRAL MOUNTAIN OF VERACRUZ**

Armando Ibáñez Martínez

#### **RESUMEN**

La zarzamora silvestre (*Rubus* spp.) representa un recurso fitogenético que se desarrolla apropiadamente en algunas partes de la Sierra Madre Oriental. Estos materiales son utilizados para consumo local por sus propiedades alimenticias y curativas; además de contener un potencial genético que podría ser aprovechado. No obstante, cada día que pasa, este recurso se encuentra amenazado por la deforestación, erosión del suelo, desarrollos urbanísticos, planes viales, y sin que al momento se cuente con un estudio de caracterización para su conservación y aprovechamiento responsable. Por tal motivo, se tuvo como objetivo realizar la caracterización morfológica y bioquímica de zarzamora silvestre en las Sierras Nororiente y Norte de Puebla, y Sierra Centro de Veracruz. La información obtenida se analizó estadísticamente a través de Análisis Multivariados, Análisis de Varianza para los caracteres discriminantes y prueba de medias (Tukey) entre los grupos formados. En la Sierra Nororiente de Puebla se evaluaron 39 colectas con 41 caracteres; los caracteres discriminantes fueron: longitud de fruto, forma de fruto, número de drupeólas, longitud del pedicelo, número de nervaduras derechas en folíolo central, número de espinas en peciólulo central, longitud de peciólulo central y longitud de peciolo, ácido cítrico, ácido málico, relación SST- ácido cítrico, pH, número de folíolos por hoja, peso de semillas por fruto, peso por fruto, diámetro de fruto, peso de pulpa, longitud de espinas y longitud del hombro de espina; para los tres primeros componentes se acumuló 68.09% de la variación total y se obtuvieron cinco grupos definidos. En las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz se evaluaron 21 caracteres en 24 colectas (22

#### **ABSTRACT**

Wild blackberry (*Rubus* spp.) represents a phylogenetic resource that grows naturally in some parts of the Sierra Madre Oriental. The species of this genus are used for local consumption due to their nutritional and curative properties; in addition, these species have a significant genetic potential that could be used in plant breeding programs. Nevertheless, every day that passes by, this resource is threatened by deforestation, soil erosion, urban developments, and roadway planning, and currently no characterization studies for conservation and sustainable use have been performed. Due to the little information available, this study was designed to perform a morphological and biochemical characterization of wild blackberries native to the Northeastern and Northern Mountains of Puebla and the Central Mountain of Veracruz. The information obtained was statistically analyzed through multivariate data analysis, analysis of variance for discriminant characteristics and mean comparison (Tukey) among the formed groups. In the Northeastern Mountains of Puebla, 39 collections with 41 characteristics were evaluated; the discriminant characteristics included: fruit length, fruit shape, number of drupelets, pedicel length, number of nerves at the right side of a central leaflet, number of thorns in the central petiolule, length of the central petiolule and petiole length, citric acid, malic acid, SST - citric acid ratio, pH, number of leaflets per leaf, seed weight per fruit, fruit weight, fruit diameter, pulp weight, thorn length, and thorn dome length. For the three principal components 68.09% of the total variation was accumulated and five defined groups were obtained. In the Northern Mountains of Puebla and Central Mountains

materiales silvestres y dos cultivares); se obtuvo una variabilidad total de los tres primeros componentes de 78.06%; representada por longitud de racimo, longitud de fruto, número de drupeólas, peso total de semillas por fruto, ácido cítrico, relación SST-ácido cítrico, pH, frutos por racimo, peso por fruto, forma del fruto, peso promedio por semilla y sólidos solubles totales; se conformaron cinco grupos de zarzamora silvestre y un grupo de las variedades cultivadas. Asimismo, se evaluaron 28 caracteres morfométricos provenientes de brotes, espinas, hojas, flores y racimos; siendo los más discriminantes: porte, diámetro de brotes, número de espinas en peciólulo, longitud de peciólulo, número de espinas en peciolo, longitud de peciolo, frutos por racimo, número de nudos, longitud de espinas, número de nervaduras izquierdas, número de foliolos por hoja, número de espinas en nervadura principal, distancia entre espinas en peciolo, clorofila a; se presentó una combinación lineal de las variables en los tres primeros componentes de 74.26%; también se formaron cinco grupos definidos. En todos los casos los análisis de varianza de los caracteres discriminantes y pruebas de medias muestran diferencias significativas entre los grupos formados.

**PALABRAS CLAVE:** *Rubus* spp, caracterización morfológica y bioquímica, tipos silvestres.

of Veracruz, 21 characteristics were evaluated in 24 collections (22 wild species and 2 cultivars); a total variability of the three principal components of 78.06% was obtained, represented by bunch length, fruit length, number of drupelets, total weight of seeds per fruit, citric acid, SST-citric acid ratio, pH, fruits per bunch, fruit weight, fruit shape, average weight per seed, and total soluble solids. Five groups of wild blackberries and one group of cultivated varieties were formed.

Likewise, 28 morphometric characteristics were evaluated, originating from shoots, thorns, leaves, flowers, and bunches, with the most distinguishing being: appearance, shoot diameter, number of thorns in petiolule, petiolule length, number of thorns in petiole, petiole length, fruits per bunch, number of nodes, thorn length, number of left nerves, number of leaflets per leaf, number of thorns in principal nerve, distance between thorns on petiole, and chlorophyll a. A linear combination of variables in the three principal components of 74.26% was detected and five defined groups were also formed. In all cases the analysis of variance of the discriminant characteristics and mean comparison showed significant differences among the formed groups.

**KEY WORDS:** *Rubus* spp., morphological and biochemical characterization, wild types.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La República Mexicana es el cuarto país del mundo con la mayor diversidad vegetal. La gran diversidad biológica se debe a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas, que presentan una amplia gama de variación y combinaciones, generando un mosaico de nichos ecológicos (Rzedowski, 1994). Dicha biodiversidad establece una amplia gama de frutales, como un grupo muy heterogéneo de plantas que incluye árboles, arbustos, enredaderas y hierbas perennes. Se les encuentra en diferentes climas, que varían desde tropicales hasta las zonas templadas, y en cuanto a altitudes, desde el nivel del mar hasta la parte alta de las montañas. Los frutales también difieren considerablemente con respecto a su origen, taxonomía y sistemas de apareamiento (Zagaja, 1988). En México actualmente crecen 712 especies que pertenecen a 75 familias y 169 géneros. Del total, 32 especies nativas son aprovechadas comercialmente, 14 son objeto de comercio, pero no se encuentran en la estadística oficial, y 620 son cultivadas localmente en los huertos familiares y son de recolección (Borys y Leszyńska-Borys, 2001).

Dentro de esta diversidad de frutales se encuentran los materiales silvestres; como es el caso de la zarzamora, que crece en las Sierras Norte y Nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz, localizadas dentro de la Sierra Madre Oriental. Sin embargo, estas zarzamoras silvestres que forman parte de los recursos fitogenéticos, catalogadas como especies emparentadas con variedades cultivadas de zarzamora (Reid y Miller, 1989), se encuentran amenazadas en dichas regiones, debido a la destrucción o alteración de los

espacios naturales (Heywood, 1995), directa (deforestación, desarrollos urbanísticos, planes viales) o indirectamente (calentamiento, desertificación, contaminación), que alterarán, a veces de forma intensa e irreversible, extensiones variables del territorio (Martínez-Laborde, 2001). Aunado a ello, la pérdida de este recurso fitogenético también se ve afectado por una doble erosión genética más; por un lado, se ha reducido ostensiblemente el número de especies cultivadas, conservándose solamente aquellas en las que se han realizado programas de mejoramiento genético; y en segundo lugar, se ha reducido drásticamente el número de cultivares por especie (Iriundo, 2001), como el caso del cultivar Tupi, que más se cultiva en México y que fue desplazando al cultivar Brazos (López, 2009).

La zarzamora presenta un fruto agregado, formado por un grupo de pequeñas drupeólas, que se desarrollan de la misma flor y éstas se unen entre sí para formar el fruto completo. Las drupeólas se encuentran adheridas al receptáculo, que es el centro de la fruta que consumimos (Hedrick, 1925; Galleta y Violette, 1989). Crecen en forma arbustiva, rígidamente erectas, arqueadas o en forma rastrera, producen cañas bianuales; pero hay excepciones con cañas perennes. Casi todas son deciduas, pero algunas son siempreverdes. La reproducción varía desde apomícticas hasta sexualmente fértiles (Ourecky, 1975).

Las zarzadoras silvestres son muy comunes en algunas zonas e incluso en áreas muy amplias, donde crecen de manera espontánea desde hace varios milenios, y en ocasiones son tan abundantes que llegan a cubrir grandes extensiones; desde la llanura hasta por encima de los 1,000 msnm (Cretti,

1986). Su habitat original se encontró cerca de los márgenes de los bosques, lugares desmontados y arroyos (Ourecky, 1975).

Las especies silvestres como la zarzamora, han sufrido una constante presión por condiciones bióticas y abióticas desfavorables y han desarrollado numerosas estrategias para prosperar por sí mismas. Este arsenal de caracteres defensivos es el producto de millones de años de evolución, y es de gran valor como recurso fitogenético (Plucknett *et al.*, 1992).

En la actualidad no se cuenta con un estudio de caracterización sobre los principales materiales silvestres de zarzamora que se desarrollan en las Sierras Norte y Nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz; sin embargo, Iriondo (2001) menciona que este tipo de materiales contienen una extraordinaria diversidad genética e inmensas posibilidades de utilización en la alimentación, la medicina y la industria.

La zarzamora silvestre, que crece en las Sierras Norte y Nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz, es un frutal potencialmente aprovechable el cual se encuentra amenazado en desaparecer por diversos factores, por lo que se hace necesario establecer una línea de investigación para su caracterización, conservación y aprovechamiento. Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación se plantearon los objetivos siguientes.

## OBJETIVOS

### General

Realizar *in situ* la caracterización morfológica y bioquímica de zarzamora silvestre (*Rubus* spp.) en la Sierra Norte de Puebla, Sierra Nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

### Particulares

Evaluar las características morfológicas y bioquímicas de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente del estado de Puebla.

Evaluar los caracteres morfológicos y bioquímicos de frutos de zarzamora silvestre y variedades mejoradas en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

Evaluar los caracteres morfológicos de las plantas de zarzamoras silvestres y cultivares mejorados en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen de la zarzamora

Las zarzamoras han sido recolectadas de materiales silvestres desde hace 2,000 años. Para el siglo XVI en Europa se utilizaban como cercas y con propósitos medicinales. Las zarzamoras siempreverdes se domesticaron en el siglo XVII y otros cultivares se produjeron hasta los siglos XIX y XX. En Norteamérica la deforestación ocasionada por la agricultura facilitó que las zarzamoras nativas se esparcieran e hibridizaran. Éstas empezaron a ser cultivadas en algunas partes de América entre 1850 y 1860. En 1867 se registraron 18 cultivares, la mayor parte de las cuales fueron selecciones y plantaciones nativas (Galleta y Violette, 1989).

Aunque existen especies de *Rubus* que se encuentran en el norte de Estados Unidos y sur de Canadá, la zarzamora es un cultivo que crece en las regiones calurosas de Estados Unidos. Se han encontrado en abundancia en las costas este y oeste y en dos terceras partes del sur de Estados Unidos (Moore y Skirvin, 1990).

A finales del siglo XIX se obtuvieron algunos cultivares comerciales; tales como, Lawton, Logan, Young, Eldorado y Snyder. Las producciones alcanzaron los 40,000 acres en Estados Unidos en 1948; principalmente en Texas, Oklahoma, Michigan, Arkansas, Missouri, Ohio, New Jersey, Tennessee, Kentucky, Oeste de Virginia, Pennsylvania, New York, Norte de Carolina, Illinois, Washington, Oregón y California. Hoy en día los estados de la Costa del Pacífico tienen una activa producción de zarzamora e híbridos de ésta. En la Región Central del Sur

permanece una producción importante de este cultivo. Existe un gran interés en los tipos sin espinas en el norte y más en el este; sin embargo, estos tipos no son totalmente robustos. Existe un incremento remarcado en la producción, tamaño de fruto y resistencia a enfermedades entre los nuevos cultivares. Algunos de éstos cultivares también proporcionan estabilidad en el color, firmeza en tejidos y cáscara, mejor sabor, aroma y mayor vida de anaquel. Además, el cultivo de tejidos ha mejorado fuertemente el suministro de las plantas de zarzamora (Galleta y Violette, 1989).

### **Taxonomía**

La zarzamora se clasifica taxonómicamente dentro del género *Rubus* y pertenece a la familia Rosaceae, existen 12 subgéneros en *Rubus* (Hedrick, 1925), aunque solo *Idaeobatus* y *Eubatus* tienen importancia comercial. El subgénero *Idaeobatus* comprende a las frambuesas y *Eubatus* a las zarzamoras. Existen diferencias morfológicas entre dichos subgéneros; el criterio comúnmente utilizado para su clasificación es el método de separación del fruto maduro de la planta. En la frambuesa el fruto es un agregado de pequeñas drupeólas que se separan del receptáculo y tiene la apariencia de un dedal. En contraste, las drupeólas de las zarzamoras se encuentran unidas al receptáculo, el cual se vuelve en una parte comestible del fruto (Hedrick, 1925; Galleta y Violette, 1989).

Las zarzamoras son un grupo complejo de plantas heterogéneas con alta variabilidad. Se han reconocido más de 350 especies. Estos subgéneros principalmente habitan en las regiones templadas del noroeste de Asia, Europa,

Norte de África, Norteamérica y las montañas de Sudamérica. Los niveles de ploidía del género varían de diploides ( $2n = 14$ ) a tetradecaploides ( $2n = 98$ ); la mayoría de las frambuesas son diploides; mientras que las zarzamoras varían de diploides a dodecaploides ( $2n = 84$ ) (Ourecky, 1975; Moore y Skirvin, 1990). Los tipos de plantas varían de rastreras a erectas y de perennes a caducifolias. La reproducción varía de apomícticas a sexualmente fértiles. Dado que las especies de zarzamora homoploides en su mayoría son infértiles y biológicamente se cruzan entre éstas; las poblaciones nativas de zarzamora en muchas partes del mundo son altamente híbridas en la naturaleza, haciendo difícil o imposible una clasificación taxonómica exacta (Darrow, 1967).

### **Importancia de la zarzamora en México**

La zarzamora es una especie conocida por los mexicanos que habitaron o aún viven en las áreas de clima templado o frío, y su fruta es recolectada para procesarla en mermelada, licores, o incorporar a los atoles, tamales y pulque. Pero la industria de la zarzamora como cultivo competitivo con otras especies comienza a mediados de los 80`s, iniciándose los primeros huertos frutícolas en Morelos con el cultivar Logan y en Michoacán con `Brazos´.

Se introdujeron nuevos cultivares erectos como Comanche, Cheyenne, Cherokee y Shawnee al Colegio de Posgraduados en 1985 y se hizo una segunda introducción de nuevos cultivares de la Universidad de Arkansas y personal del Colegio de Posgraduados en 1994, sobresaliendo entre los materiales Choctaw, A-1380 (Kiowa), Navajo, Arapaho, Ebano, Choctaw y Kiowa.

En 1991 se evaluó el primer lote semicomercial (1 ha) en Villa del Carbón, Méx. con las variedades Cheyenne, Cherokee y Shawnee; obteniendo hasta 8 kg de fruta por planta. Estos resultados motivaron para que dichas variedades se extendieran en varios ambientes del estado de México, Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Morelos. Además del entusiasmo de investigadores del Colegio de Posgraduados, de la Universidad Autónoma Chapingo y de otras instituciones de investigación (Muratalla *et al.*,1999).

### **Producción de zarzamora en México**

En orden de importancia por superficie cosechada, los estados de Michoacán, Jalisco, Morelos, Colima y estado de México presentan la mayor producción y rendimiento de zarzamora en la República Mexicana. Es importante resaltar que el estado de Colima a pesar de contar con poca superficie sembrada obtiene el mayor rendimiento por hectárea. Puebla y Chiapas son los dos estados con menor superficie cosechada (SAGARPA-SIAP, 2008).

### **Usos de la zarzamora**

Las zarzamoros son frutas que pueden ser consumidas en fresco como complemento en la dieta alimenticia, o para la industria como materia prima para la elaboración de mermeladas, gelatinas, jaleas, confituras refrigeradas, helados, yougurts, repostería, saborizantes, fermentados para vinos y licores, extractos para usos medicinales y tintes (Moore y Skirvin, 1990; De la Tejera y Ochoa, 2004).

El uso potencial de los nuevos cultivares de zarzamora para jugos no ha sido totalmente utilizado, pero la demanda en fresco y otros productos procesados ha sido alentado, especialmente en estos tiempos en que se tiene mayor conciencia por la salud y nutrición (Galleta y Violette, 1989).

La mayoría de los cultivares de zarzamora presentan frutos relativamente suaves y susceptibles a pudriciones. No es raro que los hongos se desarrollen entre las 24 y 48 horas después de ser cosechados, y algunos se desarrollan durante su traslado al mercado; la mayor proporción de zarzamora se vende cerca de los sitios de producción y en algunos casos estos frutos son cosechados por el mismo consumidor (Moore y Skirvin, 1990).

### **Propiedades nutricionales de la zarzamora**

Los frutos presentan altos contenidos de agua; por lo que tienden a presentar más jugo que pulpa, alrededor del 80% de su peso total; dentro del jugo se encuentran disueltas una gran cantidad de substancias, siendo las principales los azúcares y los ácidos orgánicos. Presentan vitaminas C, A y E; ácidos orgánicos como málico, cítrico, láctico, succínico, oxálico y salicílico; sales de calcio, potasio, hierro, manganeso y fibras. Contienen ácido clorogénico, ferúlico, ursólico y málico que le conceden propiedades anticancerígenas. Además, los frutos se caracterizan por poseer pigmentos como carotenoides y antocianinas que les confieren color, sabor y acción antioxidante (Wrolstad *et al.*, 1980; Cajuste *et al.*, 1994; Rieger, 2006).

## **Conservación de recursos fitogenéticos**

La República Mexicana es rica en biodiversidad a nivel mundial; se dice que es el cuarto país del mundo con mayor diversidad vegetal. Dicha diversidad se debe a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas, que presentan una amplia gama de variación y combinaciones, generando un mosaico de nichos ecológicos. Sin embargo, se pierden entre 600 y 700 mil hectáreas de vegetación al año. Por cada especie vegetal que se extingue, se arrastra al mismo fin entre 10 y 15 organismos vivos, ya sean animales u otras plantas. Estimaciones científicas prevén que para el año 2050 podrían haber desaparecido más de 60 mil especies vegetales (Rzedowski, 1994).

Las plantas en su estado natural tienen una dinámica evolutiva y están continuamente produciendo variabilidad. Las características morfológicas de las plantas han sido utilizadas por el hombre para identificar, estudiar y utilizar las especies vegetales desde el momento en el cual comenzó a recolectar semillas y a seleccionar especies vegetales que le podían servir para satisfacer sus necesidades (Hidalgo, 2003). Paralelamente a este proceso de domesticación, ha existido siempre una preocupación por la conservación de los recursos biológicos disponibles. La percepción de la erosión genética como un problema a escala planetaria tuvo lugar hasta inicios del siglo XX. A comienzos de este siglo, la mayor parte de la población humana utilizaba técnicas de producción agraria que no habían variado sustancialmente durante los últimos 1,000 años. Sin embargo, en unas pocas décadas, la agricultura experimentó una profunda transformación que permitió cambios espectaculares en la productividad

alimentaria. El éxito de la Revolución Verde fue consecuencia de la aplicación masiva de fertilizantes, la lucha química contra plagas y enfermedades y la progresiva mecanización de las actividades agrícolas. Sin embargo, el principal causante del incremento de la productividad se debió a la introducción de variedades seleccionadas por mejoramiento genético. Este factor, por sí solo, fue responsable de 50% de la productividad agrícola durante el siglo XX (Esquinas-Alcázar, 1993).

El efecto negativo de la implantación de cultivares mejorados es mucho menos evidente a primera vista que las técnicas de manejo, pero mucho más trascendentes para la humanidad. La rápida sustitución de los cultivos y variedades tradicionales por cultivares modernos ha supuesto una pérdida extraordinaria de diversidad genética (Frankel y Hawkes, 1975). En definitiva, se ha producido una doble erosión genética de las plantas cultivadas; por un lado se ha reducido el número de especies cultivadas, conservándose solamente aquellas en las que se han realizado programas de mejora, y en segundo lugar, se ha reducido el número de cultivares por especie. Por ejemplo, en Estados Unidos se ha perdido el 81% de las variedades de tomate, el 86% de las variedades de manzano, el 94% de las variedades de chícharos y el 95% de las variedades de col (Esquinas-Alcázar, 1993). La agricultura, al igual que otras disciplinas de tipo biológico, no es estática; lo que hoy es de alta productividad no precisamente lo seguirá siendo en el futuro; por ejemplo, a finales de los 80's en el estado de Michoacán se producía zarzamora del cultivar Brazos o frambuesa del cultivar Heritage; sin embargo, estos materiales

se vinieron cambiando por cultivares más productivos, como Tupi y *Autumn Bliss*, y es casi seguro que dichos materiales serán desplazados por otros.

De allí que es importante el mantenimiento de los recursos fitogenéticos, definidos como recursos naturales, limitados y perecederos que proporcionan la materia prima o genes que, debidamente utilizados, permiten obtener nuevas y mejores variedades de plantas (Hawkes, 1991; Swanson, 1996).

Los recursos fitogenéticos son la fuente insustituible de características; tales como la adaptación a condiciones ambientales, la resistencia a enfermedades y plagas, la calidad nutritiva y la productividad. La reducción de la base genética aumenta de manera alarmante la vulnerabilidad de los cultivos e inesperados cambios ambientales a la aparición de nuevas plagas y enfermedades. Así, se puede definir el estado de vulnerabilidad genética como una condición que ocurre cuando un cultivo ampliamente utilizado es uniformemente susceptible a una plaga, enfermedad o peligro ambiental a consecuencia de su constitución genética, resultando en un riesgo potencial de grandes pérdidas generalizadas (Iriondo, 2001).

Se está produciendo un tipo mas de erosión genética en los vegetales; se trata de la desaparición masiva de especies silvestres, debido a la destrucción o alteración de los espacios naturales. La reducción de la biodiversidad vegetal se debe esencialmente a la deforestación, que supone la desaparición de 17 millones de hectáreas de bosque al año, y a los procesos de desertificación que afectan alrededor de otros 20 millones de hectáreas al año. Como consecuencia de estos procesos, se estima que un 10% de la flora mundial se encuentra en peligro de extinción (Heywood, 1995).

Las especies silvestres contienen una gran diversidad genética e inmensas posibilidades de utilización en la alimentación, la medicina y la industria (Nieto-Ángel y Borys, 1991; Heywood, 1995; Phipps, 1997). Reyes (2010) reporta un informe sobre trabajos de zarzamora silvestre, en el que compara distintos materiales, cuya fruta fue cosechada en diferentes épocas del año, demuestran que dicho material presenta un mayor contenido de polifenoles y una mayor capacidad antioxidante que el resto de los tratamientos evaluados.

El concepto clásico de recursos fitogénéticos incluye el material de producción o de producción vegetativa de variedades cultivadas en desuso, variedades primitivas, especies vegetales silvestres emparentados con variedades, estirpes genéticas especiales (entre ellas las líneas y mutantes selectos de los mejoradores) y especies de malas hierbas. Si tenemos en cuenta que los conocimientos actuales permiten hoy en día utilizar genes procedentes de cualquier ser vivo en los programas de mejora de especies cultivadas, todas las especies vegetales, cultivadas o silvestres, deben ser consideradas recursos fitogénéticos (Reid y Miller, 1989).

La toma de conciencia sobre la magnitud de estos problemas ha derivado en el desarrollo de iniciativas destinadas a contrarrestar la pérdida irreparable de la biodiversidad; tanto en el ámbito de las plantas cultivadas, como en el de las plantas silvestres. En este contexto, la conservación se define como la gestión de la utilización humana de la biósfera para que pueda aportar el máximo beneficio sostenible a las generaciones presentes; al tiempo que mantenga su potencial para satisfacer sus necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras (IUCN, 1980).

La conservación puede aplicarse a tres niveles de organización: génica, organísmica y ecológica. Con los avances de la ingeniería genética en el aislamiento, secuenciación y transferencia de genes, se acerca el momento en el que se establezcan grandes bancos de genes para su conservación; sin embargo, por el momento los genes no se conservan individualmente, sino constituyendo grupos en forma de organismos, poblaciones o ecosistemas. Los individuos constituyen subconjuntos del acervo genético de la especie a la que pertenecen; por lo que de cara a la conservación, dicho acervo debe ser muestreado a través de un número suficiente de individuos. Al igual que los genes de un organismo se asocian entre ellos a través de múltiples interacciones, los individuos de una especie o de diferentes especies interaccionan dentro de un ecosistema. Por ello, cuando se emprende la conservación con el máximo nivel de información (el ecosistema) no sólo se conservan cada uno de sus componentes, sino también todas sus relaciones recíprocas. Consecuentemente, se considera que la forma más lógica y el método más económico de conservar una identidad biológica es dentro del ecosistema, y en referencia al nivel organísmico; la conservación de las especies en sus habitats naturales, constituye la manera más apropiada de enfocar la problemática de conservación (Iriando, 2001). Los métodos de conservación se clasifican en dos categorías, métodos de conservación *in situ* y métodos de conservación *ex situ*. Los métodos de conservación *in situ*, permiten la conservación de las especies en los entornos ecológicos naturales y culturales en los que han desarrollado sus propiedades específicas. Por el

contrario, la conservación *ex situ* implica la conservación de las especies fuera de sus entornos.

En el ámbito de las plantas cultivadas, donde no existe propiamente un ecosistema natural, se han implementado fundamentalmente métodos de conservación *ex situ*. Dentro de los métodos se distinguen las colecciones de plantas y bancos de germoplasma. Las colecciones de plantas constituyen el método tradicional de conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Bajo esta denominación se pueden considerar dos tipos de situaciones: los jardines botánicos y las colecciones de plantas en campo (Iriando, 2001).

