

## VARIACIÓN MORFOMETRICA DE FRUTO Y SEMILLA EN CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO *Vanilla*

### Morfometric variation of fruits and seed in four species of the genus *Vanilla*

<sup>1</sup>\*Delfino Reyes-López, <sup>2</sup>Álvaro Flores-Jiménez, <sup>3</sup>Manuel Huerta-Lara, <sup>4</sup>Henry Arturo Kelso-Bucio, <sup>5</sup>Carlos Hugo Avendaño-Arrazate, <sup>6</sup>Ricardo Lobato-Ortiz, <sup>2</sup>Agustín Aragón-García, <sup>2</sup>Jesús Francisco López-Olguín

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Dom. Con. San Juan Acateno, Teziutlán Puebla, México.

<sup>2</sup>Posgrado en Manejo sostenible de Agroecosistemas. Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

<sup>3</sup>Departamento universitario para el desarrollo sustentable del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

<sup>4</sup>Productos Agropecuarios KEBU, S.A. San Félix, Chiriquí, Panamá.

<sup>5</sup>INIFAP- Campo experimental Rosario Izapa.

<sup>6</sup>Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad y Genética, Colegio de Postgraduados.

\*delfino\_reyes2001@yahoo.com.mx

**Artículo recibido:** 31 de mayo de 2013, **aceptado:** 16 de junio de 2014

**RESUMEN.** El presente trabajo tuvo como objetivo la caracterización morfológica del fruto y semilla en cuatro especies del género *Vanilla* correspondientes a *Vanilla planifolia* G. Jackson, *Vanilla insignis* Ames, *Vanilla inodora* Schiede y *Vanilla pompona* Schiede, dentro de *V. planifolia* G. Jackson se consideró ocho clones. El material biológico utilizado fue tomado del banco de germoplasma de vainilla de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Para el análisis de resultados se utilizaron análisis de correlación, análisis de componentes principales y de agrupamiento. Los caracteres morfológicos más discriminantes de semilla fueron: Perímetro, diámetro feret, eje radial, longitud del hilio e índice de compactación (primer componente principal). Área de zona placentaria del fruto, grosor del fruto, y relación longitud/grosor del fruto (segundo componente principal). Ángulo superior de semilla, relación área de zona placentaria/área del mesocarpio del fruto, relación ángulo inferior/ángulo superior de semilla (tercer componente principal). Los tres componentes principales acumularon 80 % de la variación total. Se logró la separación entre las diferentes especies y clones de vainilla en cuatro grupos bien definidos, lo que indica que existe variabilidad morfológica en fruto y semilla entre especies y clones que pueden ser útiles para la discriminación y diferenciación del germoplasma de vainilla.

**Palabras clave:** Acceso, caracterización, conservación, germoplasma, vainilla.

**ABSTRACT.** The objective of the present work was the morphometric characterization of the fruit and seed in four species of the genus *Vanilla* for *Vanilla planifolia* G. Jackson, *Vanilla insignis* Ames, *Vanilla inodora* Schiede and *Vanilla pompona* Schiede, within *V. planifolia* G. Jackson is considered eight clones. The biological material used was taken from the genebank of vainilla from the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Mexico. For the analysis of results were used for correlation analysis, principal component analysis and clustering. The morphometric characters more discriminants of seed were: Perimeter, Feret diameter, radial axis, and the length of the hilum and compaction index (first principal component). Placental zone area of the fruit, thickness of the fruit, and relationship length /thickness of the fruit (second principal component). Upper Corner of seed, relationship area of placental zone/area of the mesocarp of the fruit, relationship angle lower/upper corner of seed (third principal component). The three main components accumulated 80 % of the total variation. The separation between the different species of vanilla and clones in four well-defined groups, indicating that there is variability morphometrics in fruit and seed between species and clones that can be useful for discrimination and differentiation of the germplasm of vanilla.