La conservación *in situ* de materiales cultivados supone el mantenimiento en cultivo de variedades tradicionales por parte de los agricultores. Se ha propuesto que ciertas áreas con un gran número de cultivos tradicionales sean protegidos mediante subvenciones a los agricultores para que los mantengan mediante prácticas tradicionales (Reid y Miller, 1989).

Las estrategias a aplicar para la protección de la flora silvestre son básicamente las que configuran la denominada conservación *in situ*, minimizando los impactos de las intervenciones antrópicas y promoviendo la creación de parques y reservas naturales de distintos tipos (Martínez-Laborde, 2001).

Para la conservación de especies silvestres, la solución ideal consiste sin duda, en la protección de los ecosistemas en donde habitan (*in situ*). Sin embargo, en muchas ocasiones, la degradación o destrucción de su hábitat natural hace que la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma constituya la única alternativa (Iriando, 2001).

La información asociada a los recursos fitogenéticos almacenados resulta de vital importancia de cara a su utilidad y aprovechamiento. Por ello, los procedimientos de documentación, caracterización y evaluación del material conservado constituye una parte fundamental en el proceso de conservación.

### **Caracterización morfológica**

Consiste en establecer todos los caracteres posibles de un vegetal; cuyos objetivos pueden ser, la identificación de una especie o de un cultivar. Para identificar un vegetal se utilizarán cuantas menos características mejor; porque de esa manera el proceso será más rápido y sencillo. Pero estas características deben ser lo más evidentes posibles (rasgos morfológicos) y además únicas del vegetal que se está tratando de identificar, para evitar equivocaciones. La caracterización debe abordarse sobre diferentes partes de la planta, en diferentes estados fisiológicos de las mismas y con diversos tipos de caracteres, debiendo analizar todos ellos en conjunto, otorgándoles *a priori* a todos ellos la misma importancia (González–Andrés, 2001a). Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos, más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo. Como ejemplo de estos caracteres se pueden mencionar la forma de las hojas, pigmentación en raíz, tallos, hojas y flores; color, forma y brillo de las semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de la planta, expresada en hábito de crecimiento y tipo de ramificación. Algunos curadores de bancos de germoplasma incluyen

descriptores relacionados con componentes del rendimiento, con el objetivo de proveer a los fitomejoradores indicación del potencial de este carácter en el germoplasma conservado. En su gran mayoría estos descriptores tienen aceptable heredabilidad, pero son afectados por cambios ambientales (Hidalgo, 2003). Enríquez (1991), señala que los órganos más importantes para la descripción morfológica, son aquellos que se encuentran menos influenciados por el ambiente, como: flor y fruto; en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares.

### **Métodos estadísticos multivariados en la caracterización**

El origen del análisis multivariado se remonta a comienzos del siglo XX, con Pearson y Spermán, época en la cual se empezaron a introducir los conceptos de la estadística moderna. Las bases definitivas de este tipo de análisis se establecieron en la década 1930-40 con Hotelling, Wilks, Fisher, Mahalanobis y Bartlett (Bramardi, 2002). En términos generales, el análisis multivariado se refiere a todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo. En sentido estricto, son una extensión de los análisis univariados (análisis de distribución) y bivariados (clasificaciones cruzadas, correlaciones, análisis de varianza y regresiones simples) que se consideran como tal, si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (Hair *et al.*, 1992).

En la caracterización de recursos fitogenéticos el análisis multivariado se puede definir como un conjunto de métodos de análisis de datos que tratan un gran número de mediciones sobre cada accesión del germoplasma. Su virtud

principal consiste en permitir la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas (Hair *et al.*, 1992).

La importancia y la utilidad de los métodos multivariados aumenta al incrementarse el número de caracteres que se están midiendo y el número de accesiones que se están evaluando. El objetivo principal de los análisis multivariados es procesar y resumir grandes cantidades de datos por medio de relativamente pocos parámetros y entregar resultados útiles que puedan ser interpretados. Otra característica fundamental de estos métodos es la simplicidad de sus respuestas; esto significa que los modelos matemáticos usados para interpretar los datos pueden ser complejos, pero las respuestas entregadas deben ser claras (Dallas, 2000; Todeschini *et al.*, 2009).

El interés de los análisis multivariados es encontrar relaciones entre los caracteres y las accesiones. Se podría decir que existen relaciones entre caracteres cuando, en realidad, algunos de los caracteres están midiendo una entidad en común. Por ejemplo, en frutos de zarzamora medimos grados brix, acidez titulable, pH, tamaño del fruto y color. Cada una de las accesiones pueden presentar diferentes calidades del fruto para el consumo; de ser así, entonces estos caracteres estarían relacionados entre sí. En este caso, el aspecto común de estos análisis pueden estar midiendo la calidad comercial de la fruta.

Podrían existir relaciones entre las accesiones, si algunas de ellas son semejantes entre sí. Por ejemplo, supongamos que ahora evaluamos una gran cantidad de zarzamora silvestre para identificar los tipos de materiales que

existen en un transecto, y entonces mediríamos características morfológicas de tallo, hojas, flores y frutos. Se esperaría que los materiales con frutos y flores semejantes estén relacionados entre sí; o aquellos otros materiales se relacionarán porque los tallos, hojas y flores son parecidos. Por lo tanto, esperaríamos que las accesiones de uno y otro grupo de zarzamoras sean diferentes.

A la hora de elegir caracteres es bueno considerar: a) no evaluar caracteres sin sentido biológico; por ejemplo, el número de accesión que se le da al banco de germoplasma; b) caracteres correlacionados lógicamente; por ejemplo, largo y ancho del fruto, o c) caracteres invariables en la unidades en estudio, por ejemplo: todas las zarzamoras tienen espinas. Así también, es necesario considerar la homología a la hora de elegir los caracteres; es decir, si se van a medir la espinas, éstas tendrán que ser o todas de tallo o todas de hojas.

En los caracteres morfométricos son más estables las medidas relativas que las absolutas. Es importante utilizar en la caracterización caracteres estables; es decir, poco susceptibles de ser afectados por el ambiente. Por ejemplo, es más estable la relación ancho/longitud de la hoja, que cualquiera de las dos consideradas aisladamente.

### **Organización de los datos**

El ordenamiento típico de los datos se define en una estructura de dos vías; una matriz en la cual las columnas representarán cada una de las variables estudiadas y las filas de cada muestra analizadas (Todeschini *et al.*, 2009). La matriz básica de datos se construye a partir de la información que se obtiene en

la caracterización y evaluación de especies. Consiste en un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como accesiones existen y una columna para cada carácter. La construcción es fundamental porque constituye el punto de partida o materia prima para la aplicación de las herramientas estadísticas (Pla, 1986).

# I. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LA SIERRA NORORIENTE DE PUEBLA

## RESUMEN

En México la zarzamora silvestre (*Rubus* spp.) representa un recurso fitogenético importante; sin embargo, ha habido poco interés en su estudio, además de que se ha observado la desaparición de dichos materiales debido al incremento de áreas deforestadas y cambios de uso del suelo. Es necesario realizar estudios encaminados al reconocimiento, rescate, conservación y aprovechamiento de dichos materiales en pro de la fruticultura nacional. Por ello se realizó la caracterización morfológica y bioquímica de 39 accesiones de zarzamora silvestre provenientes de la Sierra Nororiental del estado de Puebla, utilizando 41 caracteres morfométricos provenientes de hojas, semillas, frutos, espinas, flores y brotes para su descripción. La información obtenida se analizó a través de análisis multivariado como análisis de componentes principales, discriminantes canónicos, agrupamiento y análisis de varianza con comparación de medias de Tukey de los grupos formados. Los caracteres más discriminantes fueron: longitud de fruto, forma de fruto, número de drupeolas, longitud del pedicelo, número de nervaduras derechas en folíolo central, número de espinas en peciolulo central, longitud de peciolulo central y longitud de pecíolo (primer componente principal); ácido cítrico, ácido málico, °Bx:ácido cítrico, pH y número de folíolos (segundo componente principal); peso de semillas por fruto, peso por fruto, diámetro de fruto, peso de pulpa, longitud de

espina y longitud del domo de espina (tercer componente principal). Los tres primeros componentes acumularon el 68.09 % de la variación total. Del análisis realizado se logró la separación de la zarzamora silvestre en cinco grupos bien definidos con una distancia euclidiana de 0.05. Esto muestra que existe diversidad de zarzamoras silvestres con variabilidad bioquímica y morfométrica que se podrían utilizar en la diferenciación, selección y conservación de germoplasma.

**PALABRAS CLAVE:** *Rubus* spp. bioquímica, caracterización, morfológica, tipos silvestres.

### **ABSTRACT**

In Mexico, wild blackberry (*Rubus* spp.) represents an important phylogenetic resource; however there little interest has been ascribed. In addition, native populations are disappearing due to the increase of deforested areas and changes in land use. Is necessary to realize studies should be aimed to the recognition of plant materials, rescue and conservation of endangered species, and the use of the wild blackberry to the benefit of Mexican fruit growers. The present study consisted in the morphological and biochemical description of 39 accessions of wild blackberries from the northeastern mountain range in the State of Puebla. Forty-one morphometric characters were used, from leaves, seeds, fruit, thorns, flowers, and shoots. The data was run through multivariate analyses, such as principal component analysis, discriminant canonical, clustering, and analysis of variance with mean comparison of the groups formed

by Tukey's procedure. The most discriminating characters were: fruit length, fruit shape, number of drupelets, pedicel length, number of veins at the right of the central foliole, number of thorns in the central petiolule, length of the central petiolule, and petiolule length (first principal component), citric acid, malic acid, Brix degrees, pH, number of folioles (second principal component), seed weight per fruit, fruit weight, fruit diameter, pulp weight, thorn length and dome length of thorn (third principal component). The three principal components accounted for 68.09% of the total variation. From this analysis, the wild blackberries accessions were separated into five distinct groups with a Euclidean distance of 0.05. This demonstrates that there is, diversity of wild blackberries with biochemical and morphometrical variability that could be used in the differentiation, selection, and conservation of germplasm.

**KEY WORDS:** *Rubus* spp., biochemistry, description, morphological, wild types.

## INTRODUCCIÓN

El género *Rubus* es uno de los más diversos del reino vegetal, ya que contiene aproximadamente 740 especies, las que han sido agrupadas en 12 a 15 subgéneros, de los cuales los más importantes son *Idaeobatus* que comprende a las frambuesas y *Eubatus* que contiene a las zarzamoras (Daubeny, 1996); aunque dada la complejidad de éste último, algunos autores (Jennings, 1988) lo han considerado como cuatro subgéneros diferentes (*Eubatus*, *Caesii*, *Suberectii* y *Corylifolii*). Las zarzamoras silvestres son muy comunes en algunas zonas e incluso en áreas muy amplias donde crecen de manera espontánea

desde hace varios milenios, y en ocasiones son tan abundantes que llegan a cubrir grandes extensiones, desde la llanura hasta por encima de los 1,000 msnm (Cretti, 1986). Es un recurso fitogenético importante y se desarrolla adecuadamente en varias zonas montañosas de la República Mexicana; sin embargo, se le ha dedicado poco interés a su estudio, debido a que por lo regular se prefieren manejar variedades mejoradas, que se originaron en los Estados Unidos. Hasta ahora no se tiene un estudio de caracterización sobre los principales materiales silvestres de zarzamora que se desarrollan en algunas regiones de México, estos podrían contener un gran potencial genético que mejorarían en gran medida la producción de zarzamora. En la actualidad existe interés de diversas instancias por rescatar y evaluar las especies vegetales subexplotadas útiles para planificar su uso y conservar el germoplasma (Marquez *et al.*, 1984), las cuales frecuentemente tienen usos potenciales insospechados.

Los frutos de *Rubus* son drupeólas agregadas a un receptáculo para formar polidrupas. En las frambuesas las drupeólas se separan del receptáculo; mientras que en las zarzamoras se adhieren a él. Los niveles de ploidía del género varían de diploides ( $2n = 14$ ) a tetradecaploides [ $2n = 14 (X) = 98$ ]; la mayoría de las frambuesas son diploides; mientras que las zarzamoras varían de diploides a dodecaploides [ $2n = 12 (X) = 84$ ] (Ourecky, 1975).

Las zarzamoras pueden ser tropicales siempreverdes o caducifolias y su reproducción varía de apomícticas a sexualmente fértiles. Los tipos cultivados se derivan de un amplio grupo de especies de *Rubus* y son aloploiploides complejos. De los subgéneros mencionados, *Eubatus* es el más complejo y

contiene a las secciones Moriferi y Ursini. Las especies de Moriferi son nativas de Europa y Asia; mientras que las de Ursini son nativas de Norteamérica (Daubeny, 1996).

La Sierra Nororiente del Estado de Puebla es una franja de transición de los climas templados de la Sierra Norte, a los cálidos del declive del Golfo de México. Esta región se caracteriza por contar con una gran diversidad de vegetación nativa. En el caso de las zarzamoras se tienen materiales silvestres que se desarrollan en forma natural en áreas boscosas; sin embargo, éstos se encuentran cada día en mayor peligro de desaparecer debido al incremento de la deforestación y uso de terrenos para fines distintos a la agricultura.

Con la finalidad de contribuir a la conservación de las especies frutícolas, en esta investigación se plantearon como objetivos realizar en campo y laboratorio la caracterización morfológica y bioquímica de zarzamoras silvestres en la Sierra Nororiente del estado de Puebla.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitio de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en la Sierra Nororiente del estado de Puebla; específicamente en los municipios de Zaragoza, Tlatlauquitepec, Atempán, Tetela, Teziutlán, Hueytamalco, San Juan Xicotetelco en el estado de Puebla y Jalacingo, en Veracruz.

## **Clima**

La zona de estudio se localiza en la transición de los climas templados de la Sierra Norte, a los climas cálidos del declive del Golfo. Presenta un clima templado húmedo con lluvias todo el año (C(fm)); una temperatura media anual entre 12 y 18<sup>0</sup>C y una precipitación media anual de 3,500mm (García, 1988).

Los suelos son del tipo andosol dístico (una saturación en bases menor del 50 %). El primer horizonte que va de 25 a 35 cm de espesor, presenta un color oscuro, baja densidad aparente, estructura granular blanda con agregados pequeños; al oprimir el suelo con los dedos suelta agua y se siente frío. Presenta un pH que va de 4.5 a 6.5, se catalogan como medianamente ácidos (FAO *et al.*, 1999).

## **Caracteres evaluados**

Se recolectaron 39 accesiones (Acc) de zarzamora silvestre de 2008 a 2010, a través de un diseño de muestreo en transectos, evaluando directamente en campo algunas variables, y en otras se colectó material vegetal para llevarlo al Laboratorio. La ubicación geográfica y los sitios de colecta se muestran en el Cuadro 1.1. De cada Acc se obtuvieron de 6 a 10 repeticiones para los caracteres evaluados. Las partes obtenidas de las plantas fueron típicas de los materiales vegetales, completas y sin daños por plagas, enfermedades y/o mecánicos.

**Cuadro 1.1. Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**

Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.	Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.
OC	Ocotlan	19°48'11.7"	97°31'58.1"	2203	AC2	Acateno	19°52'29.0"	97°21'39.1"	1670
M1	Magdalena	19°49'29.9"	97°30'42.7"	2059	AC3	Acateno	19°52'28.2"	97°21'39.3"	1668
M2	Magdalena	19°50'9.5"	97°30'0.3"	1964	AL	Aire Libre	19°53'14.7"	97°23'42.3"	1569
M3	Magdalena	19°50'7.8"	97°30'1.8"	1982	SL1	San Luis	19°46'24.7"	97°22'2.3"	2427
M4	Magdalena	19°50'10.2"	97°30'0.0"	1954	SL2	San Luis	19°46'26.1"	97°22'2.1"	2422
R1	El Chaparral	19°50'54.5"	97°29'6.8"	1884	LB	Loma Bonita	19°46'57.5"	97°21'10.0"	2251
R2	El Chaparral	19°50'56.1"	97°28'48.6"	1879	IX1	Ixtipan	19°49'27.3"	97°20'24.2"	1833
R3	El Chaparral	19°50'56.8"	97°28'47.7"	1877	IX2	Ixtipan	19°49'24.6"	97°20'23.6"	1833
R4	El Chaparral	19°50'57.0"	97°28'47.7"	1878	IX3	Ixtipan	19°49'27.8"	97°20'24.0"	1836
P1	Pantiloyan.	19°52'1.2"	97°28'13.7"	1770	IX4	Ixtipan.	19°49'25.0"	97°20'23.9"	1833
P2	Pantiloyan	19°51'59.5"	97°28'13.2"	1780	SMC	San Miguel Capulín	19°51'33.4"	97°19'46.8"	1600
P3	Pantiloyan	19°52'0.1"	97°28'13.8"	1784	EH	Ejido Hueytamalco	19°52'28.6"	97°18'50.3"	1447
AT	Atempan	19°50'19.6"	97°27'13.1"	1956	SX1	San Juan Xiutetelco	19°47'21.0"	97°19'25.1"	1957
PR1	El Puerto	19°48'51.0"	97°25'1.7"	2204	SX2	San Juan Xiutetelco	19°47'20.3"	97°19'25.4"	1958
PR2	El Puerto	19°48'51.1"	97°25'4.4"	2210	CB	Casa Blanca, Ver.	19°47'9.3"	97°17'31.8"	1944
PR3	El Puerto	19°48'50.7"	97°25'3.8"	2214	IA1	Ignacio Allende, Ver.	19°47'26.2"	97°15'33.6"	1825
XAX	Xaxala	19°47'54.1"	97°23'29.3"	2103	IA2	Ignacio Allende, Ver.	19°47'26.2"	97°15'32.8"	1821
XL1	Xalapilla	19°48'13.2"	97°22'18.2"	2034	IA3	Ignacio Allende, Ver.	19°47'26.2"	97°15'32.6"	1805
XL2	Xalapilla	19°48'13.6"	97°22'18.5"	2029	IA4	Ignacio Allende, Ver.	19°47'26.3"	97°15'33.0"	1818
AC1	Acateno	19°52'27.6"	97°21'37.9"	1673					

Acc: Accepción; Alt: Altitud msnm

En cada accesión se midieron siete brotes típicos y sanos del mismo año. Las evaluaciones se realizaron alrededor de toda la accesión con la ayuda de un vernier, vara graduada y flexómetro. Se obtuvieron 10 espinas completas, las cuales constituyeron las repeticiones. Estos caracteres se midieron con la ayuda de papel milimétrico y microscopio estereoscópico. Se colectaron 10 hojas, que constituyeron las repeticiones. Se obtuvieron hojas de la parte

intermedia de brotes del mismo año y alrededor de la accesión, y de acuerdo con el carácter evaluado las hojas se colocaron en bolsas de plástico y luego en hielo para transportarlas al laboratorio. Se colectaron 30 flores completas con pedicelo, de las cuales se midieron 10 con la ayuda de un vernier digital. Se colectaron 300 frutos por accesión para evaluar los diferentes caracteres. Para dichos caracteres se manejaron 10 repeticiones, que se obtuvieron de los frutos colectados, evaluando el número de semillas por fruto y en 10 de ellos. Para la obtención de dichas semillas, éstas se separaron de la pulpa con la ayuda de una licuadora, agua y coladera.

El contenido de clorofila a, b, total, carotenoides, ácido cítrico y ácido málico se determinó de acuerdo a la técnica AOAC (1990).

Los Sólidos Solubles Totales (SST) se midieron con el uso de un refractómetro (ATAGO PAL-1), y las relaciones SST- Ácido cítrico y SST- Ácido málico, se obtuvieron del cociente  $SST/\text{Ácido}$ . En el caso de pH, a 10 g de frutos macerados en 50 ml de agua destilada se les midió ésta variable con un potenciómetro (CONDUCTRONIC PC45).

Para determinar el contenido de antocianinas, las muestras de fruto se homogenizaron, se les agregó HCl 0.1N, se agitó, se centrifugó y se midió la absorbancia a 516 nm en un espectrofotómetro (ESPECTRONIC 21D) (Kannangara y Hansson, 1998).

Las variables se evaluaron en las siguientes estructuras de la planta de zarzamora: hojas, semillas, frutos, espinas, flores, hojas y brotes (Cuadro 1.2).

**Cuadro 1.2. Variables evaluadas para la caracterización de hojas, semillas, frutos, espinas, flores y brotes de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**

EDP <sup>†</sup>	VARIABLES	ABR <sup>††</sup>	EDP	VARIABLES	ABR
<b>HOJAS</b>	Clorofila a (mg.g <sup>-1</sup> pf)	Cl a		Forma de fruto (cm)	For
	Clorofila b (mg.g <sup>-1</sup> pf)	Cl b		Volumen de fruto (ml)	VF
	Clorofila total (mg.g <sup>-1</sup> pf)	CIT		Número de drupeólas	Dru
	Carotenoides	Caro		Peso de pulpa (g)	PP
	Longitud del pedicelo (cm)	Lpe		Ácido cítrico (%)	AC
	Número de folíolos	NF		Ácido málico (%)	AM
	Número de espinas en nervadura principal	ENP		Grados brix	<sup>o</sup> Bx
	Número de nervaduras izquierdas en folíolo central	NI		<sup>o</sup> Bx:Ácido cítrico	BxAC
	Número de nervaduras derechas en folíolo central	ND		<sup>o</sup> Bx:Ácido málico	BxAM
	Número de espinas en peciolulo central	PluE		pH	pH
	Longitud de peciolulo central (cm)	PluL		Antocianinas (mg/100g)	Ant
	Número de espinas en pecíolo	PloE	<b>ESPINA</b>	Ancho de espina (mm)	AE
	Longitud de pecíolo (cm)	PloL		Longitud de espina (mm)	LE
<b>SEMILLAS</b>	No. de semillas por fruto	NS		Longitud del domo de espina (mm)	LDE
	Peso de semillas por fruto (g)	PS		Longitud de punta de espina (mm)	LPE
	Peso promedio por semilla (g)	PPS	<b>FLOR</b>	Diámetro de pedicelo (mm)	DP
<b>FRUTO</b>	Frutos por racimo	FR		Diámetro de flor (mm)	DF
	Longitud de racimo (cm)	LR	<b>BROTE</b>	Longitud de brotes (cm)	LB
	Peso por fruto (g)	PF		Diámetro de brotes a 30 cm (cm)	D30B
	Longitud de fruto (cm)	LF		Número de nudos	NN
	Diámetro de fruto (cm)	DFr			

<sup>†</sup>EDP: Estructura de la planta. <sup>††</sup>ABR: Abreviatura

### Selección de variables y análisis multivariado

Con las medias de las variables evaluadas se realizó una matriz básica de datos para obtener un análisis de correlación de Pearson, para seleccionar las variables altamente correlacionadas y así elaborar una nueva matriz básica de datos, de la cual se realizó un análisis discriminante canónico para identificar

diferencias entre grupos de individuos y comprender las relaciones de las variables medidas dentro de los grupos; así como verificar el agrupamiento formado por el análisis de conglomerados. Para el análisis de la información se utilizó el Software SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0 para Windows.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de componentes principales**

En el Cuadro 1.3 se muestran los tres componentes principales que describen la mayor variación de los datos, y los valores de la proporción absoluta y acumulada. Las variables que integran estos componentes describen 68.09 % de la variación total de la información de las colectas realizadas, misma que se obtiene con la medición de 19 variables. El Componente Principal 1 (CP1) explica el 31.43% de la variabilidad total y dentro de este componente las variables que describen esta variación son: LF, For, Dru, Lpe, ND, PluE, PluL y PloL. El Componente Principal 2 (CP2) explica 20.38 % de la variabilidad total y las variables que describen esta variación en dicho componente son: AC, AM, BxAC, NF y pH. El Componente Principal 3 (CP3) explica el 16.28%, siendo las variables que describen esta variación en dicho componente: PS, PF, DFr, PP, LE y LDE.

**Cuadro 1.3. Valores propios, varianza explicada, y variación acumulada de los primeros tres componentes principales de 39 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**

<b>Carácter</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
PS <sup>†</sup>	0.1699	-0.1786	0.2712
PF	0.1881	-0.0060	0.3592
LF	0.2639	-0.0271	0.1908
DFr	0.0582	0.1347	0.3968
For	0.2732	-0.1107	-0.0651
Dru	0.2832	-0.1503	0.0340
PP	0.1871	0.0011	0.3594
AC	-0.0241	-0.3899	0.0711
AM	-0.0242	-0.3899	0.0711
BxAC	0.0901	0.3817	-0.0671
pH	0.0835	0.3086	-0.0929
LE	0.0705	0.1626	0.2821
LDE	0.0989	0.1605	0.2760
Lpe	0.2889	-0.1046	-0.0282
NF	0.1904	0.2118	-0.0597
ND	0.2312	-0.1967	-0.0849
PluE	0.2268	0.1069	-0.2233
PluL	0.3001	-0.0187	-0.1621
PloL	0.3046	-0.1028	-0.0325
Valor propio	8.799	5.707	4.557
Varianza explicada (%)	31.43	20.38	16.28
Varianza acumulada (%)	31.43	51.81	68.09

<sup>†</sup> Las variables se definen en el Cuadro 1. 2

La dispersión de las poblaciones que se muestran en el diagrama bidimensional (Figura 1.1) en un plano formado por los componentes principales 1 y 2 (51.81% de la variabilidad total), agrupa las colectas de zarzamora silvestre en

cinco grupos. Con respecto al CP1 los grupos IV y V se encuentran alejados de la media, registrando valores positivos; asimismo el grupo I presenta valores negativos y alejados de la media. Los grupos II y III se ubican en la media general de dicho componente principal. En relación al CP2 el grupo II y colectas del grupo III se ubican en la zona negativa de dicho componente, en cuanto a los grupos I, IV y V se registran en la zona positiva. Los grupos IV y V presentan los valores más altos en cuanto a frutos y hojas, y el grupo I sobresale en el peso individual de semillas y propiedades bioquímicas del fruto. En lo referente a las colectas de los grupos II y III sobresalen la gran cantidad de semillas por fruto, la forma alargada de sus frutos, propiedades bioquímicas del fruto y mayor número de nervaduras en las hojas.

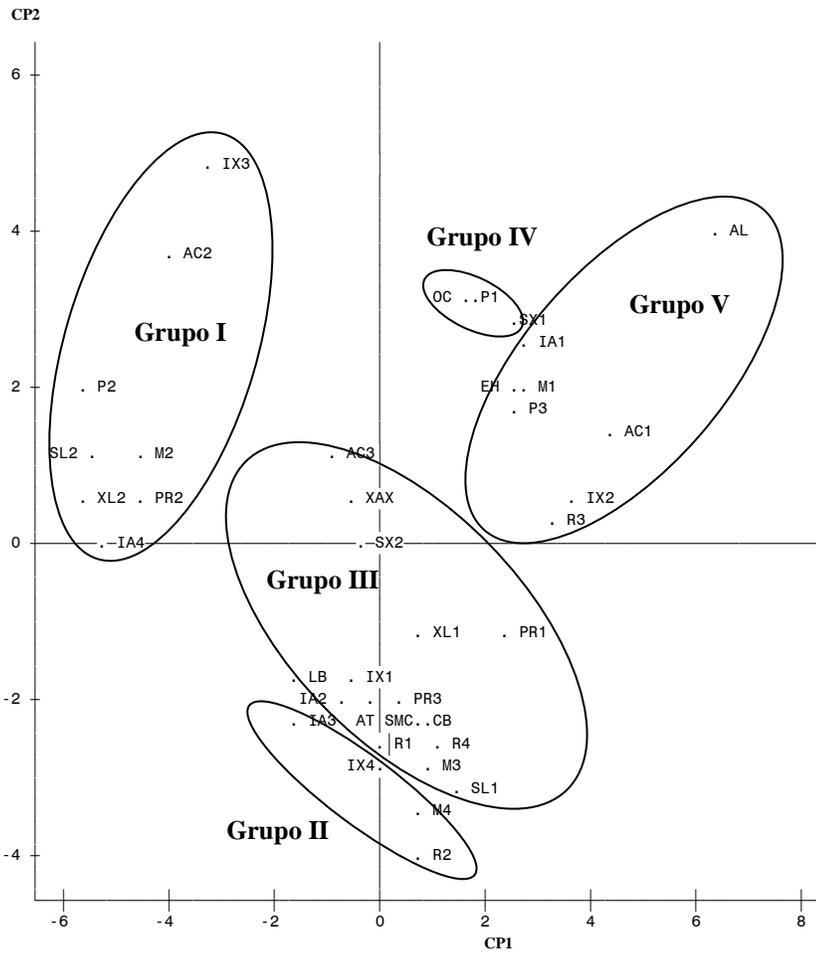
### **Análisis de conglomerados jerárquicos**

De acuerdo al análisis de agrupamiento de varianza mínima de Ward, y la pseudoestadística  $T^2$  (Johnson–Dallas, 2000), se definieron cinco grupos principales. En el dendrograma de ligaduras completas de 39 colectas se considera una distancia euclidiana de 0.05 que muestra la separación de los cinco grupos de zarzamora silvestre (Figura 1.2). Los materiales del grupo I se encuentran mayormente separados de los demás grupos, lo cual se indica por la distancia de 0.26. Las plantas de este tipo se desarrollan expuestas al sol con un hábito de crecimiento rastrero, frutos redondos que no pasan de las 30 drupeólas y por lo mismo semillas de mayor peso, en comparación con las otras accesiones. En cuanto al grupo II, se encuentra conformado por cuatro accesiones y está cercano al grupo III con una distancia de 0.05, ambos grupos

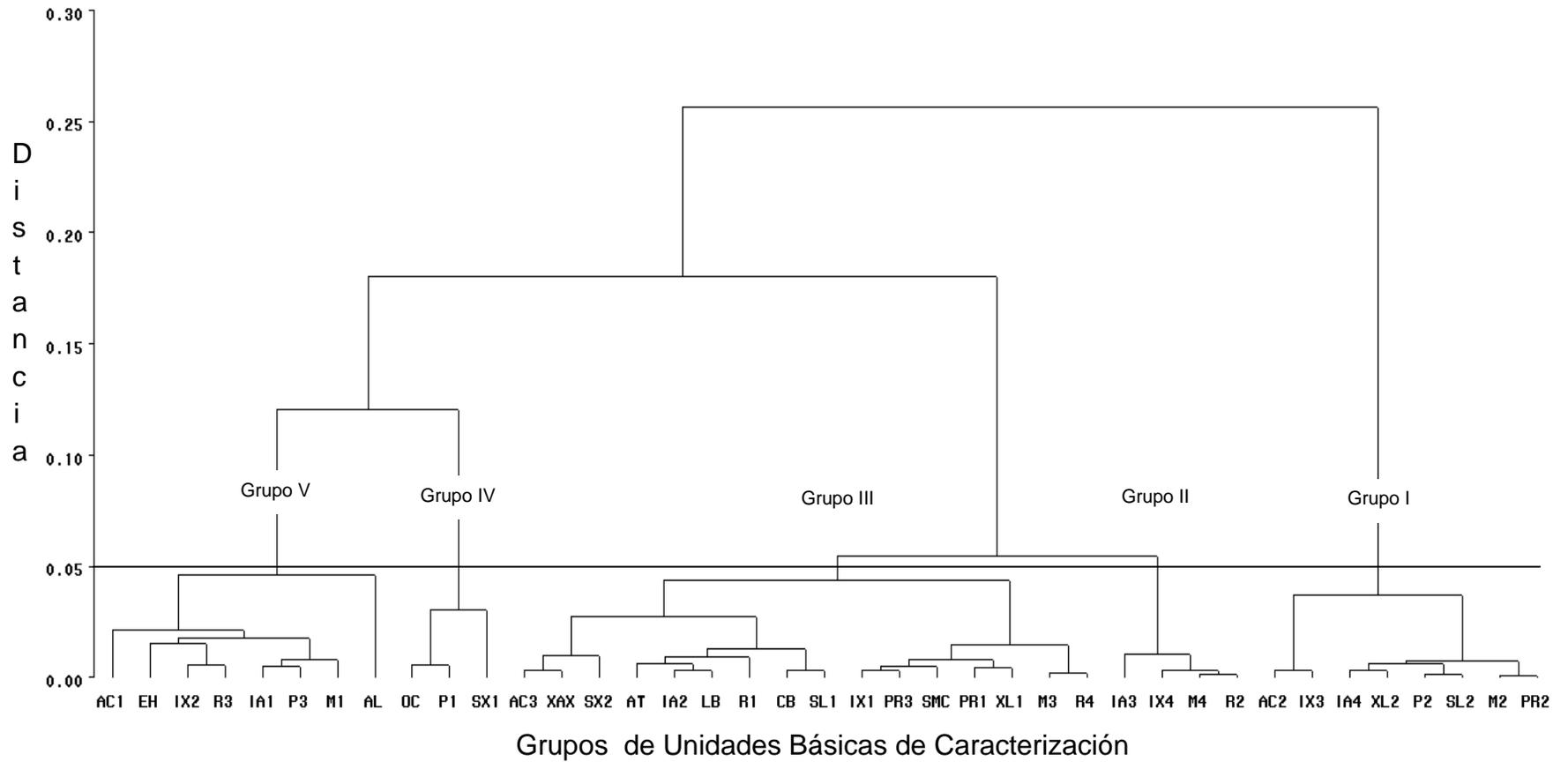
exhiben crecimientos semierectos, forma y tamaño de frutos, y número de folíolos semejantes; sin embargo, los materiales del grupo II tienden a desarrollarse en las sombras de los árboles y/o arbustos que muestran tallos verdes pubescentes, con mayor número de frutos por racimo, pecíolos alargados, espinas cortas y delgadas. Las zarzamoras del grupo IV tienden a desarrollarse en lugares soleados, linderos de terrenos donde el suelo ha sido removido, dichos materiales son del tipo erecto que se encuentran en altitudes de 2000 m, cuentan con espinas largas, hojas de cinco folíolos, y menor número de frutos por racimo; no así, con las accesiones del grupo V, que crecen en medio de los bosques; inclusive se establecen como enredaderas entre las ramas de los árboles, y que a pesar del sombreado los frutos maduran adquiriendo un color oscuro, cuentan con abundantes frutos por racimo. Estos materiales se han encontrado coexistiendo con los del grupo II.

### **Evaluaciones canónicas**

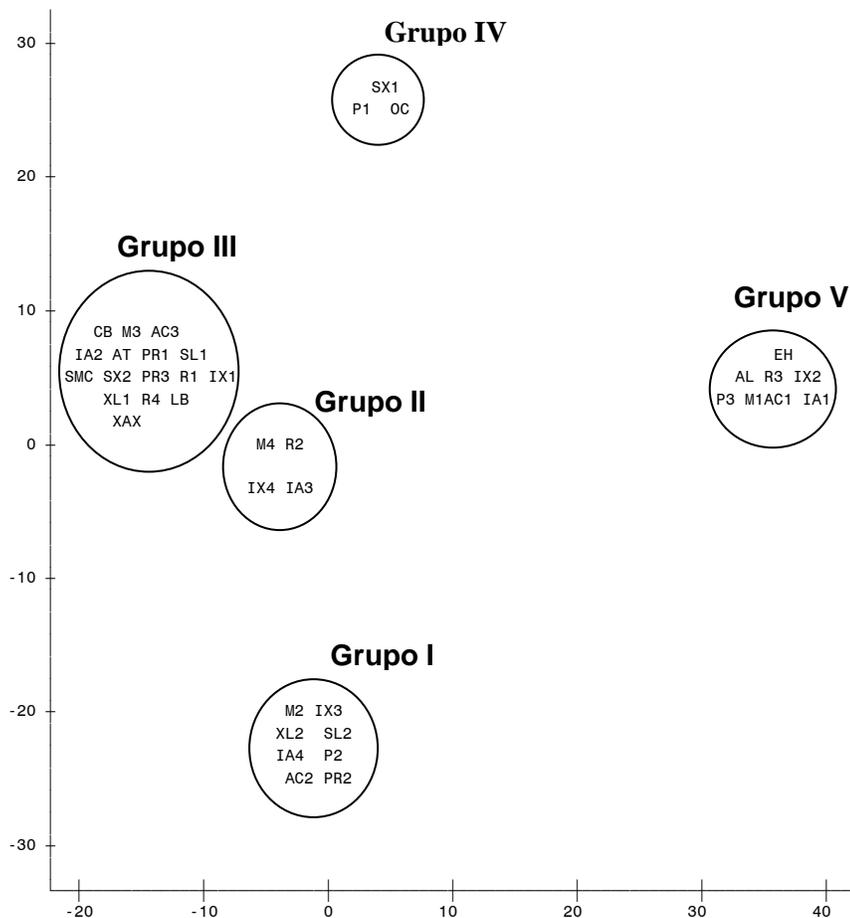
En la Figura 1.3, se muestra la variable canónica 1 (CAN1) contra la variable canónica 2 (CAN2) en donde se indica la distribución de los cinco grupos formados y representados en el dendrograma. Dicha distribución concuerda con las distancias cuadradas generalizadas obtenidas para cada grupo, en el cual se indican como siguen: del grupo I al grupo II: 709.97; del grupo I al grupo III: 1116; del grupo I al grupo IV: 2465; del grupo I al grupo V: 1928; del grupo II al grupo III: 365.66; del grupo II al grupo IV: 1332; del grupo II al grupo V: 1586; del grupo III al grupo IV: 1229 ; del grupo III al grupo V: 2447; y del grupo IV al grupo V:1758.



**Figura 1.1. Diagrama de dispersión obtenidos de los dos primeros componentes principales de los descriptores de 39 accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**



**Figura 1.2. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de brotes, espinas, hojas, flor, fruto y semillas, de 39 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**



**Figura 1.3. Distribución de las colectas en función de las variables canónicas CAN1 y CAN2 de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla.**

### **Análisis de comparación de medias**

El análisis de comparación de medias de los caracteres evaluados indica importantes diferencias estadísticas entre los cinco grupos formados, los cuales se discuten a continuación (Cuadro 1.4). El contenido de clorofila total (CIT) presentó un intervalo de variación de 1.251 a 1.826 correspondiente a los grupos I y V, respectivamente. Las colectas del grupo I pertenecen a zarzamoras que en su mayoría se desarrollan en lugares donde incide

directamente la luz solar, a diferencia de las colectas del grupo V que se desarrollan en zonas boscosas y bajo árboles de encinos (*Quercus* spp) e ilites (*Alnus acuminata*). Las hojas bajo sombra por lo general tienen más clorofila, en especial clorofila b, debido a que cada cloroplasto posee más granas (Boardman, 1977).

Con respecto al peso de semilla por fruto (PS) los grupos II, III, y IV estadísticamente se comportaron igual, pero superiores al grupo I, en el caso del grupo V se obtuvo un peso estadísticamente igual al obtenido en los grupos antes mencionados. Al obtener el peso promedio por semilla (PPS) se observa que a menor PS mayor PPS y viceversa. Esto indica que al disminuir la cantidad de semillas, éstas se vuelven de mayor tamaño; otro aspecto que cabe resaltar es de que al disminuir la cantidad de drupeólas por fruto (Dru) se incrementa el peso por semilla y cantidad de pulpa por drupeóla, y efectivamente los frutos pertenecientes al grupo I presentan pocas drupeólas y más grandes. El desarrollo de los frutos normalmente depende de la germinación de los granos de polen en el estigma (polinización), o de la polinización junto con la fecundación posterior. Las semillas en desarrollo suelen ser esenciales para el crecimiento normal de los frutos. De tal manera que si las semillas están en un lado del fruto, sólo ese lado se desarrollará bien. En el caso de la fresa las semillas son esenciales para el desarrollo normal del fruto (Salisbury y Ross, 1992). La cantidad y posición de las semillas en un fruto influyen en su tamaño y forma final. El efecto de las semillas se debe a que son una fuente importante de hormonas como citocininas, giberelinas y auxinas que son secretadas al tejido del ovario e inducen ahí una mayor división y expansión

celular; ésta influencia se reconoce al observar una inhibición del crecimiento del receptáculo de fresa si se eliminan las semillas, pero con una aplicación de auxinas se restablece (Díaz, 2002).

En frutos por racimo (FR), el grupo II (20.125) superó a los grupos I (1.813), III (8.063) y IV (9.667); el grupo V (17.571) fue estadísticamente igual a los grupos II y IV. La tendencia en las medias para longitud del racimo (LR) fué semejante al comportamiento de los valores de FR, obteniendo un intervalo de variación de 4.398 a 21.896. Estos resultados coinciden de manera inversa con el peso por fruto; es decir, a mayor número de frutos por racimo, menor es el peso por fruto, el cual se nota en los grupos III y IV. Esto se presenta debido a un comportamiento de competencia entre la cantidad de frutos presentes; durante el período de cosecha de zarzamora los primeros frutos fueron de mayor tamaño que los intermedios, provocado por una mayor cantidad de frutos en la planta; al final de la cosecha el peso nuevamente aumenta y esto se debe a una menor cantidad de frutos (Parra *et al.*, 2005). En relación a peso por fruto (PF), los materiales genéticos del grupo IV se distinguen por sus frutos de mayor peso y mayor cantidad de pulpa, no así con los materiales del grupo I. Parra *et al.* (2005) encontraron en frutos de zarzamora cv. Cheyenne afectados por cubiertas orgánicas de estiércol y paja de avena, pesos de fruto entre 3 y 4 gramos.

La longitud del fruto (LF) presentó intervalos de variación de 1.46 cm a 2.13 cm. El diámetro del fruto (DFr) presentó un intervalo de 1.27 cm a 1.78 cm. Zamorano *et al.* (2007) obtuvieron medias de longitudes y diámetros de *Rubus* spp. de 1.52 y 2.44 cm, respectivamente, en Cauca y Nariño, Colombia; lo cual

indica que dichos frutos presentaron una forma alargada. En nuestro caso los frutos más redondos (For) se presentaron en el grupo I y los frutos más alargados se obtuvieron en las colectas pertenecientes al grupo V. La cantidad de drupeólas puede llegar hasta 110 en algunos materiales caracterizados morfológicamente (Zamorano *et al.*, 2007); sin embargo, esto dependerá de las localidades y de los materiales desarrollados ahí, y este comportamiento se nota en el presente trabajo, ya que el menor número de drupeólas (Dru) se presentó en el grupo I, que corresponde a aquellos que presentan la forma más redonda; así mismo, el mayor número de drupeólas se presentó en aquellos más alargados como es el caso del V.

Para el caso de sólidos solubles totales ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), los grupos II, IV y V estadísticamente presentaron una media igual, pero superior a los grupos I y III. El intervalo de variación fue de 8.795% a 11.987%. En una caracterización morfológica con variedades mejoradas de *Rubus* spp. en el Valle del Cauca, Colombia, se cuantificó una media de 8.17 de grados brix (Zamorano *et al.*, 2007); sin embargo, los valores obtenidos de  $^{\circ}\text{Bx}$  en la presente investigación son semejantes a los obtenidos en la producción forzada con TDZ y  $\text{AG}_3$  en zarzamora cv. Comanche, en el que la media más elevada fue de 11.35 y de 10.30 en el testigo sin aplicación de reguladores (Galindo *et al.*, 2004).

En cuanto al pH del jugo, el grupo V estuvo por arriba (3.19) de los grupos II (2.86) y III (2.88). El comportamiento de los cinco grupos en pH y Sólidos Solubles Totales es similar. Cajuste *et al.* (1994) mencionan que al igual que lo observado para contenido de sólidos solubles, en función de las cosechas, el pH presentó una tendencia similar, debido en gran parte a la disminución del

contenido de ácidos, así como al aparente aumento de azúcares dentro del fruto, promoviendo de esta manera un incremento de la relación azúcar/ácido.

Lo anterior se corrobora en la presente investigación, al obtener ácido cítrico (AC), y ácido málico (AM), en la cual se observa que los valores más bajos se presentaron en los grupos I, IV y V; no así para sólidos solubles totales, donde los frutos de los grupos IV y V fueron los más altos en esta variable. Así mismo, la relación de sólidos solubles totales para AC se incrementó en los grupos IV y V; tendencia que coincide con lo reportado por Cajuste *et al.* (1994), al evaluar en tres fechas diferentes zarzamoras de los cultivares Shawnee, Cheyenne y Cherokee; es decir, a medida que se incrementó el contenido de sólidos solubles (SST) totales también aumentó la relación SST/AC.

Las frutillas presentan un importante contenido de fenoles y antocianinas, que son compuestos hidrosolubles responsables de los colores rojo, púrpura y azul que muestran algunas de ellas (Meyers *et al.*, 2003). El contenido de antocianinas (Ant) en este tipo de frutas presentó diferencias significativas para los grupos formados, y se ha obtenido un intervalo que va de 196.73 a 331.83; ésto resulta importante, ya que existen reportes de otras investigaciones que indican valores semejantes que van de 82.5 a 325.9 en *Rubus caesius* y *Rubus dregeri*, respectivamente (Torre y Barrit, 1977). Así también, las características genéticas y el ambiente tienen influencia notable en el contenido de diferentes tipos de fenoles en los frutos. Por otro lado, se ha encontrado amplia variación en el contenido de antocianinas, quercitina y ácido elágico entre cultivares y ambiente; el contenido de antocianinas y otros compuestos fenólicos son afectados por el grado de maduración (Anttonen y Karjalainen, 2005); como es

el caso de zarzamora del cv. Black Satin, que se incrementó a medida que el fruto avanzó en la maduración (Famiani y Walker, 2009).

En todas las colectas de zarzamora se presentaron espinas; sin embargo, el tamaño de éstas fue diferente para los grupos formados. Tanto el ancho de espina (AE), como la longitud de éstas (LE) y la longitud del domo (LDE) presentaron un comportamiento similar en los cinco grupos formados, el grupo IV presentó las espinas más largas y más anchas de la base. No así los materiales del grupo II que tuvieron espinas más cortas. Esta característica de los materiales reportados se asemejan a las especies de *Rubus* con diferente cantidad y tamaño de espinillas, tales como: *R. allegheniensis*, *R. argutus*, *R. pergratus*, *R. frondosus*, *R. canadensis*, *R. elegantulus*, *R. vermontanus*, *R. setosus*, *R. hispidus*, *R. flagellaris*, *R. enslenu*, y *R. baileyanus*. El número de espinillas y tricomas desarrollados en un tallo está un tanto influenciado por la luz, por lo que plantas que crecen en luz total tienen más espinillas que aquellas que crecen en la luz indirecta (Moore y Skirvin, 1990).

En cuanto al número de folíolos (NF) por hoja se encontró diversidad en las colectas estudiadas. Los materiales presentaron entre tres y cinco folíolos por hoja. Los grupos I, II y III fueron de tres folíolos, el grupo IV presentó cinco folíolos, y el grupo V presentó entre cuatro y cinco folíolos. Es importante resaltar, que esta es una de las características que sobresalen en los materiales estudiados.

El número de nervaduras derechas (ND) en el folíolo central fue mayor en el grupo III (12.471) y estadísticamente superior a los grupos I (7.079) y IV (9.322). Esta característica morfológica en los folíolos se encuentra asociada con la

zona donde se desarrolla cada material y que puede estar afectada por las condiciones de luminosidad, como es el caso de la longitud de los pecíolos.

En el grupo V las colectas que lo conforman presentan el mayor diámetro de brotes (D30B) con pecíolos (PlolL) más largos, peciolulos de mayor longitud con gran cantidad de espinas (PluE); sin embargo, en el grupo I exhibieron en menor medida estos mismos caracteres. Por lo anterior se puede indicar que existe variabilidad de los diámetros de brote, pecíolos y peciolulos en las colectas realizadas. Dentro del género *Rubus* subgénero *Eubatus*, existe una alta variabilidad y complejo grupo de plantas (Moore y Skirvin, 1990). Por lo general, los materiales mejorados presentan brotes más vigorosos; es el caso de la zarzamora cv. Cheyenne, a los 20 cm del suelo se tienen diámetros de los brotes de 1.06, 1,21 y 1.38 cm (Parra *et al.*, 2005). Los pecíolos de las hojas en la sombra responden curvándose hacia la dirección e intensidad de la luz, haciendo que las láminas de las hojas se muevan hacia regiones menos sombreadas. Las hojas de sol están distribuidas con mayor densidad en el tallo y sus pecíolos son más cortos para darse sombra entre sí (Salisbury y Ross 1992). Cabe señalar que las accesiones del grupo I tienden a desarrollarse desde los 1700 hasta por arriba de los 2400 msnm, donde la mayoría de los sitios se encuentran despejados y con incidencia directa del sol; no así con los materiales del grupo V que se desarrollan en un intervalo altitudinal de 1,400 a 2,000 msnm, intervalo que está marcado por la presencia de vegetación abundante.

**Cuadro 1.4. Caracteres cuantitativos evaluados en 39 colectas de zarzamora silvestre en función de cinco grupos formados.**

Grupos	Caracteres						
	CIT <sup>†</sup> (mg.g <sup>-1</sup> pf)	PS (g)	PPS (g)	FR	LR (cm)	PF (g)	LF (cm)
I	1.251 a <sup>††</sup>	0.0594 b	0.00195 a	1.813 c	4.398 d	1.349 b	1.46 b
II	1.368 a	0.1190 a	0.00159 bc	20.125 a	21.896 a	1.640 b	1.76 ab
III	1.492 a	0.1085 a	0.00127 c	8.063 c	6.970 cd	2.406 ab	2.03 a
IV	1.317 a	0.1167 a	0.00173 ab	9.667 bc	10.583 bc	3.350 a	2.12 a
V	1.826 a	0.0836 ab	0.00089 d	17.571 ab	13.816 b	2.084 b	2.13 a
DMS	0.6585	0.0445	0.0003	8.7783	4.1013	1.0993	0.48159

Continúa...

Grupos	Caracteres						
	DFr (cm)	For (cm)	Dru	PP (g)	AC (%)	AM (%)	<sup>0</sup> Bx
I	1.39 b	1.048 c	30.425 c	1.29 b	1.009 c	1.057 c	8.795 b
II	1.27 b	1.379 ab	72.450 ab	1.52 b	1.643 a	1.720 a	10.198 ab
III	1.42 b	1.422 a	82.681 ab	2.30 ab	1.415 ab	1.482 ab	9.523 b
IV	1.78 a	1.188 bc	63.633 b	3.23 a	1.115 bc	1.168 bc	11.987 a
V	1.34 b	1.593 a	89.425 a	1.99 b	0.912 c	0.956 c	10.464 ab
DMS	0.22105	0.2342	23.443	1.0628	0.3044	0.3197	1.8666

Continúa...

Grupos	Caracteres						
	BxAC	pH	Ant (mg/100g)	AE (mm)	LE (mm)	LDE (mm)	Lpe (cm)
I	9.490 ab	3.0233 ab	331.83 a	2.6792 c	2.5458 b	0.7042 bc	3.079 b
II	6.088 c	2.8620 b	218.33 ab	2.5083 c	1.9333 b	0.4958 c	7.975 a
III	7.092 bc	2.8784 b	269.25 ab	3.8125 b	2.8563 b	0.8833 b	8.028 a
IV	11.024 a	3.0720 ab	196.73 b	6.2278 a	6.6389 a	2.0722 a	7.817 a
V	11.832 a	3.1984 a	291.62 ab	3.8700 b	2.5229 b	0.8350 b	9.552 a
DMS	2.9664	0.2851	133.84	0.9381	1.0348	0.2797	2.1518

Continúa...