**Key words:** Accession, characterization, conservation, germplasm, vanilla.

## INTRODUCCIÓN

El género *Vanilla* comprende más de 100 especies que se distribuyen en los climas tropicales del mundo (Purseglove et al. 1981, Arditti 1992, Cameron et al. 1999). Sin embargo, la especie *planifolia* G. Jackson que es la más demandada en la industria es considerada originaria de México y Centro América (Portéres 1954, Soto 1999, Lubinsky et al. 2008). En México específicamente de la zona denominada el Totonacapan que comprende varios municipios de los estados de Veracruz y Puebla aunque también se siembra en los estados de Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, San Luis Potosí e Hidalgo (Cipagauta y Sánchez 1979). En la actualidad los principales países productores son Madagascar, Indonesia, China, Comores entre otros, aun cuando la vainilla se le considera originaria de México su contribución a nivel mundial en la producción es del uno por ciento (Hernández et al. 2010). La vainilla (*V. planifolia* G. Jackson), es considerada uno de los aromatizantes más importantes del mundo por su demanda en la industria alimenticia, licorera, farmacéutica, cosmética, tabacalera, y artesanal (ASERCA 2002). El cultivo de vainilla en México está muy ligada a la cultura Totonaca ya que está relacionada con leyendas, rituales y tradiciones culturales, se le conoció con diferentes nombres según la cultura prehispánica que la utilizaba, así los totonacas le llamaron Xahnat, los aztecas Tlilxochitl, que significa flor negra y Cizbiques por los Mayas (Jones 1983, Soto y Dressler 2010) y fueron los españoles que le dieron el nombre de vainilla por ser el diminutivo de una vaina, también fueron ellos quienes difundieron el cultivo a diferentes partes de mundo (Hágsater et al. 2006). Los tipos de vainilla que se reportan en México son: *Vanilla cribbiana* Soto Arenas (roed), *V. hameri* Soto Arenas (roed), *V. inodora* Schiede, *V. insignis* Ames, *V. odorata*, *V. perpleja* Soto Arenas, *V. phaeantha*, *V. planifolia* G. Jackson, *V. pompona* Schiede y una especie recién descubierta, muy similar a *V. planifolia*, *V. Sp.* M. Soto 8355 (Soto 2003). La diversidad genética que existe en México representa 6 % de la diversidad a nivel mundial (Soto y Cribb 2010, Soto y Dressler 2010).

Los productores reconocen los tipos de vainilla con sinonimias locales como vainilla mansa, cimarrona, colibrí, tlapeusco, rayada, acamaya, etc., así una especie puede ser nombrada con diferentes nombres locales por ejemplo la vainilla colibrí es aplicado para nombrar a *V. planifolia* G. Jackson y también a *V. odorata* Presl, *V. pompona* Schiede en algunos lugares de Oaxaca es llamada oreja de burro que es un cultivar de *V. planifolia* G. Jackson (Lubinsky et al. 2008). Esto ha generado confusión taxonómica entre especies y clones de vainilla. Dentro de las especies reportadas existen clones que se pueden diferenciar por sus características morfológicas como oreja de burro y mansa que pertenecen a la especie *planifolia* G. Jackson y presentan características morfológicas y fenológicas que permiten separarlas claramente en dos tipos diferentes (Castillo y Engleman 1993). Sin embargo, aun no se conoce con exactitud los tipos de clones que podrían haber dentro de las especies reportadas para México debido a que no se han realizado estudios al respecto (Soto 2006), es por eso que la presente investigación tuvo como objetivo, caracterizar de manera morfológica el fruto y semilla en cuatro especies de vainilla que se desarrollan en México. Considerando que estos órganos de la planta pueden dar conocimientos de variabilidad enética para discriminar y separar especies y clones de vainilla, con la finalidad de conocer el material biológico del banco de germoplasma, elaborar descriptores y diferenciar accesiones potenciales para el mejoramiento genético. La caracterización morfológica de un vegetal puede estar basada en caracteres cualitativos o cuantitativos, dentro de los cuantitativos, los que consisten en medidas reciben el nombre de morfométricos (González 2001). Son diversos los autores que reportan la utilización de fruto y semilla para caracterizar especies como: Nieto et al. (1997, 2009) y Núñez et al. (2009) que han trabajado en *Crataegus mexicana*. González y Ortiz (1995) en *Cytisophyllum*, *Cytisus*, *Chamaecytisus* and *Genista*. González et al. (1999) en el género *Medicago*. Andrés et al. (2004) en Chirimoyo. Castañon et al. (2010) en *Capsicum spp.* En estos trabajos, utilizaron metodologías que permitieron separar cultivares, conocer la variabilidad

morfométrica entre especies y diferenciar germoplasma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la presente investigación, se utilizó material biológico del banco de germoplasma de vainilla de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, el cual está ubicado en el municipio de Tenampulco, que se localiza en la parte nororiental del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 10° 08 30 y 20° 14 54 de Latitud Norte y los meridianos 97° 20 00 y 97° 30 00 de Longitud Oeste, se encuentra a 210 m.s.n.m., presenta un clima cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano. El municipio de Tenampulco colinda al norte con el estado de Veracruz, al este con el municipio de Hueytamalco y Ayototco de Guerrero al sur con Cuetzalán del Progreso y al oeste con Jonotla (INEGI 2006).