Grupos	Caracteres					
	NF	ND	PluE	PluL (cm)	PluL (cm)	D30B (cm)
I	3.00 b	7.079 c	2.3 c	0.6740 d	2.821 c	0.182 b
II	3.00 b	11.975 a	10.7 b	2.8108 b	7.229 ab	0.821 ab
III	3.00 b	12.471 a	5.7 bc	2.1590 c	6.703 b	0.650 ab
IV	5.00 a	9.322 b	10.7 b	2.5467 bc	7.233 ab	1.128 ab
V	4.75 a	12.398 a	30.4 a	3.9721 a	7.951 a	5.787 a
DMS	0.5127	1.6048	7.8214	0.6	1.2443	5.4814

<sup>†</sup> Las variables se definen en el Cuadro 1.2.; <sup>††</sup> Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

## CONCLUSIONES

Se constituyeron cinco grupos definidos, donde los caracteres de hojas, frutos y espinas incidieron en las características particulares de cada uno de los grupos formados. Los materiales de cada uno de los grupos se desarrollan en localidades bien definidas, dándole identidad a cada uno de ellos. Los caracteres de las zarzamoras del grupo I mostraron mayores diferencias con los materiales de los otros cuatro grupos. Las zarzamoras del grupo II son más semejantes a los materiales que conforman al grupo III. El desarrollo de las hojas está directamente afectado por la luz solar, a mayor incidencia indirecta del sol mayor crecimiento de peciolas. Los frutos de forma alargada y mayor número de drupeólas con características comerciales, pertenecen a los grupos II, III y V. El contenido de antocianinas en frutos se encuentra por arriba de los materiales comerciales reportados. Las accesiones del grupo I y III tienden a desarrollarse a mayores altitudes que los demás materiales.

## LITERATURA CITADA

- Anttonen, J., M.; R. Karjalainen O. 2005. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspaberry. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(8): 759 – 769.
- A.O.A.C (Association of Official Agricultural Chemist. 1990. *Official Methods Analysis*. Washington. D.C. 1015 p.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 355-377.

- Cajuste B., J.; L. López L.; J. Rodríguez A.; M. I. Reyes S. 1994. Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus* sp). pp: 1-5. *In: memoria de Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Montecillo, Texcoco, México.*
- Cretti, L. 1986. Bayas y Frutos Silvestres. Dorki (trad). Daimon Barcelona, España. 120 p.
- Daubeny, H. A. 1996. Brambles. pp. 109-190. *In: Fruit Breeding, Vol. II. Vine and Small Fruits. J Janick, J N Moore (eds). John Wiley & Sons, Inc. New York, NY.*
- Díaz M., D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor. México. 389 p.
- Famiani, F.; R. P. Walker 2009. Changes in abundance of enzymes involved in organic acid, amino acid sugar metabolism, and photosynthesis during the ripening of blackberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 134(2): 167-175.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), ISRIC (Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos), SICS (Sistema Internacional de la Ciencia del Suelo 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). Roma. 93 p.
- Galindo R., M. A.; V. A. González H.; A. Muratalla L.; M. R. Soto H.; M. Livera M. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante

- reguladores de crecimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 205-209.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, México, D.F. 213 p.
- Jennings, D. L. 1988. Raspberries and Blackberries: Their Breeding, Diseases and Growth. Academic Press, London. 230 p.
- Johnson-Dallas, E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. D. F., México. 566 p.
- Kannangara, C.; M. Hansson 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. Plant Physiology Biochemistry. 36: 843-848.
- Márquez S., F.; Money P.; D. Querol L. 1984. Propuesta de la Dirección de Enseñanza e Investigación Agropecuaria al Comité Técnico del MIDINRA. Programa Nicaragüense de Recursos Genéticos. pp: 1-16. *In*: Recursos Genéticos, Situación Actual y Propuesta. MIDINRA, Managua.
- Meyers, J. K.; Watskins B. C.; M. Pritts P.; Hai Liu R. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51 (23): 6187-6892.
- Moore, J. N.; R. M. Skirvin 1990. Blackberry Management. pp: 214-244. *In*: Small Fruit Crop Management. Eds G.J. Galleta, D.G. Himelrick. Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.

- Ourecky, D. K. 1975. Brambles. pp: 98-129. *In: Advances in Fruit Breeding.* J Janick, J N Moore (eds). Purdue Univ. Press, W. Lafayette, IN.
- Parra Q., R. A.; G. F. Acosta R.; J. G. Arreola A. 2005. Crecimiento y producción de zarzamora cv. Cheyenne con cubiertas orgánicas. *Terra Latinoamericana* 23 (2): 233-240.
- Salisbury B., F.; C. W. Ross 1992. *Fisiología Vegetal.* V González V (trad.) Grupo Editorial Iberoamérica. México. 758 p.
- Torre, L. C.; B. H. Barrit 1977. Quantitative evaluation of *Rubus* fruit anthocyanin pigments. *Journal of Food Science* 42 (2): 488-490.
- Zamorano M., A.; A. C. Morillo C.; Y. Morillo C.; H. Vásquez A.; J. E. Muñoz F. 2007. Caracterización morfológica de mora en los departamentos del Valle del Cauca, Cauca y Nariño, de Colombia. *Acta Agronómica* 56 (2): 51-60.

## **II. VARIACION MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE FRUTOS DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LAS SIERRAS NORTE DE PUEBLA Y CENTRO DE VERACRUZ**

### **RESUMEN**

Los frutos de zarzamoras silvestres localizadas en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz son apreciados por su sabor. Sin embargo, los zarzales se encuentran amenazados por la destrucción o alteración de los espacios naturales a causa de la deforestación y erosión del suelo, sin que hasta el momento se tenga un estudio de caracterización para su conservación y aprovechamiento sustentable. Por tal razón, con la presente investigación se llevó a cabo la evaluación de 21 caracteres morfológicos y bioquímicos de frutos en 22 colectas de zarzamoras silvestres y los cultivares Brazos y Tupi. Los datos obtenidos se analizaron a través de la selección de variables con Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis de Conglomerados y Análisis de Varianza para la comparación de medias por Tukey de los grupos formados. Con la proporción de la variabilidad total de cada Componente Principal se acumuló el 78.06% con los tres primeros. Esta variabilidad estuvo representada por longitud de racimo, longitud de fruto, número de drupeólas por fruto, peso total de semillas por fruto (CP1), ácido cítrico, relación SST- ácido cítrico, pH (CP2), frutos por racimo, peso por fruto, forma del fruto, peso promedio por semilla y sólidos solubles totales (CP3). Se conformaron cinco grupos de zarzamora silvestre y un grupo de las variedades cultivadas. Las condiciones climáticas y fisiográficas propias de los sitios de estudio permiten que se desarrollen diversos materiales de zarzamora silvestre.

**PALABRAS CLAVE:** *Rubus* spp., caracterización bioquímica, frutos, tipos silvestres.

### **ABSTRACT**

Fruits of wild blackberry plants located in the Northern Mountain of Puebla and the Central Mountain of Veracruz are appreciated by their flavor. Nevertheless, the brambles are being threatened by destruction or alterations of natural spaces due to deforestation and soil erosion. Up until now there are no studies conducted to characterize plant materials for preservation and sustainable production. Due to this lack of information the present investigation was conducted to evaluate 21 morphological and biochemical characteristics in fruits of 22 collections of wild blackberries and the Brazos and Tupi cultivars. The data obtained were analyzed through selection of variables with principal component (PC) analysis, analysis of conglomerates, and analysis of variance for mean comparison of the formed groups with Tukey's test. With the proportion of the total variability of each Principal Component, 78.06% was accumulated with the first three. This variability was represented by bunch length, fruit length, number of drupelets per fruit, total weight of seeds per fruit (PC1), citric acid, SST-citric relation acid, pH (PC2), fruits per bunch, weight for fruit, fruit shape, average weight of seeds and total soluble solids (PC3). There were constituted five groups of wild blackberries and one group of cultivated varieties. Climate and physiographic conditions typical of the study sites allow for the development of diverse wild blackberry species.

**KEY WORDS:** *Rubus* spp., biochemical characterization, fruit, wild types.

## INTRODUCCIÓN

Aunque la zarzamora se localiza en todo el mundo, las mayores poblaciones se encuentran en las regiones templadas del hemisferio norte (Moore y Skirvin, 1990). Esta frutilla pertenece al género *Rubus* y se encuentra dentro del grupo denominado de los 'brambles' o zarzas. El fruto de la zarzamora es un agregado, formado por un grupo de drupeólas que se desarrollan de la misma flor. En el caso de la frambuesa al cosecharla se separa del receptáculo, que es la parte de la flor que sostiene el fruto; por el contrario, en las zarzamorras las drupeólas están adheridas al receptáculo (Galleta y Violette, 1989).

Las zarzamorras silvestres son comunes en algunas zonas, donde crecen de manera espontánea desde hace varios milenios, y en ocasiones son tan abundantes que llegan a cubrir grandes extensiones, desde la llanura hasta por encima de los 1,000 msnm (Cretti, 1986). Actualmente pocas zarzamorras han sido domesticadas y utilizadas comercialmente, excepto en Norteamérica y Europa; donde existen evidencias de que fueron domesticadas en el siglo XVII y durante el siglo XIX, respectivamente (Jennings, 1988).

Las especies silvestres presentan una gran diversidad genética e inmensas posibilidades de utilización en la alimentación, la medicina y la industria (Nieto-Angel y Borys, 1991); además de su utilización para la preparación de licores tradicionales y conservas (Hedrick, 1925). Reyes (2010) reporta un informe sobre trabajos de zarzamora silvestre, en el que compara distintos genotipos, cuya fruta fue cosechada en diferentes épocas del año y demuestra que dicho

material presenta un gran contenido de polifenoles y antioxidantes. Son frutas que pueden ser consumidas en fresco, enlatadas, congeladas, utilizadas en pasteles, procesadas en mermeladas, gelatinas y yougurts o fermentadas (Moore y Skirvin, 1990).

Durante los meses de mayo y junio los frutos de zarzamora silvestre de la Sierra Norte del estado de Puebla y Sierra Centro del estado de Veracruz son recolectados y utilizados para consumo local en fresco o procesados en alimentos como paletas, atoles, tamales o yogurts. Aún sabiendo de la importancia de estos materiales esta frutilla se encuentra en peligro de desaparecer, debido a la deforestación y el cambio de uso de suelo.

En nuestro país se desarrollan bien las zarzamoras silvestres en las zonas serranas; sin embargo, no se tienen reportes de que algunos de estos materiales se estén aprovechando o hayan sido seleccionados para su mejoramiento. Pacheco (1975) indica que lo que se tiene en México son variedades de origen estadounidense introducidas hace 25 años.

La expansión de las variedades mejoradas en varios estados de la República obedece más a la explotación y obtención de ganancias económicas, que al estudio y conservación de nuestros propios materiales genéticos. López (2009) indica que es lamentable que sean empresas extranjeras y no mexicanas quienes estén sacando provecho de las ventajas y el potencial que tiene México para la producción de frutillas.

Este es un problema que trae como consecuencia la desaparición de los materiales silvestres debido al reemplazo por las variedades modernas (Krishnamurthy y Sahagún, 1991). La rápida sustitución de los cultivos y

variedades tradicionales por cultivares modernos ha incrementado la pérdida de la diversidad genética (Frankel y Hawkes, 1975). El germoplasma con características frutícolas mejoradas tiene el valor más inmediato para la producción comercial de frutas, pero no tiene el valor para la conservación de una amplia base genética (Brooks y Barton, 1988). Aunado a esto, se está produciendo un tipo más de erosión genética, mucho más universal y de mayor alcance, se trata de la desaparición masiva de especies silvestres, debido a la alteración o destrucción de los espacios naturales. Esta reducción de biodiversidad vegetal se debe esencialmente a los procesos de deforestación y desertificación. Como consecuencia de estos procesos, se estima que en un 10% de la flora mundial se encuentra en peligro de extinción (Heywood, 1995). Los recursos fitogenéticos son la fuente insustituible de características; tales como la adaptación a condiciones ambientales, la resistencia a plagas y enfermedades, y la calidad nutritiva. La reducción de la base genética aumenta de manera alarmante la vulnerabilidad de los cultivos; esto ocurre cuando un cultivo ampliamente utilizado es susceptible a una plaga, enfermedad o peligro ambiental a consecuencia de su constitución genética (Heywood, 1995).

La toma de conciencia ha derivado en el desarrollo de iniciativas destinadas a contrarrestar la pérdida irreparable de biodiversidad; tanto en plantas cultivadas como en silvestres. Bajo este contexto, la conservación se define como la gestión de la utilización humana de la biósfera para que pueda aportar el máximo beneficio sostenible a las generaciones presentes, al tiempo que mantenga su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras (Iriondo, 2001).

Con base en lo anterior y con la finalidad de colaborar en la evaluación y conservación de la zarzamora silvestre, en el presente estudio se realizó la evaluación de caracteres morfológicos y bioquímicos de frutos de zarzamora silvestre en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitio de estudio**

La presente investigación se realizó en el trayecto de las comunidades de San Pedro Almatlán, Zacatlán, Atzingo, Xilotzingo y San Marcos, localizadas en la Sierra Norte del estado de Puebla, entre los 19° 54' y 20° 01' de latitud norte y 97°57' y 97° 52' de longitud oeste; con altitudes que van de los 1,399 a 2,114 msnm; y Normandia, Birjan, Las Vigas, La Joya, Plan de Sedeño, San Miguel, Rafael Lucio y Coatepec en la Sierra Centro del estado de Veracruz; localizadas entre 19° 38' y 19°30' de latitud norte y 97° 09' y 96° 58' de longitud oeste; con altitudes que van de los 1,252 a 2,412 msnm. Campo Experimental Agrícola "San Martín" de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado a los 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste, a una altitud de 2,250 msnm. La ubicación geográfica y los sitios de colectas se muestran en el cuadro 2.1.

### **Clima**

Los climas predominantes en la Sierra Norte del estado de Puebla son: templado con verano fresco, con lluvias y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C [Cbm(f)] semiseco – cálido con lluvias en verano [BS1kw(w)] y cálido con verano fresco con lluvias, poca

oscilación anual de las temperaturas medias mensuales [(A)Cbm(f)] (García, 1981).

Los climas predominantes en la Sierra Centro del estado de Veracruz son: templado con verano fresco, con lluvias y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales [Cb'm(f)], cálido-templado y verano fresco por las lluvias [(A)Cb(fm)] (García, 1981).

El clima del Campo Agrícola San Martín corresponde a un templado, moderadamente lluvioso con lluvias en verano [C(W0)(w)b(i')] (García, 1981).

**Cuadro 2.1. Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.	Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.
VNO1	Normandía, Ver	19 38' 12.6"	97 09' 16.4"	2414	MAR1	Almatlan, Pue.	19 54' 41.9"	97 57' 38.3"	2095
VNO2	Normandía, Ver	19 38' 16.5"	97 09' 9.4"	2412	ATZ1	Atzingo, Pue.	19 59' 47.7"	97 57' 34.7"	2114
BIR1	Birjan, Ver	19 34' 32.9"	97 03' 57.6"	2407	ATZ2	Atzingo, Pue.	19 59' 47.4"	97 57' 34.8"	2108
BIR2	Birjan, Ver	19 37' 46.0"	97 03' 25.9"	2382	ATZ3	Atzingo, Pue.	19 59' 47.4"	97 57' 35.3"	2114
JOY1	La Joya, Ver	19 38' 4.1"	97 01' 55.8"	2144	XIL1	Xilotzingo, Pue.	20 01' 37.7"	97 54' 9.0"	1684
JOY2	La Joya, Ver	19 38' 5.3"	97 02' 3.8"	2170	XIL2	Xilotzingo, Pue.	20 01' 33.6"	97 54' 8.2"	1660
PS1	Sedeño, Ver	19 34' 18.4"	97 00' 8.3"	1853	XIL3	Xilotzingo, Pue.	20 01' 36.8"	97 54' 8.7"	1686
SM1	San Miguel, Ver	19 35' 14.2"	96 59' 10.3"	1770	XIL4	Xilotzingo, Pue.	20 01' 36.8"	97 54' 8.4"	1686
SM2	San Miguel, Ver	19 35' 18.8"	96 59' 12"	1792	XIL5	Xilotzingo, Pue.	20 01' 37.1"	97 54' 7.9"	1683
SM3	San Miguel, Ver	19 35' 13.7"	96 59' 05"	1743	SMA1	San Marcos, Pue.	20 01' 45"	97 52' 53.3"	1399
MA	Rafael Lucio, Ver	19 30' 53.7"	96 58' 1.5"	1666	CTUP	Chapingo, Mex.	19 29'	98 53'	2250
COA	Coatepec, Ver	19 27' '	96 58' '	1200	CBRA	Chapingo, Mex.	19 29'	98 53'	2250

Acc: Accesión; Alt: Altitud msnm

## **Caracteres evaluados**

Los caracteres evaluados se muestran en el cuadro 2.2, para ello se utilizaron 12 colectas de la Sierra Norte de Puebla, 10 en la Sierra Centro de Veracruz y 2 accesiones cultivadas en el Campo Experimental Agrícola San Martín de la Universidad Autónoma Chapingo, que corresponden a dos cultivares. Dicho estudio se llevó a cabo de mayo a junio de 2008 a 2010, utilizando un diseño de muestreo en transectos. Aproximadamente el 10 % de evaluaciones se realizó *in situ* y el 90 % en el laboratorio.

Se obtuvieron de 4 a 10 repeticiones por cada Unidad Básica de Caracterización (UBC) (24) para la evaluación de caracteres. Para las evaluaciones se utilizaron los racimos, frutos y semillas; seleccionando aquellas unidades con formas y tamaños típicos de las zarzamoras silvestres, y libres de plagas, enfermedades y/o daños mecánicos. De cada UBC se recolectaron 300 frutos en madurez de consumo en empaques especiales y luego en hielo para trasladarlos al laboratorio y realizar las evaluaciones correspondientes.

**Longitud y número de frutos por racimo.** Se contabilizó de manera manual la cantidad de frutos en cada racimo, posteriormente se midió la longitud con flexómetro.

**Peso, longitud y diámetro de fruto.** En el laboratorio con ayuda de una balanza (OHAUS CT10) y de un vernier digital (GENERAL UPC22064) se pesó y midió la longitud y el diámetro del fruto en la parte media.

**Forma.** Se obtuvo mediante el cociente largo y ancho del fruto.

**Volumen del fruto.** Se midió a través del desplazamiento de agua al introducir el fruto en una probeta de 50 ml.

**Cuadro 2.2. Caracteres evaluados para la caracterización de fruto y semillas en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.**

VARIABLES	ABR <sup>†</sup>	VARIABLES	ABR
Frutos por racimo	FruRa	Número de semillas	NuSe
Longitud de racimo (cm)	LoRa	Peso total de semillas por fruto (g)	PTSe
Peso por fruto (g)	PeFru	Peso promedio por semilla (g)	PPSe
Longitud de fruto (mm)	LoFru	Ácido cítrico	AcCi
Diámetro de fruto (mm)	DiFru	Ácido málico	AcMa
Forma de fruto	For	Sólido Solubles Totales (SST)	BX
Volumen de fruto	VoFru	Relacion SST- Ácido cítrico	BXAcCi
Número de drupeólas	NuDru	Relacion SST- Ácido málico	BXAcMa
Peso de pulpa	Ppul	pH	pH
Porcentaje de pulpa	%Pul	Antocianinas	An
Porcentaje de semillas	%Se		

<sup>†</sup>ABR: Abreviatura

**Número de drupeólas.** Se evaluó de manera manual, contabilizando cada una de las drupeólas por fruto.

**Peso de la pulpa.** Este carácter se obtuvo restando al peso del fruto el peso de sus semillas.

**Número de semillas por fruto.** Se separaron las semillas de la pulpa de cada fruto y se contabilizaron.

**Peso total de semillas y peso promedio de cada semilla.** A cada uno de los frutos se les pesó la cantidad de semillas y se obtuvo el peso promedio de cada semilla dividiendo el peso total entre el número de semillas.

**Porcentajes de pulpa y de semillas.** Con los pesos de pulpas y semillas se obtuvo el porcentaje de ambos caracteres.

**Contenido de ácido cítrico y ácido málico.** La acidez de los frutos fue evaluada aplicando la metodología de la AOAC (1990). Para obtener ácido cítrico y ácido málico se obtuvieron los correspondientes miliequivalentes de cada ácido.

**Sólidos Solubles Totales (SST).** Se midieron con el uso de un refractómetro (ATAGO PAL-1).

**Relación SST- Ácido cítrico y SST- Ácido málico.** Estas relaciones se obtuvieron del cociente SST/Ácido.

**pH.** A 10 g de frutos macerados en 50 ml de agua destilada se les midió pH con un potenciómetro (CONDUCTRONIC PC45).

**Antocianinas.** Las muestras de fruto se homogenizaron, se les agregó HCl 0.1N, se agitó, se centrifugó y se midió la absorbancia a 516 nm en un espectrofotómetro (ESPECTRONIC 21D) (Kannangara y Hansson, 1998).

### **Selección de variables**

Con los valores obtenidos se conformó una primera matriz básica de datos (MBD) a través de un análisis de correlación de Pearson entre caracteres y así evaluar la pertinencia de las variables altamente correlacionadas para elaborar una nueva MBD.

Para la reducción de caracteres se consideraron los criterios siguientes: cuando el coeficiente de correlación fue mayor que 0.75 o menor que -0.75 la correlación entre variables se considera válida; de lo contrario, se podrá decir que no existe correlación entre las variables (Castillo, 2007). Selección de aquellos caracteres que aportan variabilidad e información con un sentido lógico

y útil en la especie aunque cumplieran con el criterio antes descrito y, la utilización de aquellas características distintivas de cada material colectado.

### **Análisis multivariado**

La nueva MBD se sometió al Análisis de Componentes Principales (ACP), proyección de las UBC en un diagrama bidimensional, agrupación de las UBC por el análisis de conglomerados de acuerdo con el análisis de agrupamiento mínima de Ward, y la pseudoestadística  $T^2$  (Johnson-Dallas, 2000).

### **Análisis de varianza**

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los caracteres evaluados con el procedimiento GLM y prueba de Tukey para la comparación de medias de los grupos formados.

Toda la información se analizó con el Software SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0 para Windows.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de correlación**

En un primer análisis se eliminaron las variables volumen del fruto (VoFru), peso de pulpa (Ppul), porcentaje de semillas (%Se), número de semillas (NuSe), ácido málico (AcMa), relación °Bx: ácido málico (BxAcMa) y diámetro de fruto (DiFru) por estar altamente correlacionadas ( $P \leq 0.01$ ); quedando 14 caracteres (FruRa, LoRa, PeFru, LoFru, For, NuDru, %Pul, PTSe, PPSe, AcCi,

BX, BXAcCi, pH y An). A partir de la nueva MBD se obtuvo un segundo análisis de correlación y los demás análisis estadísticos.

### **Análisis de componentes principales**

El Cuadro 2.3 indica los tres Componentes Principales que describen la variación de los datos, y los valores de la proporción absoluta y acumulada. El Componente Principal 1 (CP1) aportó el 37.38% de la variación total de la información para los materiales evaluados; el Componente Principal 2 (CP2) aportó el 21.57% de la variabilidad total, y el Componente Principal 3 (CP3) explica el 19.11 %. Dicha proporción indicó que la combinación lineal de las variables originales representadas por los tres primeros componentes incluye el 78.06% de la variación total del conjunto de datos; y este 78.06 % de la variabilidad total de los CP1, CP2 y CP3 explica la variabilidad de las colectas realizadas a través de los 14 caracteres del fruto. Si tan sólo se consideraran los dos primeros Componentes Principales se logra integrar solamente el 58.95% de la variabilidad total.

Los caracteres que mayor aportaron en el CP1 fueron: longitud de racimo (LoRa), longitud de fruto (LoFru), número de drupeólas (NuDru) y peso total de semillas por fruto (PTSe). En el CP2 los caracteres que describieron la variación son: ácido cítrico (AcCi), relación SST- ácido cítrico (BXAcCi) y pH (pH); estos tres caracteres corresponden a evaluaciones morfométricas bioquímicas. El CP3 está conformado por los caracteres frutos por racimo (FruRa) peso por fruto (PeFru), forma del fruto (For), peso promedio por semilla (PPSe) y sólidos solubles totales (BX). Estas características pueden ayudar en la selección de

materiales para manejarlos y consecuentemente aprovecharlos en el consumo humano. Por lo tanto, el análisis de Componentes Principales cumple el objetivo de seleccionar los caracteres que mejor describen la variabilidad de los materiales y por lo tanto los mejores descriptores para un órgano vegetal (Andrés-Agustín *et al.*, 2004).

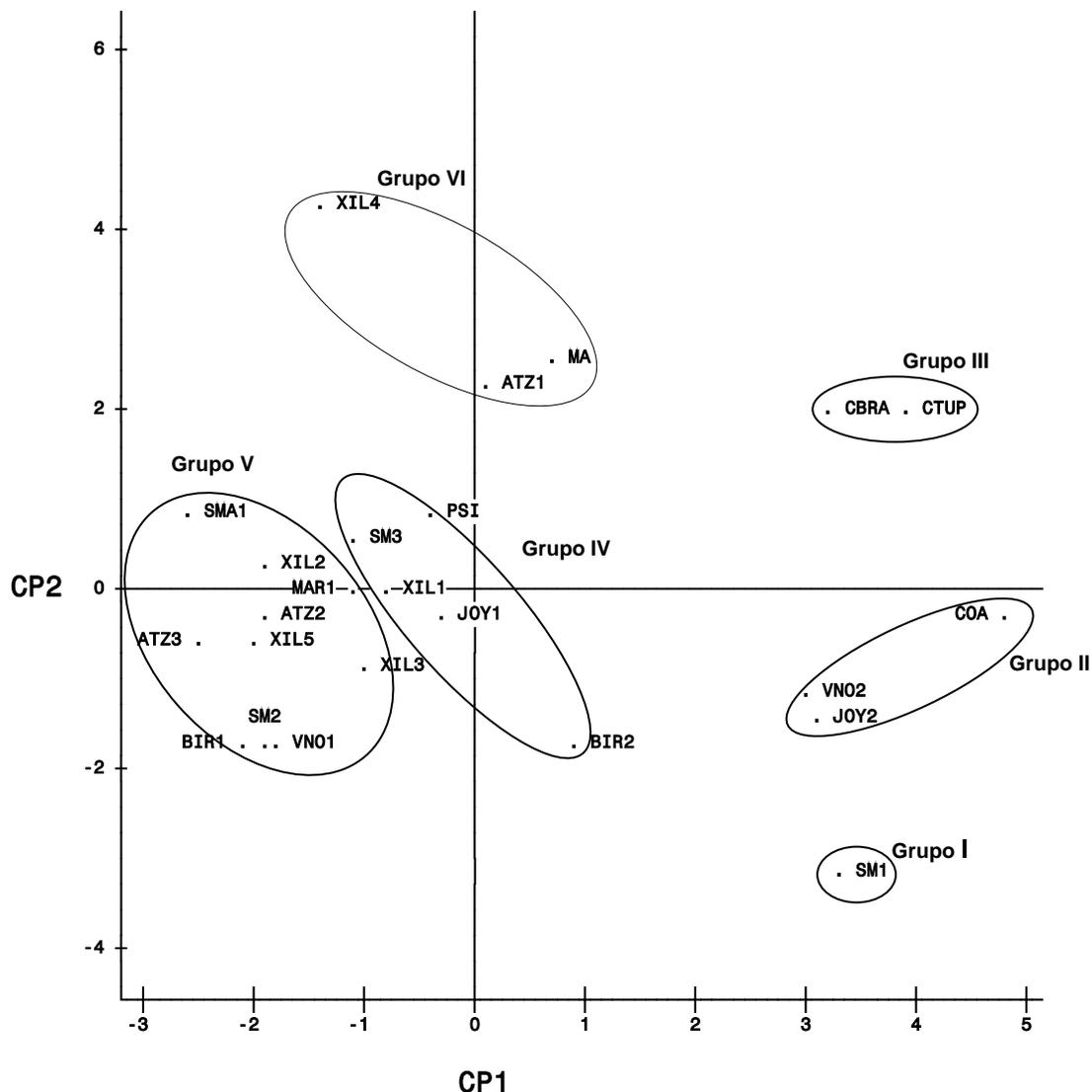
**Cuadro 2.3. Valores propios, varianza explicada y variación acumulada de los primeros tres Componentes Principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.**

Variable	Componente Principal		
	1	2	3
FruRa <sup>†</sup>	0.2896	-0.1232	0.2918
LoRa	0.3671	-0.0431	0.1598
PeFru	0.3018	0.2073	-0.3569
LoFru	0.3592	0.2922	-0.1140
For	0.1736	0.3254	0.3825
NuDru	0.3104	0.2257	0.2653
%Pul	-0.2375	0.1396	-0.2002
PTSe	0.3764	0.1352	-0.2414
PPSe	0.1993	-0.0685	-0.5088
AcCi	0.2442	-0.4204	0.1333
BX	-0.0483	0.2154	0.3128
BXAcCi	-0.1464	0.4918	0.1292
pH	-0.2180	0.4203	-0.1632
An	-0.2572	-0.1169	0.1266
Valor propio	5.23	3.01	2.67
Varianza explicada (%)	37.38	21.57	19.11
Varianza acumulada (%)	37.38	58.95	78.06

<sup>†</sup> Las variables se definen en el Cuadro 2.2.

La proyección de las poblaciones que se muestran en el diagrama bidimensional (Figura 2.1) en un plano formado por los Componentes Principales 1 y 2 (58.95% de la variabilidad total), agrupa las colectas de

zarzamora silvestre en seis grupos. Con respecto al CP1 los grupos I, II y III se encuentran alejados de la media, registrando valores positivos; asimismo el grupo V registra valores negativos y alejados de la media. Los grupos IV y VI se ubican en la media general de dicho Componente Principal.



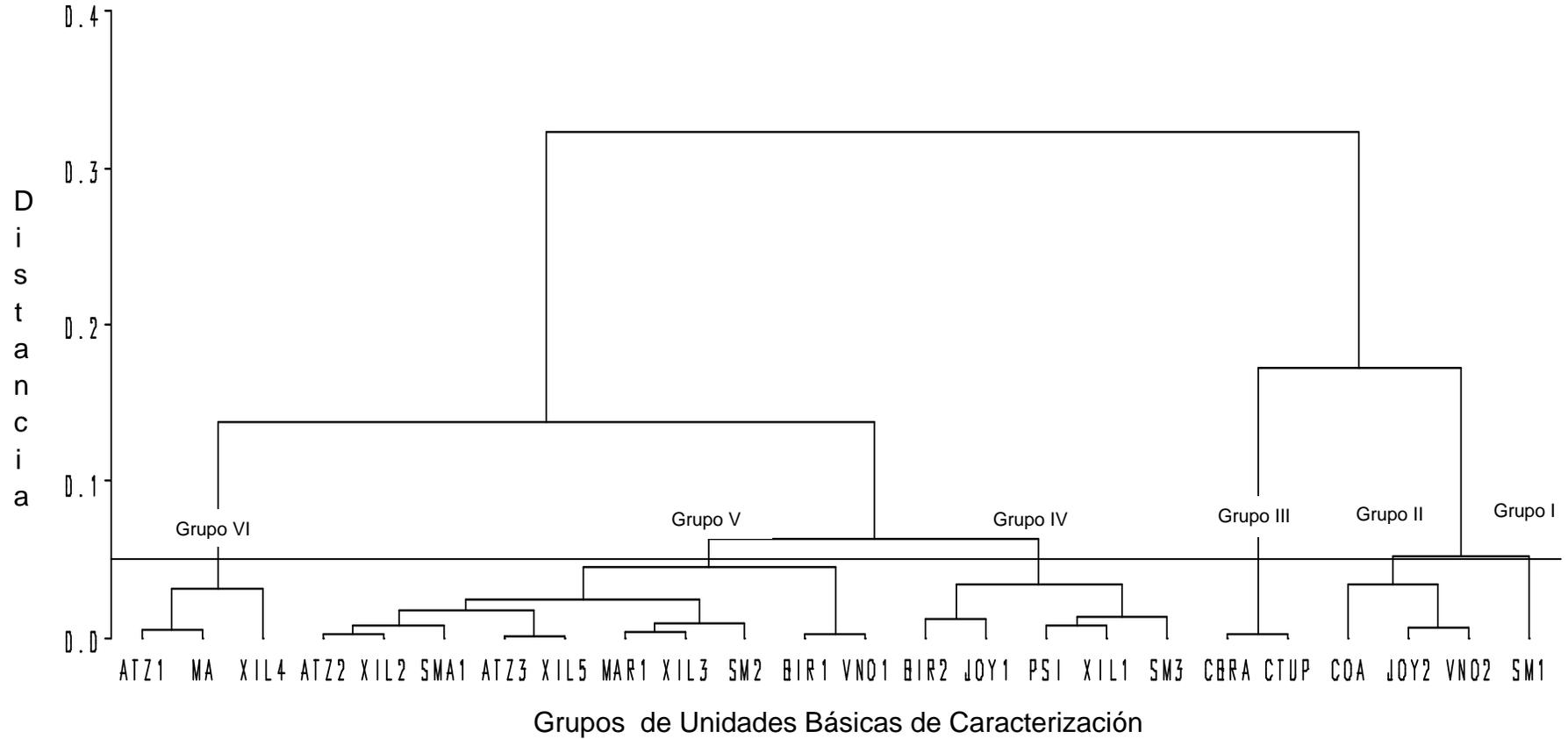
**Figura 2.1. Diagrama bidimensional para fruto, que indican la proyección de las Unidades Básicas de Caracterización de zarzamora silvestre en los dos primeros Componentes Principales. Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.**

En relación al CP2 el grupo III y colectas del grupo VI se ubican en la zona positiva de dicho Componente, en cuanto a los grupos I y II se registran en la zona negativa; y los grupos IV y V se encuentran proyectados en el centro de este Componente. Destacan las proyecciones de SM1, COA, CTUP Y CBRA en el CP1, que se separan de las demás UBC por los caracteres, peso total de semillas por fruto, número de drupeólas, longitud de fruto y longitud de racimos. La separación del grupo VI con respecto al CP2, está conformada por tres UBC que se separan de las demás colectas debido a las variables ácido cítrico, la relación de SST con ácido cítrico y pH.

### **Análisis de conglomerados jerárquicos**

Basado en el análisis de agrupamiento de varianza mínima de Ward y la pseudoestadística  $T^2$  (Johnson–Dallas, 2000), se han conjuntado seis grupos de zarzamora silvestre que coinciden con los análisis de Componentes Principales y diagrama bidimensional. En la Figura 2.2 se muestra el dendrograma de ligaduras completas de 22 materiales silvestres y dos cultivares con una distancia euclidiana de 0.05. Los grupos I y II están establecidos en el estado de Veracruz; estos materiales presentan racimos largos y frutos alargados con gran cantidad de drupeólas por fruto. Las características de la planta entre uno y otro grupos se diferencian en el tipo de planta, y en cuanto al lugar en donde se desarrollan; el grupo I contiene gran cantidad de espinas y crece separada de los bosques; en cambio los materiales del grupo II tienen menos espinas y son muy cortas y se encuentran a la sombra de encinos (*Quercus* spp.) y zonas cafetaleras. El grupo III está

conformado por los cultivares Brazos y Tupi, evaluados en el huerto de zarzamora de la Universidad Autónoma Chapingo; son materiales cultivados que se desarrollan a pleno sol, destacando por el tamaño de fruto, peso y contenido de pulpa; sin embargo, el contenido de antocianinas es menor que en los materiales silvestres. El grupo IV está formado por SM3, XIL1, PSI, JOY1 y BIR2; los cuales se caracterizan por presentar menor longitud de racimos, peso por fruto, longitud de fruto y una forma menos alargada que los grupos que anteceden; el contenido de sólidos solubles totales se encuentra en la media, con respecto a los demás grupos. En relación a los grupos V y VI; éstos se encuentran conformados por materiales colectados, en su mayoría, de la Sierra Norte del estado de Puebla; se presentan como frutos con menor peso, pocos frutos por racimo, menor peso de las semillas; se caracterizan por presentar mayor cantidad de sólidos solubles totales y antocianinas.

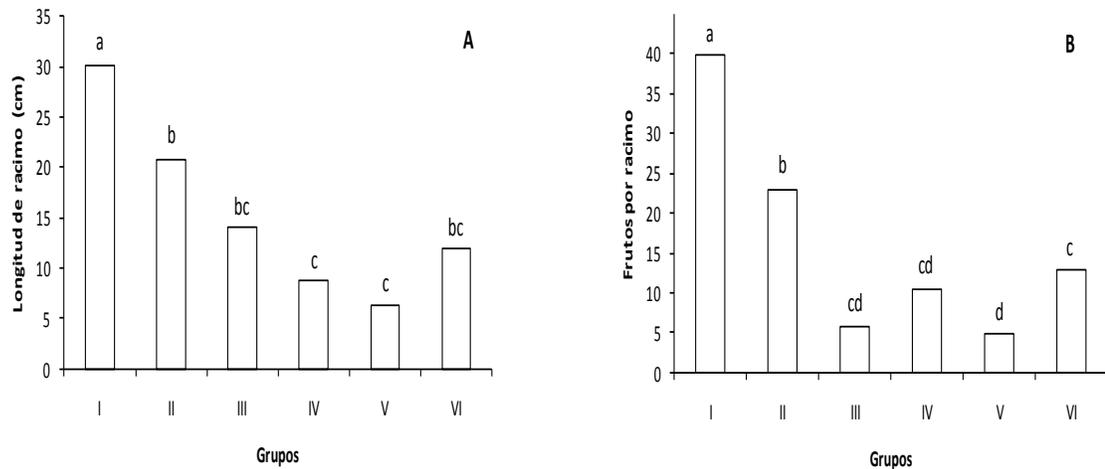


**Figura 2.2. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de frutos y semillas de 24 colectas de zarzamora silvestre en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz.**

## **Análisis de comparación de medias**

En esta investigación se presentaron diferencias significativas entre los grupos formados, las cuales coincidieron con el comportamiento presentado en el análisis de Componentes Principales y el análisis de agrupamiento. La mayor longitud de racimos de frutos se presentó en el grupo I, que fue estadísticamente superior a los demás grupos (Figura 2.3A). Dicho grupo correspondió a un material ubicado en la región del estado de Veracruz, el cual se caracterizó por ser erecto de hasta 3.5 m de altura en sus brotes y contar con un abundante número de frutos por racimo (Figura 2.3B). Tanto longitud de racimos como número de frutos por racimo presentaron un comportamiento semejante. Esto también se observó con el grupo V, en el que ambos valores se presentaron en menor cantidad; en dicho grupo se encuentran materiales rastreros con flores solitarias en algunos casos y desarrollados en zonas altas a pleno sol. El número de flores por inflorescencias y consecuente cantidad de frutos por racimo varía mucho dentro de cultivares y especies de zarzamora. En pocas especies predominan las flores solitarias, pero muchas otras producen grupos que varían de 3 a 75 flores por inflorescencia (Fernald, 1950). Todas las especies predominantemente fructifican en la parte terminal de las cañas con inflorescencias extensas y varios entrenudos.

Las inflorescencias de las diferentes especies de zarzamora varían en la forma y estructura. Algunas producen corimbos o racimos, pero otras de tipo rastrero producen inflorescencias cimosas (Hedrick, 1925; López 1998).

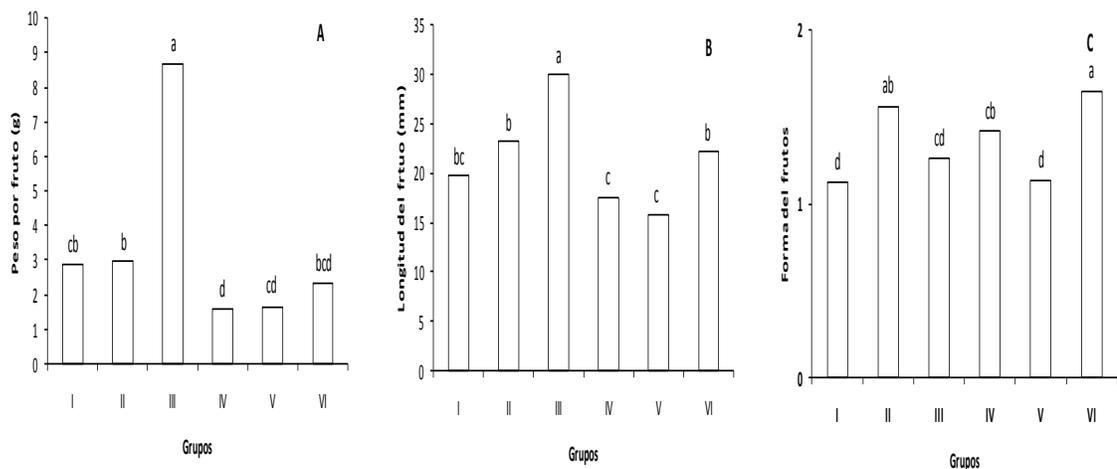


**Figura 2.3. Longitud de racimo (A) y frutos por racimo (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

Los frutos que superaron estadísticamente a los demás grupos en peso (8.7 g) y longitud (3 cm) pertenecen a los materiales del grupo III, los cuales corresponden a los cultivares Brazos y Tupi establecidas en la Universidad Autónoma Chapingo (Figuras 2.4A y 2.4B); estos resultados aún se encuentran por arriba de la variedad Cheyenne (Parra *et al.*, 2005), que estuvo sometida a tratamientos con coberteras orgánicas, en las que se obtuvieron frutos con pesos que van de 5 a 6 g por fruto. Así también, Galindo *et al.* (2004) reportan el peso promedio del fruto del cultivar Comanche en 5.05 g; no así con los frutos obtenidos de los materiales silvestres, que fueron estadísticamente inferiores, tal es el caso del grupo V; donde el promedio en peso por fruto (1.6 g) y longitud de fruto (1.6 cm) fueron menores. El crecimiento diferenciado entre variedades mejoradas y materiales silvestres obedece a que dentro de una variedad siempre se busca obtener de ellas altos rendimientos a través del

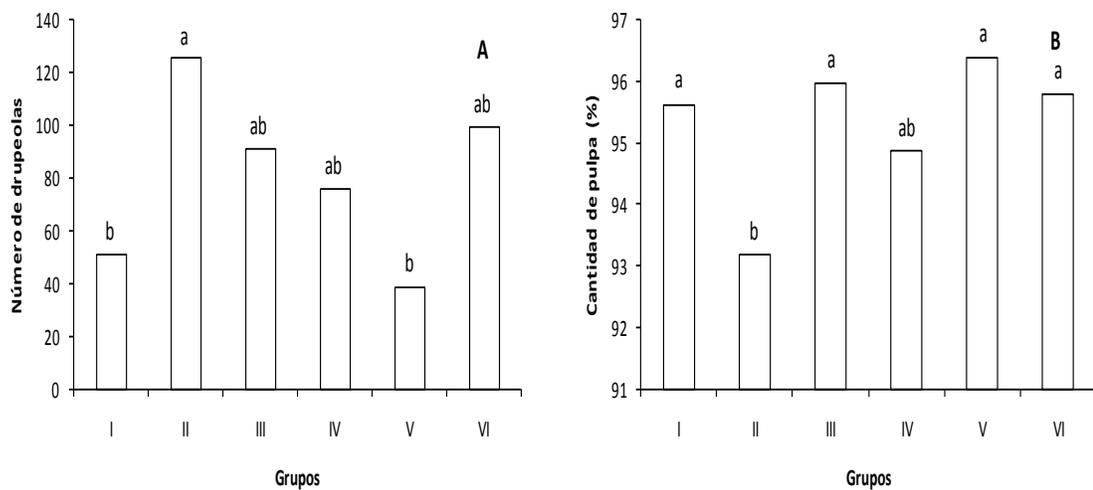
mejoramiento genético (Way *et al.*, 1988; Agusti, 2004). Algunas de las características más importantes que interesan del fruto de zarzamora, es su tamaño, firmeza, sabor y tamaño de las semillas (Moore, 1994). Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos por obtener los mejores atributos para una variedad mejorada, no siempre se consigue el objetivo deseado, porque a pesar del mayor tamaño el sabor de éstas resulta deficiente.

Los frutos más alargados de los materiales silvestres corresponden al grupo VI (1.7 cm) localizados en la Sierra Norte del estado de Puebla, le siguen los materiales del grupo II (1.6 cm), los cuales se ubicaron en la Sierra de Veracruz (Figura 2.4C). Vale la pena destacar que la forma alargada del fruto se relaciona con las características morfológicas de las plantas. Estas características son distintas entre grupos, pero semejantes dentro de cada grupo.



**Figura 2.4. Peso por fruto (A), longitud de fruto (B) y forma de fruto (C) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

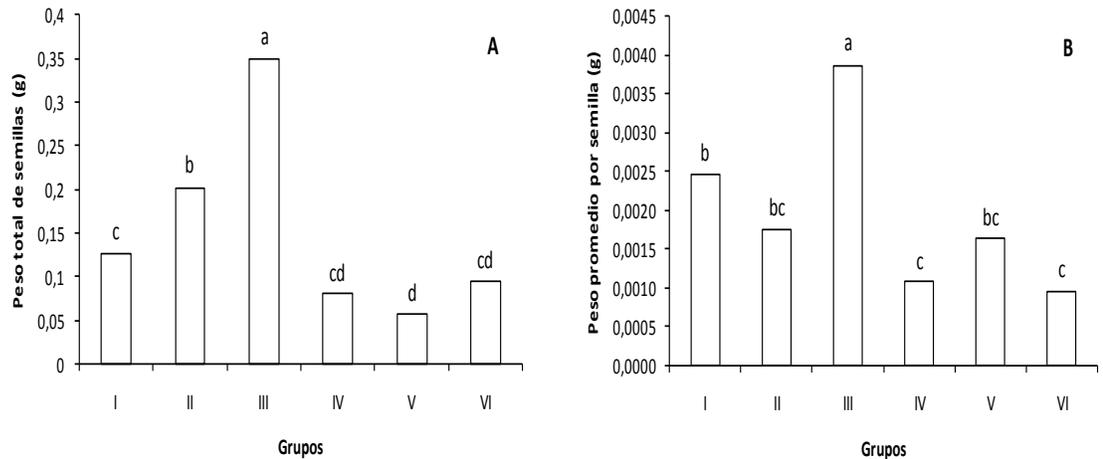
A medida que los frutos son más alargados el número de drupeólas aumenta. Los frutos con menor número de drupeólas pertenecen a los materiales del grupo V, los cuales se caracterizan por ser casi redondos, de menor peso, longitud de racimo y número de frutos por racimo (Figura 2.5A). Sin embargo, este tipo de frutos contiene el mayor porcentaje de pulpa (96.4 %) (Figura 2.5B); y con menor porcentaje de pulpa los frutos del grupo II, que contienen mayor número de drupeólas (125.5).



**Figura 2.5. Número de drupeólas (A) y cantidad de pulpa (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

Estadísticamente el mayor peso individual de semillas y total de semillas por fruto se presentó en las variedades Brazos y Tupi, correspondientes al grupo III (Figura 2.6A y 2.6B), y estos caracteres están correlacionados positivamente con el peso del fruto y su longitud; asegurando así, que la presencia de semillas representa un factor importante en el crecimiento de los frutos. La cantidad y posición de las semillas en el fruto influyen en el tamaño y forma final del mismo

(Díaz, 2002), ya que éstas son fuente de citocininas, giberelinas y auxinas, que son secretadas al tejido del ovario inducen una mayor división y expansión celular (Salisbury y Ross, 1992).

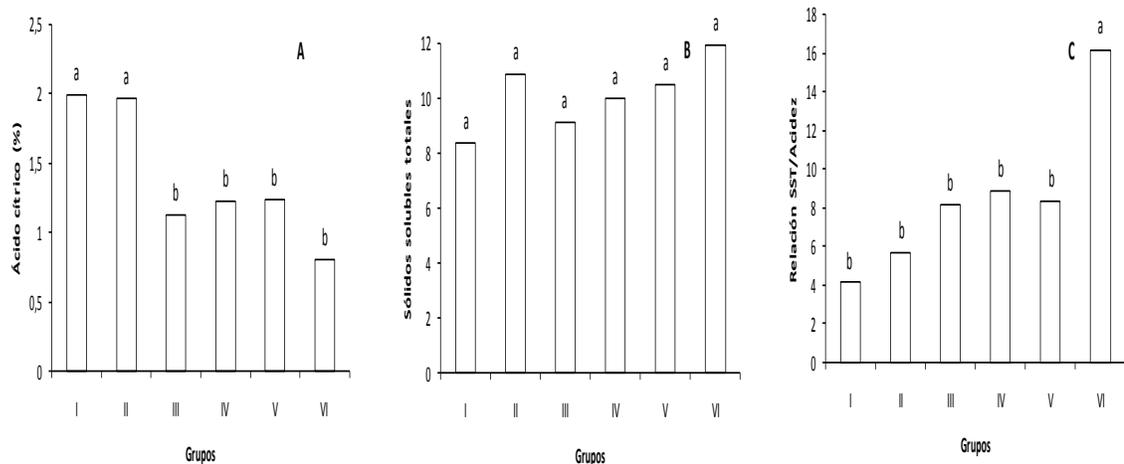


**Figura 2.6. Peso total de semillas (A) y peso promedio por semilla (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

El contenido de ácido cítrico fue mayor en los grupos I y II, los cuales corresponden a materiales ubicados en el estado de Veracruz; mientras que la menor cantidad de ácido se encontró en los materiales MA, XIL4 y ATZ1, ubicados en la Sierra Norte del estado de Puebla y que pertenecen al grupo VI (Figura 2.7A). En general, el contenido de ácido cítrico fue menor al encontrado en otros estudios realizados con cultivares de zarzamora (Cajuste *et al.*, 1994). Este comportamiento es probable que se deba a que los frutos aquí estudiados se cosecharon en la etapa final de maduración; aunque también podrían influir las distintas condiciones fisiográficas. En los cambios del contenido de ácido cítrico entre los materiales de una y otra región, es probable que influyan las

temperaturas, ya que en la Sierra de Puebla son más elevadas, comparado con la Sierra de Veracruz.

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales (SST), fue mayor (11.9) para el grupo VI, los cuales son materiales localizados en la Sierra Norte de Puebla; dicho contenido supera a las variedades Brazos y Tupi (9.2) del grupo III (Figura 2.7B). Estos valores se encuentran dentro de los resultados promedio obtenidos bajo ambiente cálido con 'Comanche' (10.5), 'Brazos' (8.5) y 'Cherokee' (8.7) (Pérez-Barraza y Vázquez-Valdivia, 2003), y también bajo ambiente templado con 'Comanche' (9.9), 'Brazos' (10.8) y 'Cherokee' (13.8) (Muratalla *et al.*, 1994).



**Figura 2.7. Ácido cítrico (A), sólidos solubles totales (B) y relación SST/ácido (C) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

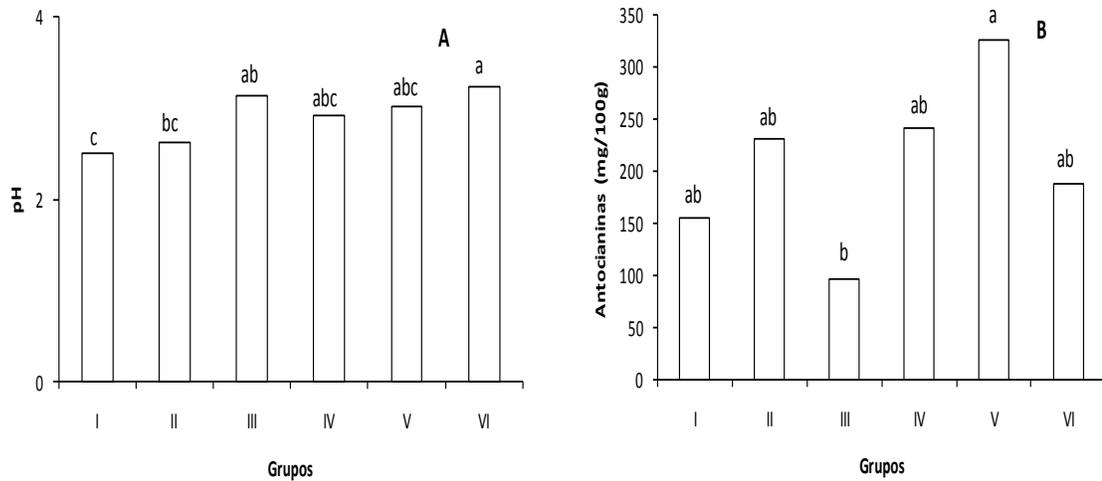
Tanto el contenido de sólidos solubles totales, como la relación SST/ácidez titulable y pH (Figuras 2.7B, 2.7C y 2.8A) presentaron una tendencia similar de incremento entre los grupos formados; esto debido en gran medida a la

disminución del contenido de ácido cítrico. Uno de los cambios químicos más representativos en la maduración de frutos es el de los carbohidratos que pasan de almidón a azúcares simples. La presencia de azúcares durante la maduración de los frutos es importante, ya que define aspectos de calidad, así como de almacenamiento. El contenido de azúcares en los frutos a la madurez puede sufrir cambios durante el día; como ocurre en uva en un clima con altas temperaturas y muy baja humedad relativa. En Sonora se reporta que uvas 'Flame' y otros cultivares sin semillas pueden tener 16.50 SST por la mañana, pero se reduce a 13.0 SST o menos para medio día. Los cambios observados reflejan un desbalance temporal entre el gasto de azúcares por la respiración de los frutos y el bajo suplemento de éstos compuestos, vía fotosíntesis y/o movilización; por lo cual no se puede mantener un nivel adecuado de azúcares libres durante todo el día. La condición hídrica de la planta, la incidencia de radiación; así como la competencia entre frutos y ramas representan factores que contribuyen a lo citado (Díaz, 2002).

La presencia de ácidos orgánicos en los frutos es importante para su sabor característico, donde en general, uno o dos son los que predominan según la especie. Antes de la maduración los ácidos orgánicos están en alta cantidad y reducen su contenido a medida que se desarrolla dicho proceso de maduración, y en particular cuando se inicia el aumento en azúcares libres. La reducción del contenido de los ácidos orgánicos se debe a que se les utiliza como sustratos para la depuración y la formación final de nuevas estructuras para la respiración y la formación final de nuevas estructuras químicas a base de carbono; así como a una dilución a medida que el fruto crece. Una reducción de los ácidos

orgánicos no significa necesariamente un aumento en el pH, aunque en algunos frutos como el banano el pH se reduce de 5.4 a 4.5 cuando aumenta el contenido de ácidos durante la maduración. En el caso de los limones se incrementa la acidez total en la medida en que los frutos maduran y en particular en ácido cítrico (Díaz, 2002).

Durante la maduración de los frutos ciertos pigmentos se degradan y sintetizan; de tal modo que la ausencia progresiva de color verde y la aparición de colores rojo, naranja o amarillo caracterizan este proceso fisiológico. La aparición de coloración de frutos se debe a la síntesis de pigmentos como los carotenoides y las antocianinas y/o a la expresión de pigmentos que ya estaban presentes (Díaz, 2002). La zarzamora es uno de los frutales ricos en antocianinas (Perkins-Veazie *et al.*, 2000) por su color oscuro. En este estudio se encontró que los frutos provenientes de materiales silvestres presentaron mayor contenido de antocianinas; dichos contenidos fueron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores a los materiales mejorados del grupo III (Figura 2.8B). Así también, Torre y Barrit (1977), reportan contenidos de antocianinas en distintas especies de zarzamora por abajo de los materiales silvestres aquí evaluados. La maduración, especie y localidad son factores que afectan la concentración de este pigmento; por ejemplo, en frambuesa el contenido estuvo afectado por la localidad y el grado de maduración (Peña–Varela *et al.*, 2006).



**Figura 2.8. pH (A) y antocianinas (B) en seis grupos formados por 24 UBC de zarzamora silvestre, en las Sierras Norte de Puebla y Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron cinco grupos de zarzamora silvestre y un grupo de las variedades cultivadas.

Los caracteres que describen la mayor variación fueron longitud de racimo, longitud de fruto, número de drupeólas y peso total de semillas por fruto; ácido cítrico, relación SST- ácido cítrico y pH; y frutos por racimo, peso por fruto, forma, peso promedio por semilla y sólidos solubles totales.

En la Sierra de Veracruz se ubican los materiales SM1, VNO2, JOY2 y COA que presentan mayor cantidad de frutos poco pesados en racimos largos y con semillas pequeñas, buena cantidad de pulpa, muy ácidos y bajo contenido de antocianinas.

'Brazos' y 'Tupi' que son los materiales mejorados destacan por peso de fruto, longitud del fruto, contenido de pulpa y peso de semillas; aunque en sabor y contenido de antocianinas están por debajo de los materiales silvestres.

Los materiales SM3, XIL1, PS1, JOY1 y BIR2 (grupo IV) cuentan con racimos cortos, frutos de menor peso y longitud; y se caracterizan por presentar el mayor contenido de antocianinas.

Las zarzamoras de los grupos V y VI están conformados por materiales en su mayoría de la Sierra Norte del estado de Puebla y destacan por tener frutos alargados, de menor peso, pocos frutos por racimo, menor peso de semillas; contienen mayor cantidad de pulpa, mayor cantidad de sólidos solubles totales, mejor sabor, menos ácidos y más antocianinas.

Las características bioquímicas de los frutos de zarzamora silvestre son afectadas de acuerdo con las regiones de estudio (Sierra Norte del estado de Puebla y Sierra Centro de Veracruz).

### **LITERATURA CITADA**

Agusti M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. España. 493 p.

Andrés-Agustín, J.; R. Nieto-Ángel; A. F. Barrientos-Priego; M. T. Martínez-Damián; F. González-Andrés; S. D. Segura-Ledesma; J. G. Cruz-Castillo; C. Gallegos-Vázquez 2004. Variación morfológica de la hoja del chirimoyo. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 103-110.

A.O.A.C (Association of Official Agricultural Chemist. 1990. Official Methods Analysis. Washington. D.C. 1015 p.

- Brooks J., B.; D. W. Barton 1988. Mantenimiento y conservación del germoplasma. pp: 13 – 25. *In: Métodos genotécnicos en frutales*. J. N. Moore y J. Janick (eds). AGT Editor. Traducción de Dr. Raúl Mosqueda Vázquez. Mexico.
- Cajuste B., J.; L. López L.; J. Rodríguez A.; M. I. Reyes S. 1994. Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus* sp). pp: 1-5. *In: Memoria de Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional*. Montecillo, Texcoco, México.
- Castillo M., L. E. 2007. Introducción al SAS para Windows. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 295 p.
- Cretti L. 1986. Bayas y Frutos Silvestres. Dorki (trad). Editorial Daimon Barcelona, España. 120 p.
- Díaz M., D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor. México. 389 p.
- Fernald, M. L. 1950. *In Gray's manual of botany*. 8th ed. American Book Company, New York. pp: 818-864.
- Frankel, O. H.; Hawkes J. G. (eds.) 1975. *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*. Cambridge University Press. pp: 449-482.
- Galindo R., M. A.; V. A. González H.; A. Muratalla L.; M. R. Soto H.; M. Livera M. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2): 205-209.

- Galleta, G.; C. Violette 1989. The Brambles. pp: 3–8. *In*: Brambles Production Guide. M Pritts, D Handley (eds). Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, New York, E.U.
- García E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Tercera edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 252 p.
- Hedrick, U. P. 1925. The small fruits of New York. J. B. Lyon, Albany, N. Y. 578 p.
- Heywood, V. 1995. Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme (UNEP). Cambridge University Press. 1140 p.
- Iriondo A., J. M. 2001. Conservación de recursos fitogenéticos pp: 15-31. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés F, Pita Villamil J M (eds). Publicaciones I.N.E.A. Mundi–Prensa. Valladolid, España.
- Jennings, D. L. 1988. Raspberries and Blackberries: Their Breeding, Diseases and Growth. Academic Press, London. 230 p.
- Johnson-Dallas, E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. México. 566 p.
- Kannangara, C.; M. Hansson 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. Plant Physiology Biochemistry. 36: 843-848.

- Krishnamurthy L.; J. Sahagún C. 1991. Recursos Fitogenéticos. Su conservación para un desarrollo sostenible. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. México. 106 p.
- López M., J. 2009. Producción forzada de frutillas en México. pp: 15 – 20. *In:* II Simposium Nacional de Producción Forzada de Frutales y I Curso de Producción Forzada en Frutillas y Durazno. Programa de Fruticultura. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- López R., G. F. 1998. Diversidad vegetal. Dirección General de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. México. pp: 156 -162.
- Moore, J. N.; R. M. Skirvin 1990. Blackberry Management. pp: 214-244. *In:* Small Fruit Crop Management. G J Galleta, D G Himelrick (eds). Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.
- Moore, N. J. 1994. Blackberry Breeding, Management, and Prospectivas in North Americ. pp: 167 – 178. *In:* Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional de Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Muratalla L., A.; M. Livera. M.; Chávez F. S.; Rodríguez A. J.; López J. A.; Salazar G. A.; López M. A. J.; Nateras U. R.; Arévalos G. L. 1994. El Cultivo de la Zarzamora. pp: 179-185. *In:* Memorias de la 1ª Reunión Internacional y 2ª Reunión Nacional de Frutales Nativos e Introducidos. Montecillo, México.

- Nieto-Angel, R.; Borys M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp) en México: pp: 309-324. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México.* Ortega P R, G Palomino H, F Castillo G, V A González H, M. Livera M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI), Chapingo, México.
- Pacheco S., P. 1975. Cultivo de la Frambuesa y Zarzamora. Comisión Nacional de Fruticultura. Folleto No. 17.
- Parra Q., R. A.; G. F. Acosta R.; J. G. Arreola A. 2005. Crecimiento y producción de zarzamora cv. Cheyenne con cubiertas orgánicas. *Terra Latinoamericana* 23 (2): 233-240.
- Peña-Varela, G.; Y. Salinas-Moreno; R. Ríos-Sánchez. 2006. Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 159-163.
- Pérez-Barraza, M. H.; V. Vázquez-Valdivia. 2003. Comportamiento de la zarzamora en el clima cálido. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 9(2): 305-314.
- Perkins-Veazie, P.; J. R. Clark; D. J. Huber; E. A. Baldwin. 2000. Ripening physiology in 'Navaho' thornless blackberries: color, respiration, ethylene production, softening, and compositional changes. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 125: 357-363.

- Reyes C., J. 2010. Variedades silvestres de zarzamora presentan una mayor actividad antioxidante que las cultivadas. Boletín de SOMEFI. <http://www.somefi.org/boletin/boletin.htm>.
- Rieger, M. 2006. Blackberries and Raspberries (*Rubus* spp). Introduction to fruit crop. University of Georgia. pp: 89-103.
- Salisbury B., F.; C. W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. V González V (trad) Grupo Editorial Iberoamérica. México. 758 p.
- Torre, L.C.; B. H. Barrit. 1977. Quantitative evaluation of *Rubus* fruit anthocyanin pigments. Journal of Food Science 42 (2): 488-490.
- Way R., D.; J. C. Sanford; A. N. Lakso. 1988. Fructificación y productividad. pp: 477–495. *In: Métodos genotécnicos en frutales*. J N Moore, J Janick (eds). AGT Editor. R Mosqueda V (trad). México.
- Wrolstad, E. R.; Calberston D. J.; Nagaki A. D. 1980. Sugars and volatile acids of blackberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. pp: 553-558.

### **III. CARACTERES MORFOLÓGICOS DE ZARZAMORA SILVESTRE (*Rubus* spp.) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA Y SIERRA CENTRO DE VERACRUZ.**

#### **RESUMEN**

La zarzamora silvestre representa un recurso fitogenético que se desarrolla adecuadamente en las Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz. Regularmente, estos materiales contienen una gran diversidad genética con posibilidades de utilizarse; no obstante, su supervivencia se encuentra amenazada por la deforestación, desarrollos urbanísticos, planes viales, entre otros. Es por eso que con la finalidad de contribuir a su conocimiento se realizó la caracterización morfológica de 22 materiales de zarzamora silvestre y dos cultivares. Se evaluaron 28 caracteres morfométricos provenientes de brotes, espinas, hojas, flores y racimos. La información recabada se analizó estadísticamente a través de una Correlación de Pearson, Componentes Principales, Discriminantes Canónicos y Análisis de Conglomerados; así como Análisis de Varianza para los caracteres evaluados y medias de Tukey para los grupos formados. Se descartaron 14 caracteres, quedando solamente los más discriminantes que fueron: porte de la planta, diámetro de brotes, número de espinas en peciolulo, longitud de peciolulo, número de espinas en pecíolo, longitud de pecíolo, frutos por racimo (primer componente); número de nudos, largo de espinas, número de nervaduras izquierdas (segundo componente); número de folíolos por hoja, número de espinas en nervadura principal, distancia entre espinas en pecíolo y clorofila *a* (tercer componente). La

proporción de cada Componente Principal presentó una combinación lineal de las variables en los tres primeros componentes de 74.26%. Tanto en el análisis de conglomerados jerárquicos como en los análisis canónicos se conformaron cinco grupos de zarzamora; que se corroboraron con el análisis de varianza y prueba de medias de Tukey. En el segundo grupo se integran los cultivares Brazos, Tupi y dos materiales silvestres; sin embargo, se establece una separación entre cultivares y materiales silvestres. Los caracteres morfológicos en las plantas de zarzamora silvestre indican la diversidad existente en los sitios de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** *Rubus* spp., caracterización morfológica, tipos silvestres.

#### **ABSTRACT**

Wild blackberry (*Rubus* spp.) represents a phylogenetic resource that grows adequately in some parts of the Northern Mountain of Puebla and the Central Mountain in Veracruz. Regularly these species present a wide genetic diversity which has the potential to be utilized in plant breeding programs; nevertheless, their survival is threatened by deforestation, urban development, and plans for roadways, among others. It is for this reason that, with the aim of contributing to the knowledge of wild blackberry types, a morphological characterization of 22 wild blackberry species and two cultivars was conducted. A total of 28 morphometric characteristics, originating from shoots, thorns, leaves, flowers, and bunches, were evaluated. The information obtained was statistically analyzed through Pearson correlation, principal components, canonical discriminates, and analysis of conglomerates, as well as analysis of variance

and Tukey's mean comparison for the groups formed. Fourteen characteristics were ruled out, leaving only the more discriminate ones, which were: plant appearance, shoot diameter, number of thorns on a petiolule, petiolule length, number of thorns on a petiole, petiole length, fruits per bunch (first component); number of nodes, thorn length, number of left veins (second component); number of leaflets per leaf, number of thorns on main vein, distance between thorns on petiole, and chlorophyll a (third component). The proportion of each principal component presented a linear combination of the variables in the first three components of 74.26%. In both the hierarchical conglomerate analysis and canonical analysis, five groups of blackberries were formed. The five groups were corroborated with analysis of variance and Tukey's mean comparison. The second group was constituted by the Brazos and Tupi cultivars and two wild species; nevertheless, a separation between cultivars and the wild species was established. The morphological characteristics in the wild blackberry types indicate the presence of genetic diversity in the study sites.

**KEY WORDS:** *Rubus* spp., morphologic characterization, wild types.

## INTRODUCCIÓN

La República Mexicana es el cuarto país del mundo con mayor diversidad vegetal (Rzedowski, 1994); tanto por poseer un alto número de especies como por su variabilidad genética y de ecosistemas (SEMARNAP, 2003). Sus condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas determinan las especies que se pueden desarrollar en una región y México tiene una amplia diversidad de

estas condiciones; lo que permite desarrollar con éxito diferentes especies, como la zarzamora que pertenece al género *Rubus*. Es común encontrar formas silvestres de zarzamora que se desarrollan adecuadamente en zonas montañosas con bosques de pinos y encinos (Rzedowski, 1994; Livera y Lagunes, 1999), como en las Cordilleras Norte de la Sierra Madre Oriental de los estados de Puebla y Veracruz; sin embargo a las zarzamoras silvestres, consideradas como un recurso fitogenético, se les ha dedicado poco interés de estudio, aprovechamiento y conservación, debido a que la atención en esta especie está enfocada a las variedades importadas de los Estados Unidos. Aunado a esta condición, la zarzamora silvestre como parte de la biodiversidad en México, se encuentra expuesta a diversos factores que amenazan su supervivencia (Martínez-Laborde, 2001); como las intervenciones en el medio natural de origen antrópico, directas (deforestación, desarrollos urbanísticos, planes viales) o indirectas (calentamiento, desertificación, contaminación), que pueden alterar, algunas veces de forma intensa e irreversible, territorios completos (Martínez-Laborde, 2001). Por lo que la investigación debería enfocarse hacia la evaluación, rescate y conservación de dicho material fitogenético que puede representar un potencial importante.

Las zarzamoras silvestres son muy comunes en algunas zonas e incluso en áreas muy amplias, donde crecen de manera espontánea (Cretti, 1986). Pueden ser arbustivas, rígidamente erectas, arquedas o rastreras. Normalmente las especies producen cañas bianuales, pero hay excepciones con cañas perennes. Casi todas son decíduas, pero algunas son siempreverdes. La reproducción varía desde apomícticas hasta sexualmente

fértiles. Las zarzamoras se distinguen de las frambuesas en que el fruto maduro no se separa del receptáculo. En su habitat original, las zarzamoras se encontraron usualmente cerca de los márgenes de los bosques, lugares desmontados y arroyos (Ourecky, 1993).

En algunas regiones de México se puede observar zarzamoras silvestres, que crecen en intervalos que van de los 1,400 hasta los 2,500 msnm, con una gran variabilidad entre ellas. Se desarrollan en lugares soleados y boscosos con portes erectos, semierectos y rastreros; los cuales, algunos de ellos son aprovechados como medicina y alimentos en fresco o procesados.

Si se considera que la zarzamora silvestre es un recurso fitogenético potencial, que se desarrolla adecuadamente en algunas regiones de la República Mexicana, que se le ha aprovechado localmente para su consumo y que corre el riesgo de desaparecer; es importante realizar estudios enfocados a las evaluaciones *in situ* para su recuperación y protección. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo consistió en la evaluación de caracteres morfológicos de las plantas de zarzamora silvestre y cultivares mejorados en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitios de estudio**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el trayecto que comprende las comunidades de San Pedro Almatlán, Zacatlán, Atzingo, Xilotzingo y San Marcos; localizadas en la Sierra Norte del estado de Puebla

ubicadas geográficamente entre los 19° 54' y 20° 01' latitud norte, 97°57' y 97° 52' longitud oeste; con altitudes que van de los 1,399 a 2,114 msnm; y Normandia, Birjan, Las Vigas, Plan de Sedeño, San Miguel, Rafael Lucio y Coatepec en la Sierra Centro del estado de Veracruz; localizadas entre los 19° 38' y 19°30' latitud norte y 97° 09' y 96° 58' longitud oeste; con altitudes sobre el nivel del mar de 1,252 a 2,412 m. Por otro lado, el Campo Agrícola Experimental "San Martín" de la Universidad Autónoma Chapingo, se ubica en los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud de 2,250 msnm. La ubicación geográfica y los sitios de colectas se muestran en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1. Origen y coordenadas geográficas de los sitios de procedencia de las accesiones de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.	Acc.	Sitio de colecta	Latitud	Longitud	Alt.
VNO1	Normandia, Ver	19 38' 12.6"	97 09' 16.4"	2414	MAR1	Almatlan, Pue.	19 54' 41.9"	97° 57' 38.3"	2095
VNO2	Normandia, Ver	19 38' 16.5"	97 09' 9.4"	2412	ATZ1	Atzingo, Pue.	19° 59' 47.7"	97° 57' 34.7"	2114
BIR1	Birjan, Ver	19 34' 32.9"	97 03' 57.6"	2407	ATZ2	Atzingo, Pue.	19° 59' 47.4"	97° 57' 34.8"	2108
BIR2	Birjan, Ver	19 37' 46.0"	97 03' 25.9"	2382	ATZ3	Atzingo, Pue.	19° 59' 47.4"	97° 57' 35.3"	2114
JOY1	La Joya, Ver	19 38' 4.1"	97 01' 55.8"	2144	XIL1	Xilotzingo, Pue.	20° 01' 37.7"	97° 54' 9.0"	1684
JOY2	La Joya, Ver	19 38' 5.3"	97 02' 3.8"	2170	XIL2	Xilotzingo, Pue.	20° 01' 33.6"	97° 54' 8.2"	1660
PS1	Sedeño, Ver	19 34' 18.4"	97 00' 8.3"	1853	XIL3	Xilotzingo, Pue.	20° 01' 36.8"	97° 54' 8.7"	1686
SM1	San Miguel, Ver	19 35' 14.2"	96 59' 10.3"	1770	XIL4	Xilotzingo, Pue.	20° 01' 36.8"	97° 54' 8.4"	1686
SM2	San Miguel, Ver	19 35' 18.8"	96 59' 12"	1792	XIL5	Xilotzingo, Pue.	20° 01' 37.1"	97° 54' 7.9"	1683
SM3	San Miguel, Ver	19 35' 13.7"	96 59' 05"	1743	SMA1	San Marcos, Pue.	20° 01' 45"	97° 52' 53.3"	1399
MA	Rafael Lucio, Ver	19 30' 53.7"	96 58' 1.5"	1666	CTUP	Chapingo, Mex.	19° 29'	98° 53'	2250
COA	Coatepec, Ver	19 27' '	96 58' '	1200	CBRA	Chapingo, Mex.	19° 29'	98° 53'	2250

Acc: Accesión; Alt: Altitud msnm

## **Clima**

El clima de la Sierra Norte del estado de Puebla es templado, con verano fresco, con lluvias y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5 y 7 °C [Cbm(f)], semiseco–cálido con lluvias en verano [BS1kw(w)] y cálido con verano fresco, con lluvias, y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales [(A)Cbm(f)] (García, 1981).

El clima de la Sierra Centro del estado de Veracruz es templado, con verano fresco, con lluvias y poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales [Cb'm(f)], calido-templado y verano fresco por las lluvias [(A)Cb(fm)] (García, 1981).

El clima del Campo Agrícola Experimental “San Martín” corresponde a un templado, moderadamente lluvioso, con lluvias en verano [C(W0)(w)b(i')]

(García, 1981).

## **Caracteres evaluados**

Se evaluaron 12 Unidades Básicas de Caracterización (UBC) en la Sierra Norte de Puebla, 10 en la Sierra Centro de Veracruz y 2 accesiones en el Campo Agrícola Experimental “San Martín” de la Universidad Autónoma Chapingo, que corresponden a ‘Brazos’ y ‘Tupi’. Dicho estudio se llevó a cabo de 2008 a 2010, en un diseño de muestreo en transectos.

De cada UBC se obtuvieron de 4 a 10 repeticiones para los caracteres evaluados. Para las evaluaciones se utilizaron brotes, espinas, hojas, flores y racimos con formas y tamaños típicos de las zarzamoras silvestres; sin

presencia de plagas, enfermedades y/o daños mecánicos. El trabajo se realizó *in situ* y en laboratorio, con el correspondiente traslado de material vegetal en bolsas de plástico dentro de hielo (Cuadro 3.2).

Para la selección de los caracteres se utilizaron las directrices publicadas de UPOV (2007) (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales), y se incluyeron otras más, que no están consideradas en dichas directrices.

**Cuadro 3.2. Caracteres evaluados para la caracterización de brotes, espinas, hojas, flores y racimos de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

VARIABLES	ABR <sup>†</sup>	VARIABLES	ABR
Número de folíolos por hoja	NFHoj	No. de espinas en peciolulo	NoEPlu
Porte de la planta	Por	Longitud de peciolulo	LoPlu
Longitud de brotes	LonBro	Distancia promedio entre espinas en peciolulo	DPEPlu
Diámetro de brotes a 30 cm	Dia30	No. de espinas en pecíolo	NoEPlo
Número de nudos	NoNu	Longitud de pecíolo	LoPlo
Número de hojas	NoHoj	Distancia promedio entre espinas en pecíolo	DPEPlo
Longitud de entrenudos	LonEntre	Clorofila a	Ca
Ancho de espinas	AnEs	Clorofila b	Cb
Largo de espinas	LaEs	Clorofila total	CT
Largo de hombros espina	LaHom	Carotenoides	Caro
Largo de punta de espina	LaPu	Diámetro de pedicelo	DiaPe
Número de espinas en nervadura principal	NoENP	Diámetro de flor	DiaFlo
Número de nervaduras izquierdas	NoNelz	Frutos por racimo	FruRa
Número de nervaduras derechas	NoNeDe	Longitud de racimo	LonRa

<sup>†</sup>ABR: Abreviatura

La evaluación de cada uno de los caracteres se realizó de la manera siguiente:

**Porte.** La planta en estudio se ubicó en la escala numérica correspondiente al tipo de crecimiento, y que va desde plantas rastreras hasta plantas erectas.

**Longitud de brotes.** Se midió con una vara graduada y flexómetro.

**Diámetro de brotes.** Con la ayuda de un vernier digital (GENERAL UPC22064) se midió el diámetro de cada uno de los brotes a 30 cm de la superficie del suelo.

**Número de nudos, número de folíolos por hoja, número de hojas.** Cada uno de estos caracteres se contabilizó de manera manual.

**Longitud de entrenudos.** Se midió con un flexómetro.

**Ancho de espinas, largo de espinas, largo de hombros de espinas y largo de la punta de espinas.** Estos caracteres se midieron en cada UBC con papel milimétrico y un microscopio estereoscópico.

**Número de espinas en nervadura principal.** Se contabilizaron las espinas en la nervadura media del folíolo central de cada hoja.

**Número de nervaduras izquierdas y derechas.** En cada folíolo central se contabilizaron manualmente las nervaduras laterales.

**Número de espinas en pecíolo y peciolulo.** Se contabilizó manualmente la cantidad de espinas en pecíolo y peciolulo.

**Longitud de pecíolo y peciolulo.** La longitud de ambos caracteres se midió con una regla.

**Distancia promedio entre espinas en pecíolo y peciolulo.** Para la obtención de ambos caracteres se dividió el número de espinas entre la longitud para pecíolo y peciolulo.

**Clorofila a, b, total y carotenoides.** El contenido de clorofila a, b, total y carotenoides se determinó de acuerdo a la técnica AOAC (1990).

**Diámetro de pedicelo y de flor.** En cada flor evaluada se midió el diámetro de pedicelo y flor con un vernier.

**Longitud de racimo y frutos por racimo.** La longitud de cada racimo se midió con ayuda de una regleta; así también se contabilizó manualmente su número de frutos.

### **Selección de variables**

Se obtuvo una primera matriz básica de datos (MBD) por medio de un análisis de Correlación de Pearson, entre caracteres, para analizar los altamente correlacionados. Para la reducción de éstos y elaboración de una nueva MBD se consideraron los criterios siguientes: cuando el coeficiente de correlación fue mayor que 0.75 o menor que -0.75 la correlación entre variables se consideró válida; de lo contrario, se podrá decir que no existe correlación (Castillo, 2007). Selección de aquellos caracteres que aportan variabilidad e información con un sentido lógico y útil en la especie; aunque cumplieran con el criterio antes descrito y el uso de aquellos caracteres distintivos de cada material colectado.

### **Análisis multivariado**

La nueva MBD se sometió al Análisis de Componentes Principales (ACP), proyección de las UBC en un diagrama bidimensional, agrupación de las UBC por el análisis de conglomerados jerárquicos, de acuerdo al análisis de agrupamiento mínimo de Ward, y la pseudoestadística  $T^2$  y análisis de discriminantes canónicos (Johnson-Dallas, 2000).

## **Análisis de varianza**

Se realizó un análisis de varianza para cada uno de los caracteres evaluados con el procedimiento GLM y pruebas de medias de Tukey, para la comparación de medias de los grupos formados.

Toda la información se analizó con el Software SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0 para Windows.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de correlación**

Después de analizar los 28 caracteres morfométricos en zarzamora silvestre se encontró que los caracteres longitud de brotes (LonBro), número de hojas (NoHoj), ancho de espinas (AnEs), largo de hombros espina (LaHom), largo de punta de espina (LaPu), número de nervaduras derechas (NoNeDe), clorofila *b* (Cb), clorofila total (CT), carotenoides (Caro) y longitud de racimo (LonRa) presentaron mayor coeficiente de correlación con un nivel de probabilidad altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ). Indicando de esta manera, su alta asociación y dependencia con otros caracteres que describen al mismo tipo de información de la especie; por lo que no fue necesario considerarlas en la nueva MBD. De igual forma, se eliminaron los caracteres longitud de entrenudos (LonEntre), distancia promedio entre espinas en peciolulo (DPEPlu), diámetro de pedicelo (DiaPe) y diámetro de flor (DiaFlo), debido a que son características no distintivas de las zarzamoras silvestres; además de que no aportan variabilidad para los materiales evaluados.

Al eliminar los 14 caracteres antes descritos se construyó una nueva MBD con los 14 caracteres restantes (NFHoj, Por, Dia30, NoNu, LaEs, NoENP, NoNelz, NoEPlu, LoPlu, NoEPlo, LoPlo, DPEPlo, Ca y FruRa). A partir de dicha MBD se obtuvieron los siguientes análisis estadísticos.

### **Análisis de Componentes Principales**

En el Cuadro 3.3 se presentan los tres primeros componentes principales que describen la mayor variación de los materiales de zarzamora evaluados; así como los valores de la proporción absoluta y proporción acumulada. El 48.65% de la variación total de la información es aportada por el Componente Principal 1 (CP1), el 14.16 % por el Componente Principal 2 (CP2) y el 11.46% por el Componente Principal 3 (CP3). Esta proporción para cada uno de los Componentes Principales indica una combinación lineal de las variables en los tres componentes de 74. 26% de la variación total del conjunto de datos; es decir, nos explica la variabilidad de las 24 UBC de zarzamoras evaluadas a través de 14 caracteres en brotes, espinas, hojas, flores y racimos.

Los caracteres que mayor variabilidad representan en el CP1 son porte de la planta (Por), diámetro de brotes a 30 cm (Dia30), número de espinas en peciolulo (NoEPlu), longitud de peciolulo (LoPlu), número de espinas en pecíolo (NoEPlo), longitud de pecíolo (LoPlo) y frutos por racimo (FruRa). Para el CP2 los caracteres de mayor variabilidad se encuentran conformados por número de nudos (NoNu), longitud de espinas (LaEs) y número de nervaduras izquierdas (NoNelz). En el CP3 los caracteres que describen la variación del 11.46% son número de folíolos por hoja (NFHoj), número de espinas en nervadura principal

(NoENP), distancia promedio entre espinas en pecíolo (DPEPlo) y clorofila a (Ca).

En un diagrama bidimensional (Figura 3.1) formado por los CP1 y CP2, que aportan el 62.81% de la variabilidad total, se muestra la tendencia en la ordenación de los cinco grupos de zarzamora silvestre y dos cultivares.

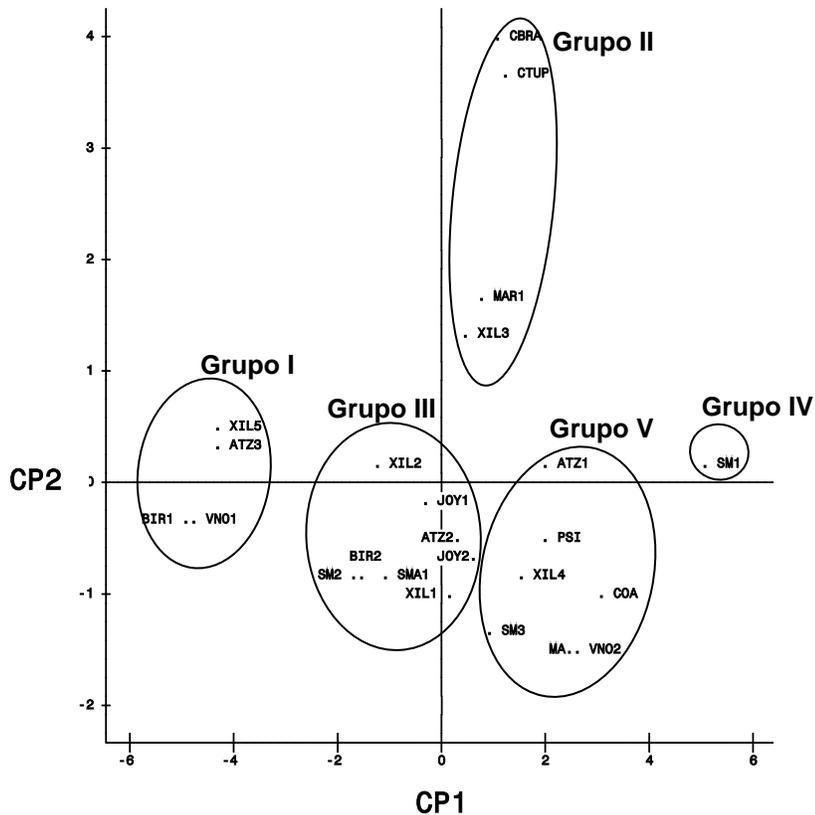
**Cuadro 3.3. Valores propios, varianza explicada y variación acumulada de los primeros tres componentes principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

Caracteres	Componente Principal		
	1	2	3
NFHoj <sup>†</sup>	0.2069	0.2984	0.4487
Por	-0.3112	0.0178	-0.2322
Dia30	0.3298	0.1903	-0.1705
NoNu	0.1852	0.3632	-0.2290
LaEs	0.0831	0.6532	-0.0576
NoENP	0.2300	-0.2147	-0.4948
NoNelz	0.3023	-0.3436	-0.0717
NoEPlu	0.2854	-0.1763	0.1091
LoPlu	0.3561	-0.1002	0.2141
NoEPlo	0.3276	0.0657	-0.2047
LoPlo	0.3660	0.0062	0.0572
DPEPlo	-0.0910	-0.1653	0.4900
Ca	0.1342	0.1813	0.2461
FruRa	0.3005	-0.2144	0.0801
Valor propio	6.81	1.98	1.60
Varianza explicada (%)	48.65	14.16	11.46
Varianza acumulada (%)	48.65	62.81	74.26

<sup>†</sup> Las variables se definen en el Cuadro 3.2.

Hacia la izquierda del CP1 se ubican los materiales silvestres del grupo I que se caracterizan por presentar un crecimiento rastrero, con la mayoría de los caracteres de menores dimensiones. Tanto en el CP1 como en el CP2 se

ubican las zarzamoras del grupo II y del grupo IV del lado positivo, pero destacan los cultivares Brazos (CBRA) y Tupi (CTUP) y SM1 por el diámetro de los brotes, número de folíolos por hoja, el tamaño de las espinas y las longitudes de pecíolos y peciolulos.



**Figura 3.1. Diagrama bidimensional obtenido de los dos primeros Componentes Principales de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

Los grupos III y V se refieren a zarzamoras silvestres que se concentran alrededor del origen de los ejes; por lo que puede inferirse un estado intermedio en cuanto a sus caracteres. Los materiales de estos grupos son de los más aprovechados en cuanto a su consumo local y una de las causas se debe en

gran medida a que por el tamaño y cantidad de espinas no causan rechazo por los recolectores.

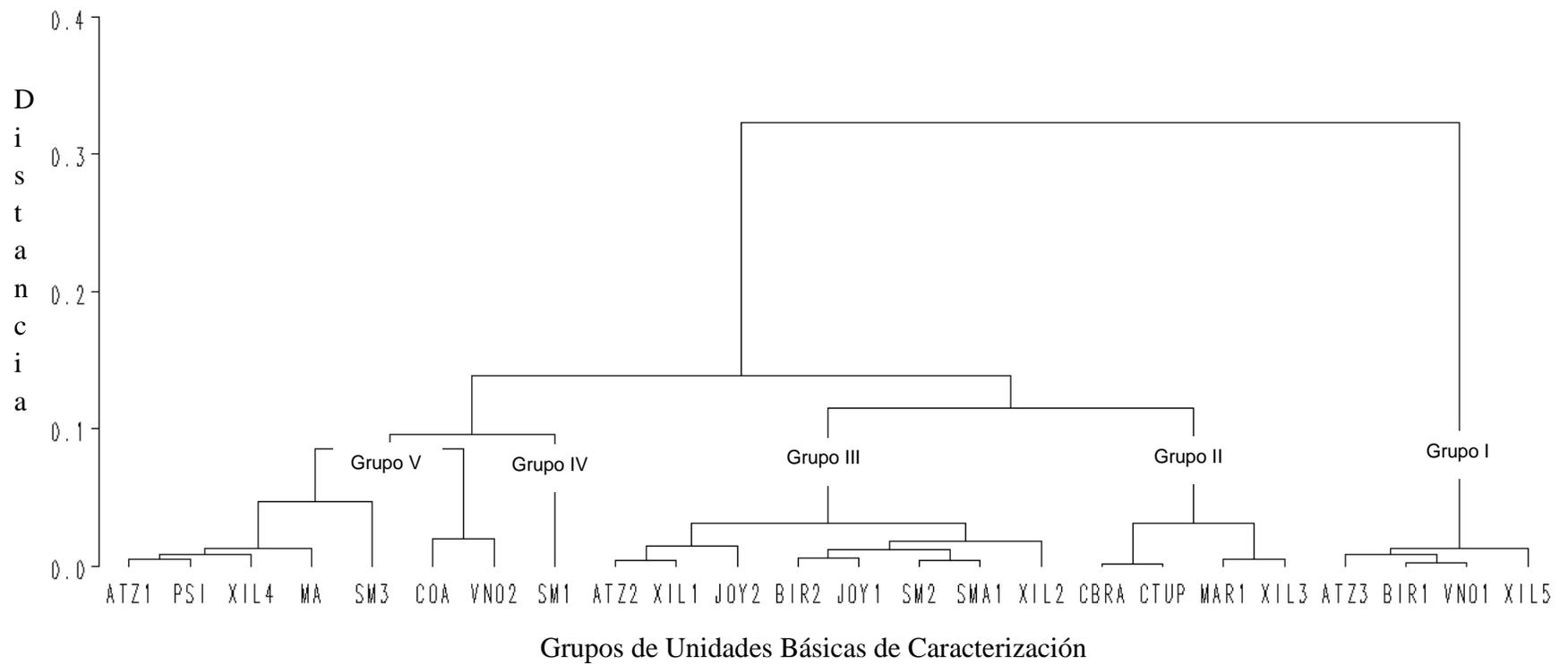
### **Análisis de conglomerados jerárquicos**

En el análisis de conglomerados con un coeficiente de 0.09 se formaron cinco grupos en el dendrograma (Figura 3.2). En el primer grupo se ubicaron los materiales XIL5, VNO1, BIR1 y ATZ3; los cuales se desarrollan a campo abierto, teniendo hojas de menor tamaño y con tres folíolos; son de tallos delgados y pocos frutos. El segundo grupo se integra por los cultivares Brazos (CBRA) y Tupi (CTUP), así como dos materiales silvestres XIL3 y MAR1; los cuatro materiales cuentan con un porte semierecto (UPOV, 2007), presentan cinco folíolos por hoja y exhiben espinas en el tallo de mayor tamaño, en comparación con las demás zarzamoras. El tercer grupo está conformado por ocho materiales silvestres que representan el 33% del total de zarzamoras evaluadas; las zarzamoras que integran este conglomerado destacan por contar con espinas en el tallo de menor tamaño, presentar tres folíolos por hoja y crecen en localidades expuestas al sol. En lo que respecta al grupo IV; éste se compone de un material que crece en el estado de Veracruz, y destaca por el gran vigor de los brotes nuevos y tiene un crecimiento de hasta 3.5 m, en el tallo, presenta tricomas abundantes y una gran cantidad de frutos en cada racimo. En lo que respecta al grupo V, éste se integra por VNO2, COA, SM3, MA, XIL4, PSI y ATZ1; aunque el grupo está integrado por siete materiales es destacable señalar que las dos primeras UBC conforman un subgrupo que presenta características propias que difieren de las demás zarzamoras; como el tipo de hoja, tipo de tallo y la localidad donde se desarrollan; ambos materiales

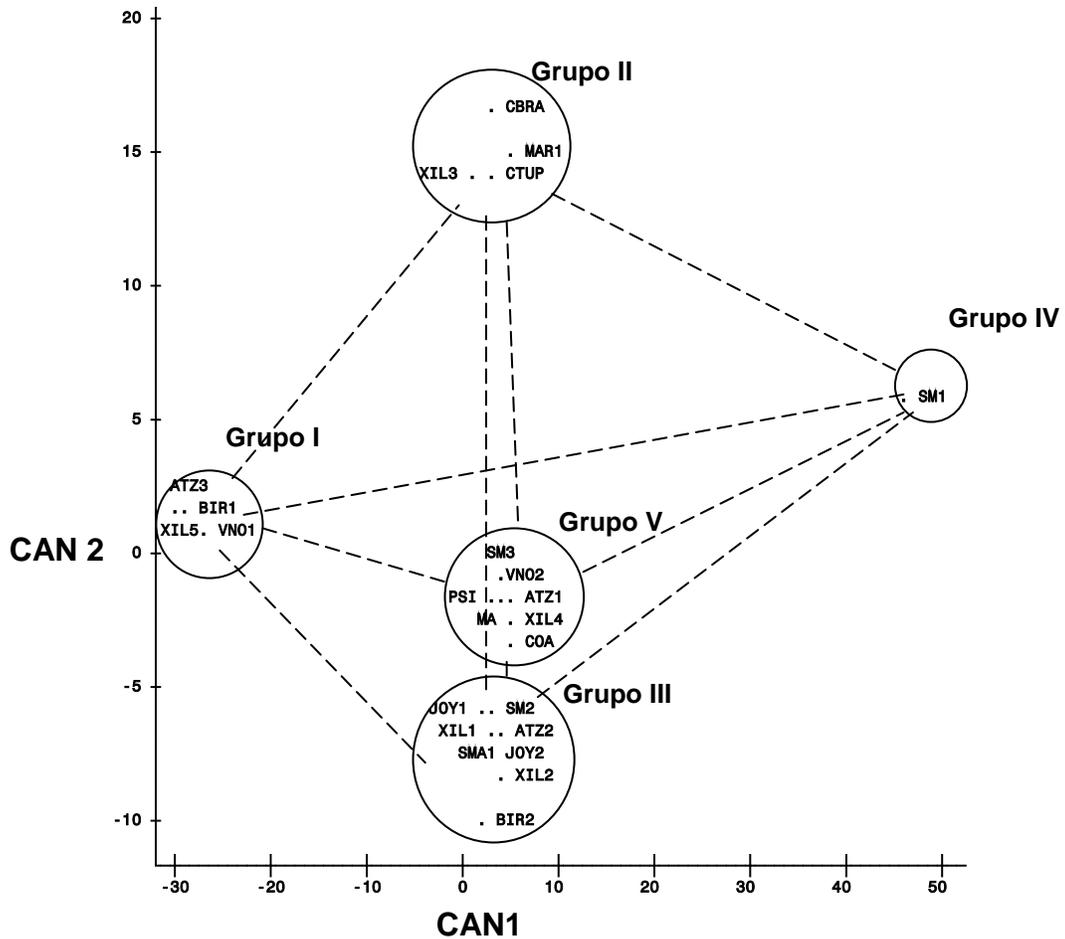
se encuentran ubicados en el estado de Veracruz, bajo condiciones poco competitivas con plantas arbustivas; no así con las cinco restantes que crecen en medio de los bosques y distribuidas en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

### **Evaluaciones canónicas**

Se expone la variable canónica 1 (CAN1) y variable canónica 2 (CAN2) que exhiben la distribución de cinco grupos de zarzamora silvestre, con las siguientes distancias cuadradas generalizadas entre los grupos formados: del grupo I al grupo II 1239; del grupo I al grupo III 1131; del grupo I al grupo IV 5692; del grupo I al grupo V 1242; del grupo II al grupo III 502; del grupo II al grupo IV 2183; del grupo II al grupo V 343; del grupo III al grupo IV 2149; del grupo III al grupo V 127 y del grupo IV al grupo V 2203 (Figura 3.3).



**Figura 3.2. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento con el método UPGMA para los caracteres morfométricos de plantas, de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**



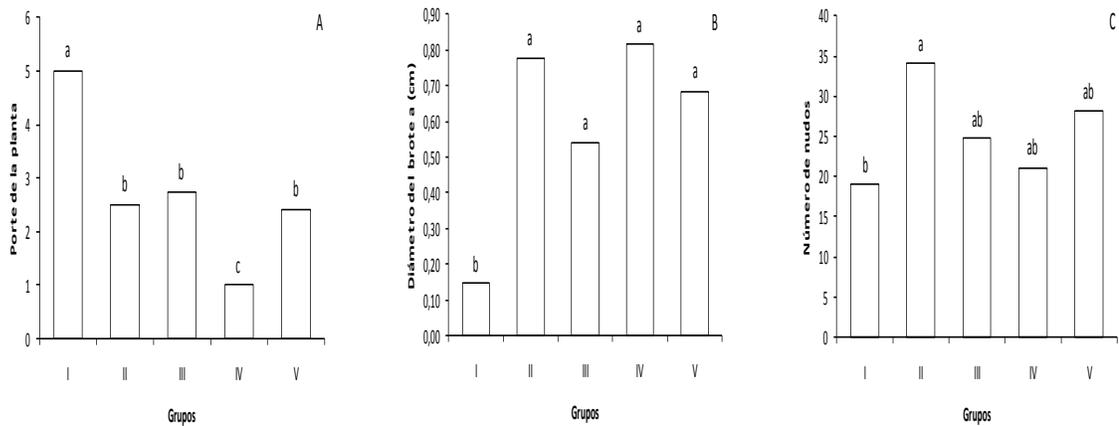
**Figura 3.3. Distribución de las colectas en función de las variables canónicas CAN1 y CAN2, de 24 colectas de zarzamora silvestre en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.**

### **Análisis de comparación de medias**

De acuerdo con la comparación de medias para los cinco grupos formados se presentan diferencias estadísticas que coinciden con el análisis de componentes principales, conglomerados y variables canónicas.

Muchas especies de zarzamora producen cañas bianuales, que van desde erectas hasta rastreras en cuanto a su hábito de crecimiento (Moore y Skirvin,

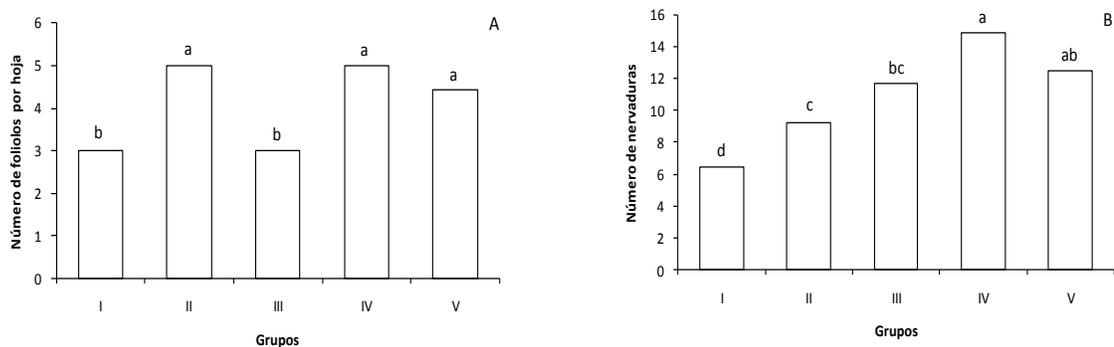
1990); como es el caso de las zarzamoras del grupo I, que son de hábito rastrero y el material del grupo IV que tiene un crecimiento erecto (Figura 3.4A). Sin embargo, el diámetro de los tallos y el número de nudos de aquellos materiales rastreros es estadísticamente inferior a los materiales erectos y semierectos (Figuras 3.4B y 3.4C).



**Figura 3.4. Porte de la planta (A), diámetro del brote(B) y número de nudos (C) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

Los grupos I y III presentan hojas con tres folíolos; mientras que los grupos II, IV y V exhiben hojas con cinco folíolos (Figura 3.5A). Las zarzamoras que contienen tres folíolos por hoja se han localizado en regiones soleadas; mientras que aquellas que contienen cinco folíolos se encuentran en áreas sombreadas y húmedas. Esta es una de las adaptaciones que las plantas han desarrollado para aprovechar eficientemente la luz que incide sobre las hojas. Las hojas de sombra típicamente tienen mayor área, pero son más delgadas

que las hojas expuestas al sol. Las hojas al sol se hacen más gruesas que las hojas a la sombra, debido a que forman células en empalizada más alargadas o una capa adicional de dichas células (Salisbury y Ross, 1992). Así también, se puede observar que aquellas que contienen hasta cinco folíolos presentan un mayor número de nervaduras (Figura 3.5B), lo cual puede estar asociado al aumento en tamaño de los folíolos.



**Figura 3.5. Número de folíolos por hoja (A) y número de nervaduras (B) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

No se conoce muy bien que significado tenga la formación de espinas en los vegetales, puesto que este carácter se encuentra en plantas de muchos tipos de climas (Granados y Tapia, 2002). Los términos aguijón y espinas se usan indistintamente; pero en sentido estrictamente botánico, los aguijones son hojas que perdieron su color verde y su forma aplanada para hacerse delgadas, cónicas y duras, se sabe que son hojas modificadas por su posición, debajo de una yema o de un vástago axilar. Las espinas son ramas modificadas que generalmente nacen de la axila de una hoja o justamente encima de la axila.

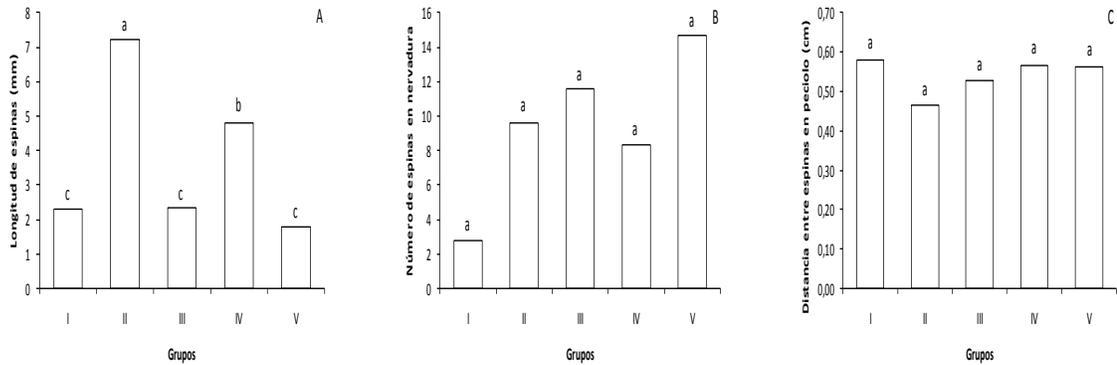
Las espinas de las zarzamoras son simples excrescencias de tejidos superficiales del tallo (Wilson y Loomis, 1968); como los materiales aquí evaluados, que presentaron variabilidad longitudinal de las espinas en los brotes, este es el caso del grupo II, donde se ubican los cultivares Brazos y Tupi; así como dos materiales silvestres localizados en la Sierra Norte de Puebla, que presentan las espinas más largas (7.2 mm) con respecto a los demás materiales silvestres. Los materiales del grupo V son los que muestran las espinas más cortas (1.8 mm) (Figura 3.6A). Normalmente muchas especies de zarzamora cuentan con espinas puntiagudas (Moore y Skirvin, 1990) y el desarrollo de las espinas en un tallo se encuentra influenciado por la luz; las plantas que crecen en el sol presentan más espinas que aquellas que crecen en luz indirecta (Peitersen, 1921). Sin embargo, para el caso de la presencia de espinas en la nervadura media del folíolo central, y la distancia entre espinas en el pecíolo no hubo diferencia estadística para los materiales aquí evaluados (Figura 3.6B y 3.6C).

Las longitudes de pecíolos (12.15 cm) y peciolulos (4.95 cm); así como su número de espinas, fue estadísticamente mayor en los materiales del grupo IV; no siendo el caso del grupo I, que en los cuatro caracteres fueron estadísticamente inferiores a los demás grupos (Figura 3.7). La disminución de la superficie individual de las hojas es un fenómeno ligado indirectamente con una disminución de la transpiración; ya que existe una reducción considerable de la superficie total del conjunto de hojas (Granados y Tapia, 2002). Por lo tanto, los elementos que conforman a la hoja, como la longitud corta de los pecíolos y peciolulos de las zarzamoras del grupo I, posiblemente también

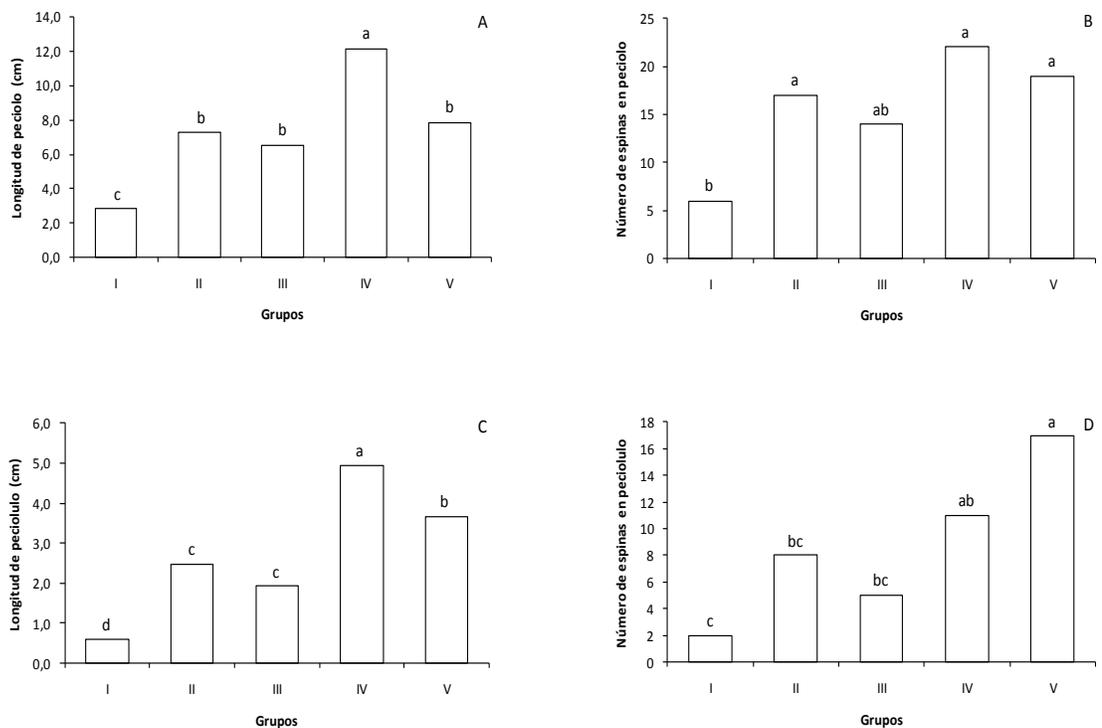
ayuden a establecer un acomodo de las hojas en el tallo; de tal manera que se proporcionen sombreado entre ellas, para protegerse de los rayos del sol. Para el caso de aquellos que contienen pecíolos alargados sucede lo contrario; ya que funcionan como brazos mecánicos para sostener a las hojas que se curvan hacia la luz. Estos caracteres sobresalen por su relación directamente proporcional con el número de folíolos por hoja y la cantidad de nervaduras en los folíolos.

Respecto al contenido de clorofila los grupos I, II, III y V fueron estadísticamente iguales; sin embargo, el grupo IV sobresale por su mayor contenido (Figura 3.8A). Los materiales del grupo V fueron encontrados en sitios sombreados y los histogramas presentan tendencia hacia menor contenido de clorofila *a* (0.89); este comportamiento se puede deber a que hojas que crecen en sombra presentan mayor contenido de clorofila *b* y menos clorofila *a* (Boardman, 1977); esta tendencia podría abrir una interrogante para realizar estudios futuros de contenido de clorofila en experimentos con parcelas controladas de zarzamoras silvestres.

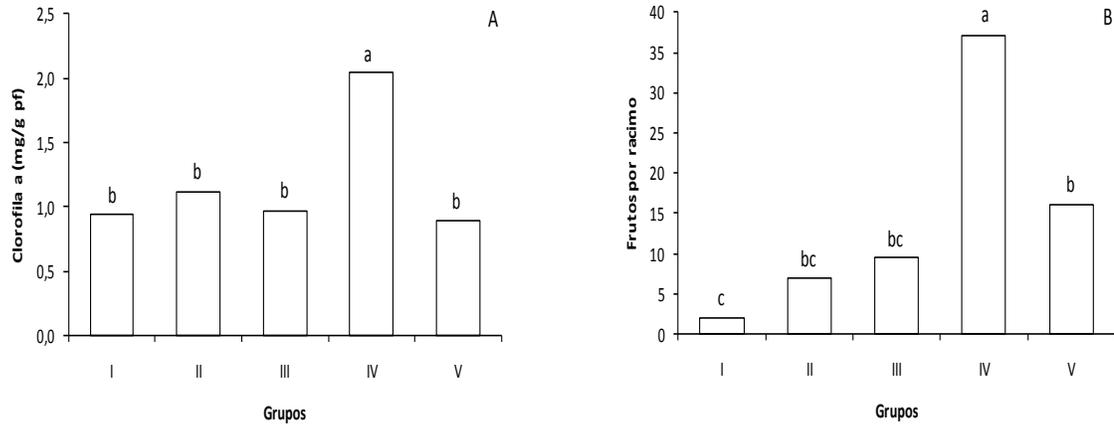
En cuanto al número de frutos por racimo el grupo IV superó estadísticamente al grupo V y ambos superaron al grupo I (Figura 3.8B). En el grupo IV, por la cantidad de frutos en cada racimo su longitud supera a las demás zarzamoras evaluadas. Este material ubicado en el estado de Veracruz destaca de los demás por sus diferentes caracteres analizados en el presente estudio.



**Figura 3.6. Longitud de espinas (A), número de espinas en nervadura (B) y distancia entre espinas en pecíolo (C) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**



**Figura 3.7. Longitud de pecíolo (A), número de espinas en pecíolo (B), longitud de peciolulo (C) y número de espinas en peciolulo (D) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**



**Figura 3.8. Clorofila a (A) y frutos por racimo (B) en cinco grupos formados por 24 colectas de zarzamora silvestre, en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz (misma letra dentro de grupos son estadísticamente iguales, Tukey  $P \leq 0.05$ ).**

### CONCLUSIONES

Con base en las evaluaciones realizadas en el presente estudio, se formaron cuatro grupos de zarzamora silvestre y un grupo con los cultivares Brazos y Tupi.

Los caracteres que mayor variabilidad representaron para el Componente Principal 1 fueron porte de la planta, diámetro de brotes, número de espinas en peciolulo, longitud de peciolulo, número de espinas en pecíolo, longitud de pecíolo, frutos por racimo; para el Componente Principal 2 son número de nudos, largo de espinas, número de nervaduras izquierdas; para el Componente Principal 3 son número de folíolos por hoja, número de espinas en nervadura principal, distancia promedio entre espinas en pecíolo y clorofila a.

El grupo I representa a los materiales de porte rastrero, y las zarzamoras silvestres de los grupos III y V son materiales intermedios con frutos utilizados para consumo local.

Los cultivares Brazos, Tupi; así como un material silvestre destacan por el diámetro de brotes, número de folíolos por hoja, tamaño de las espinas y longitudes de pecíolos y peciolulos.

Por las características morfológicas de la planta no existe una diferencia marcada de las zarzamoras silvestres desarrolladas en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

No existe diferencia en cuanto a las características morfológicas de las zarzamoras silvestres desarrolladas en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz.

#### **LITERATURA CITADA**

A.O.A.C (Association of Official Agricultural Chemist. 1990. Official Methods Analysis. Washington. D.C. 1015 p.

Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annual Review of Plant Physiology 28: 355-377.

Castillo M., L. E. 2007. Introducción al SAS para Windows. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 295 p.

Cretti L. 1986. Bayas y Frutos Silvestres. Dorki (trad). Daimon Barcelona, España. 120 p.

- García E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Tercera edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 252 p.
- Granados S., D.; R. Tapia V. 2002. Comunidades vegetales. Dirección General Difusión Cultural y Servicios. Serie de Agronomía No. 19. Universidad Autónoma Chapingo. México. 235 p.
- Johnson-Dallas, E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. D. F., México. 566 p.
- Livera M., M.; T. A. Lagunes. 1999. La zarzamora y la frambuesa: cultivos para agronegocios rentables generadores de empleo. pp: 1- 4. *In:* Curso de Capacitación para Productores de Zarzamora y Frambuesa de la Delegación Cuajimalpa de Morelos, D. F.
- Martínez-Laborde, J. 2001. Flora silvestre y conservación de recursos fitogenéticos. pp: 143-158. *In:* Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés, F.; Pita Villamil, J.M. (eds.). Publicaciones I.N.E.A. Distribuido por Mundi–Prensa. Valladolid, España.
- Moore, J. N.; R. M. Skirvin. 1990. Blackberry Management. pp: 214-244. *In:* Small Fruit Crop Management. G. J. Galleta, D.G. Himelrick (eds.) Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.
- Ourecky K., D. 1993. Zarcas. pp: 123-161. *In:* Avances en la genotecnia de frutales. J. N. Moore y J. Janick (eds). AGT Editor. J. Rodríguez A. (trad.). México.

- Peitersen, A. K. 1921. Blackberries of New England: genetic status of the plants. Vt. Agric. Exp. Stn. Bull. 218 p.
- Rzedowski J. 1994. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México. 432 p.
- Salisbury B., F.; C. W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. V. González V. (trad.). México. 758 p.
- SEMARNAP (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadística Ambiental. México. 275 p.
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2007. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Zarzamora. Ginebra. 30 p.
- Wilson L., C.; W. E. Loomis. 1968. Botánica. Cuarta edición. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. Irian L. de Coll (trad.). México. pp: 34.

## **DISCUSIÓN GENERAL**

México es uno de los países megadiversos del mundo. Tiene cinco de las ocho principales biomas terrestres y uno de los ensambles de diversidad del ecosistema más rico del planeta. Se estima que tiene entre el 10 y 12% de todas las especies a nivel global; esto en un área que representa tan sólo 1.5% del total del área del planeta (FAO, 2009a). La gran diversidad biológica se debe a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas, que presentan una

amplia gama de variación y combinaciones, generando un mosaico de nichos ecológicos. Sin embargo, se pierden entre 600 y 700 mil hectáreas de vegetación al año. Por cada especie vegetal que se extingue, se arrastra al mismo final entre 10 y 15 de organismos vivos, ya sean insectos, animales u otras plantas (Rzedowski, 1994).

El clima mundial está cambiando. Las temperaturas en aumento y los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, al igual que los cambios en las precipitaciones y en la frecuencia y gravedad de los eventos climáticos extremos, son sólo algunos ejemplos de los cambios que se están dando (FAO, 2009b). Estos cambios están impactando en los ecosistemas del mundo y se calcula que la magnitud de éstos crecerá a la par de las temperaturas, durante todo el siglo. Muchas especies y ecosistemas posiblemente no se adaptarán a los efectos del calentamiento mundial y a las alteraciones correspondientes (tales como inundaciones, sequías, fuegos arrasadores y brotes de insectos) agravadas por otros factores de estrés, a saber; cambios en las prácticas de utilización de tierras, sobreexplotación de los recursos, contaminación y fragmentación de los sistemas naturales. Si la temperatura promedio del mundo aumenta más de 1.5 °C a 2.5°C, se calcula que del 20 al 30 % de las especies de plantas se expondría a enormes riesgos de extinción (IPCC, 2007). Estimaciones científicas prevén que para el año 2050 podrían haber desaparecido más de 60 mil especies vegetales (Rzedowski, 1994). Entre éstas, las plantas silvestres como parte de la biodiversidad planetaria, están expuestas a diversos factores que pueden amenazar su supervivencia (Martínez-Laborde, 2001).

En buena parte de la República Mexicana, la zarzamora silvestre, al igual que las demás especies, requieren de estudios de caracterización para obtener información acerca de su diversidad y en consecuencia conservarlas como un recurso fitogenético. Es así, que a lo largo de los transectos hechos para el presente estudio se han logrado identificar diferentes grupos de zarzamora silvestre; que van desde aquellas rastreras hasta erectas, y dentro de éstas algunas con características sobresalientes en hojas, semillas, fruto, espinas, flor y brotes. Desde aquellos materiales que se desarrollan en lugares boscosos (*Quercus* spp., *Alnus acuminata*) y húmedos a 1,400 msnm en el estado de Puebla y Veracruz, hasta los que se encuentran en zonas despejadas, pero resguardadas en barrancos, rocas y matorrales a 2,500 msnm; Ourecky (1975) y Cretti (1986), señalan que éstos usualmente se encuentran en los márgenes de los bosques, lugares desmontados y arroyos, con probabilidad de encontrarlos fuera de este intervalo altitudinal.

Estas especies relativamente distintas se han trasladado a diferentes localidades y los pájaros y la fauna han distribuido semillas sexuales y apomícticas, continuándose así un amplio programa de mejoramiento natural. La propagación vegetativa rápida a través de vástagos y acodos de punta han ayudado a la expansión y establecimiento rápido. El entrecruzamiento extensivo y varios niveles de ploidía, el acoplado con la respuesta fenotípica altamente variable para establecerse y otros factores dirigidos por taxónomos para compilar descripciones extensivas de las supuestas especies diferentes en las distintas localizaciones. En muchos casos al mismo tipo se designaron nombres específicos o se aplicó el mismo nombre a formas completamente

diferentes. Igualmente ahora no hay un criterio o argumento para distinguir especies estrechamente relacionadas (Ourecky,1975).

La domesticación de especies silvestres para su utilización, requiere de un estudio exhaustivo de la biodiversidad existente en las poblaciones naturales, con el objetivo de identificar aquellas que mejor se adapten al cultivo. Por lo que este estudio no podía basarse en un número reducido de caracteres, sino que debe analizarse un amplio rango de ellos. Esta diversidad genética puede estudiarse utilizando caracteres morfológicos, generalmente cuantitativos (González–Andrés, 2001b). Para el caso de los estudios morfológicos y bioquímicos realizados en la Sierra Nororiente de Puebla, Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz se utilizaron 53 caracteres, y sólo 34 de ellos resultaron ser los que mostraron la mayor variabilidad de las 61 Unidades Básicas de Caracterización y 2 accesiones de variedades cultivadas.

Los caracteres exhibidos representan por un lado, avances para futuros trabajos de caracterización en zarzamora, debido a que contienen mayor variación que las listas de descriptores establecidos para variedades cultivadas (UPOV, 2007) y por lo mismo se están incluyendo en el presente estudio, y por otro lado, muestran una valiosa fuente de recursos fitogenéticos. La conformación de cinco grupos de zarzamora silvestre y el grupo de variedades mejoradas dan cuenta de la diversidad que existe en esta parte de la República Mexicana.

Sin marcar el total de caracteres discriminantes en este estudio, tenemos aquellos que destacan en la planta por su interés agronómico (González–Andrés, 2001a), como porte de la planta, número de folíolos por hoja, longitud

de pecíolo, contenido de clorofila, peso promedio por semilla, peso total de semillas por fruto, forma del fruto, peso por fruto, frutos por racimo, número de drupeólas, longitud de racimo, longitud de espina, número de espinas en pecíolo, número de espinas en nervadura principal, peso de pulpa, porcentaje de pulpa, ácido cítrico, ácido málico, sólidos solubles totales, sabor, pH y antocianinas.

A pesar de que se encuentran interactuando con individuos de la misma o diferentes especies y sometidos a cambios ambientales que afectan su subsistencia, siguen manteniendo características importantes; por ejemplo, se identificaron aquellos materiales con hábito de crecimiento vigoroso y erectos, que se encuentran en zonas altas con cambios de temperatura contrastante, o también frutos atractivos de forma simétrica con semillas pequeñas y una gran cantidad de frutos por racimo, frutos de buen sabor con contenidos de antocinainas que superan a las variedades de zarzamoras silvestres, que con un poco de manejo presentaron frutos que casi igualan en tamaño a la variedad Brazos. A pesar de que no se evaluó la respuesta al manejo mecánico del fruto en poscosecha, destacan los frutos de un grupo de zarzamoras silvestres por su prolongada vida de anaquel; se encontraron materiales con espinas delgadas y pequeñas. Es casi seguro que los materiales aquí evaluados presenten resistencia a plagas y enfermedades, debido a que prosperan perfectamente en lugares con temperatura y humedad relativa altas. Es un hecho que son recursos fitogenéticos con una fuente insustituible de características, como la adaptación a condiciones ambientales, la resistencia a enfermedades y plagas, la calidad nutritiva y la productividad (Iriondo,2001), a los cuales valdría

la pena protegerlos y hacer un uso responsable de esta especie. Sin embargo, las plantas que surgen espontáneamente en un campo se consideran generalmente una molestia, porque compiten con las cultivadas por los elementos nutritivos del suelo y la luz. Estas malezas son destruidas, olvidadas o toleradas, si se hace muy difícil erradicarlas. Algunas malezas ocasionalmente se transforman en plantas de cultivo si se les considera suficientemente útiles para guardar su semilla o sus estacas para la siembra (Plucknett *et al.*, 1992). Estas zarzamoras para sobrevivir se enfrentan a un doble problema; por un lado se pierden debido a la deforestación, uso del suelo para las construcciones, calentamiento, desertificación y contaminación, entre otros; y por el otro lado, son eliminadas directamente, debido a que se consideran malezas incómodas por la presencia de espinas, inclusive en aquellas de las que se aprovecha el fruto para consumo local.

### **CONCLUSIONES GENERALES**

Del estudio morfológico y bioquímico de zarzamora silvestre en la Sierra Nororiente de Puebla se concluye con la conformación de cinco grupos de zarzamora silvestre, siendo los caracteres de hojas, frutos y espinas los mayormente discriminantes.

Del estudio de fruto y planta en la Sierra Norte de Puebla y Sierra Centro de Veracruz se concluyó con la conformación de cinco grupos de zarzamoras silvestres y un grupo de las variedades cultivadas. Los cultivares Brazos y Tupi destacan por sus caracteres de fruto.

Las características bioquímicas de los frutos se encuentran afectadas por las regiones de estudio; pero no para las características morfológicas de la planta.

### LITERATURA CITADA

Borys, M. W.; Leszyńska-Borys, H. 2001. El Potencial Frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Toluca, Edo. de México. México. 99 p.

Bramardi S., J. 2002. Análisis multivariado. Su aplicación en la caracterización de recursos genéticos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Conahue, Estación Experimental INTA. Argentina. 60 p.

Cajuste B., J.; L. López L.; J. Rodríguez A.; M. I. Reyes S. 1994. Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus* spp.). pp: 1-5. *In*: Memoria de Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Montecillo, Texcoco, México.

Cretti L. 1986. Bayas y Frutos Silvestres. Dorki (trad). Daimon Barcelona, España. 120 p.

Johnson-Dallas, E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. D. F., México. 566 p.

Darrow, G. M. 1967. The cultivated raspberry and blackberry in North America: breeding and improvement. American Horticulture Magazine. 46: 203 -218.

- De la Tejera H., B.; L. Ochoa F. 2004. La zarzamora ante los retos productivos, del mercado y del desarrollo local. Universidad Autónoma Chapingo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 175 p.
- Enríquez G. 1991. Descripción y evaluación de los recursos genéticos. pp: 116-160. *In: Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales.* Castillo R, Estrella J, Tapia C (eds). Editorial Porvenir. Quito Ecuador.
- Esquinas-Alcázar, J. T. 1993. Plant Genetic Resource. Plant Breeding: Principles and Prospects. Hayward M D, Bosemark N O, Romagosa I (eds). Chapman and Hall. 550 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009a. La FAO en México, más de 60 años de cooperación, 1945-2009. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Representación en México. 368 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009b. Los Cambios Climáticos en la Sanidad Forestal. Sanidad y Bioseguridad Forestal. Documento de trabajo FBS/34S. Roma Italia. 42 p.
- Frankel, O. H.; J. Hawkes G. (eds.). 1975. Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow. Cambridge University Press. pp: 449-482.

- Galleta, G.; C. Violette. 1989. The Brambles. pp: 3 – 8. *In*: Brambles Production Guide. M Pritts, D. Handley (eds). Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, New York, E.U.
- González-Andrés, F. 2001a. Caracterización vegetal: objetivos y enfoques. pp: 189-198. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés F, Pita Villamil J. M. (eds). Publicaciones I.N.E.A. Mundi–Prensa. Valladolid, España.
- González-Andrés, F. 2001b. Caracterización morfológica. pp: 199-217. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés F., Pita Villamil J. M. (eds). Publicaciones I.N.E.A. Mundi–Prensa. Valladolid, España.
- Hair, J. F.; Anderson R. E.; Tatham R. L.; Black W. C. 1992. Multivariate data analysis. MacMillan Publ. Co. Nueva York. 544 p.
- Hawkes, J. G. (eds.). 1991. Genetic Conservation of World Plants. Academic Press. 87 p.
- Hedrick, U. P. 1925. The small fruits of New York. J. B. Lyon, Albany, N. Y. 578 p.
- Heywood, V. 1995. Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme (UNEP). Cambridge University Press. 1140 p.
- Hidalgo R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. pp: 2-26. *In*: Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de

recursos filogenéticos. T. L. Franco, R. Hidalgo (eds). Boletín Técnico No 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. IPGRI.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. Summary for Policymakers. *In*: parry, M. L., Canziani, O. F., palutikof, J. P., van der Linden, P. J. y Hanson, C. E., eds. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp: 7-22. Cambridge University Press, Cambridge, RU.

Iriondo A., J. M. 2001. Conservación de recursos fitogenéticos pp: 15-31. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés F., Pita Villamil J. M. (eds). Publicaciones I.N.E.A. Mundi-Prensa. Valladolid, España.

IUCN. 1980. World Conservation Strategy. IUCN/UNEP/WWF. 445p.

López M., J. 2009. Producción forzada de frutillas en México. pp: 15 – 20. *In*: II Simposium Nacional de Producción Forzada de Frutales y I Curso de Producción Forzada en Frutillas y Durazno. Programa de Fruticultura. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México.

Martínez-Laborde, J. 2001. Flora silvestre y conservación de recursos fitogenéticos. pp: 143-158. *In*: Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. González-Andrés F., Pita Villamil J. M. (eds). Publicaciones I.N.E.A. Mundi-Prensa. Valladolid, España.

- Moore, J. N.; R. M. Skirvin. 1990. Blackberry Management. pp: 214-244. *In*: Small Fruit Crop Management. Galleta G. J., D. G. Himelrick (eds). Englewood Cliffs, New Jersey, E.U..
- Muratalla L., A.; M. Livera M.; M. A. Galindo R. 1999. Establecimiento y manejo del cultivo de la zarzamora (*Rubus* spp). Curso de Capacitación para Productores de Zarzamora y Frambuesa de la Delegación Cuajimalpa de Morelos, Distrito Federal. Cuajimalpa de Morelos, D.F. México. pp: 1-4.
- Nieto–Angel, R.; Borys M. W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp) en México, pp: 309-324. *In*: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México. Ortega P. R., G. Palomino H., F. Castillo G, V. A. González H., M. Livera M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI), Chapingo, México.
- Ourecky, D. K. 1975. Brambles. pp: 98-129. *In*: Advances in Fruit Breeding. J Janick, J N Moore (eds). Purdue Univ. Press, W. Lafayette, IN.
- Phipps, J. B. 1997. Monograph of northern mexican *Crataegus* (*Rosaceae* subfam. Maloideae). SIDA Botanical Miscellanny. 15: 1-94.
- Pla L., E. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. 94 p.
- Plucknett L., D.; J. T. Williams.; N. J. H. Smith.; N. M. Anishetty. 1992. Los bancos genéticos y la alimentación mundial. Instituto Interamericano de

- Cooperación para la Agricultura. Centro Internacional de Agricultura Tropical. San José. Costa Rica. 255 p.
- Reid, W. V.; Miller K. R. 1989. Keeping Options Alive. The Scientific Basis for Conserving Biodiversity. World Resource Institute. 128 p.
- Reyes C., J. 2010. Variedades silvestres de zarzamora presentan una mayor actividad antioxidante que las cultivadas. Boletín de SOMEFI. (<http://www.somefi.org/boletin/boletin.htm>.)
- Rieger, M. 2006. Blackberries and raspberries (*Rubus* spp.). Introduction to fruit crop. University of Georgia. pp: 89-103.
- Rzedowski J. 1994. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México. 432 p.
- SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadera, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). Anuario Estadístico. Producción Agrícola. México. pp: 238-239.
- Swanson, T. 1996. Global values of biological diversity: the public interest in the conservation of plant genetic resources for agriculture. Plant Genetic Resources Newsletter 105:1-7.
- Todeschini, R.; Billabio D.; Manganaro A.; A. Mauri. 2009. Canonical measure of correlation (CMC) and canonical measure of distance (CMD) between sets of data. Part 1. Theory and simple chemometric applications. Analytica Chimica Acta 648: 52-59.

- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).  
2007. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la  
homogeneidad y la estabilidad. Zarzamora. Ginebra. 30 p.
- Wrolstad, E. R.; Calberston D. J.; Nagaki A. D. 1980. Sugars and volatile acids  
of blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp: 553-558.
- Zagaja W., S. 1988. Exploración de recursos genéticos. pp: 3 – 12. *In: Métodos  
genotécnicos en frutales*. J. N. Moore y J. Janick (eds). AGT Editor. Raúl  
Mosqueda Vázquez (trad.). México.