El material biológico utilizado fueron frutos maduros de 11 accesiones (Tabla 1), conservados de manera ex situ en el banco de germoplasma de vainilla de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Las accesiones provinieron de los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca las cuales corresponden a cuatro especies de Vainilla (*V. planifolia* G. Jackson, *V. pompona* Schiede, *V. inodora* Schiede y *V. insignis* Ames).

Para la caracterización se digitalizaron los frutos y sus cortes transversales en un escáner HP6310 y con el programa de analizador de imágenes Image Tool versión 2.1. Se midieron los caracteres evaluados, excepto peso de capsulas que se midió en forma manual. Se tomaron tres capsulas maduras con tres repeticiones, se consideraron 13 variables como: peso de capsula (PC), longitud (L), ancho (A), grosor (G), longitud del perianto (LP), área de la zona placentaria (AP), área del mesocarpio (AM), relaciones entre longitud ancho (L/A), longitud-grosor (L/G), peso-longitud (PC/L), peso-ancho (PC/A), peso-grosor (PC/G), área de la zona placentaria- área del mesocarpio (AP/AM).

Para la caracterización de semilla se tomaron las imágenes con una cámara moticom 2300 acoplada a un microscopio Leica DM750 con el ob-

jetivo 100x. Las mediciones se realizaron con el programa Motic Images plus 2.0 ML. Se tomaron 20 semillas con tres repeticiones en cada accesión, se consideraron 13 variables como: eje longitudinal (EL), eje radial (ER), ángulo inferior (ANI), ángulo superior (ANS), área (AS), longitud del hilio (LF), perímetro (PS). Para calcular el índice de redondez (IR) se utilizó la fórmula:

$$[(4\pi \text{ área})/\text{perímetro}^2] \text{ (Andrés et al. 2003)}$$

y para el diámetro feret (DF), se utilizó la fórmula

$$DF = \sqrt{\frac{4 \times \text{área}}{\pi}}$$

y para el índice de compactación (IC)

$$IC = \sqrt{\frac{(4 \times \text{área}) \times \text{longitud de eje mayor}}{\pi}}$$

López et al. (2008).

Se obtuvieron las relaciones entre eje longitudinal - eje radial (EL/ER), ángulo inferior - ángulo superior (ANI/ANS), área - perímetro (AS/PS). Las características morfométricas y su escala de medición se presentan en la Tabla 2. Se realizó análisis de varianza y prueba de medias (Tukey, 0.05), considerando un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Con los datos se diseñó una matriz donde se obtuvo análisis de correlación de Pearson entre las variables, los datos se sometieron a un análisis de componentes principales siguiendo el procedimiento de estandarización de datos para reducir efectos de diferentes escalas de medición, restando a cada valor el promedio de cada variable y dividiendo el resultado por la desviación estándar del mismo. Se calculó una matriz de similitud y disimilitud entre las accesiones basada en el coeficiente de distancia taxonómica media que es utilizada para caracteres cuantitativos (González 2001), así mismo se realizó la proyección de las accesiones en un diagrama dimensional. Se realizó el agrupamiento de las accesiones mediante el método UPGMA (Unweigh pair-group method using arithmetic averages). Los análisis estadísticos de componentes principales y de agrupamiento se

**Tabla 1.** Material biológico utilizado para la caracterización morfométrica de fruto y semilla de cuatro especies de Vainilla.

**Table 1.** Biological material used for morphometric characterization of fruit and seed in four species of Vainilla.

Accesión	Especie	Procedencia
31	V. inodora	Margaritas, Puebla
120	V. pompona	Tehuacán, Veracruz
77	V. insignis	Ayutla, Oaxaca
130	V. planifolia clon 1	Primero de mayo, Veracruz
131	V. planifolia clon 2	Primero de mayo, Veracruz
132	V. planifolia clon 3	Ixtacuaco, Veracruz
133	V. planifolia clon 4	Ixtacuaco, Veracruz
134	V. planifolia clon 5	Ixtacuaco, Veracruz
135	V. planifolia clon 6	Tlaxiaco, Oaxaca
36	V. planifolia clon 8	San Rafael, Veracruz
40	V. planifolia clon 7	Tenampulco, Puebla

**Tabla 2.** Características morfométricas evaluadas en cuatro especies de vainilla .

**Table 2.** Morphometric characteristics evaluated in four species of Vainilla.

	Característica	Clave	Escala de medición
Fruto	Peso de capsula	PC	Gramo (g)
	Longitud	L	Centímetro (cm)
	Ancho	A	Centímetro (cm)
	Grosor	G	Centímetro (cm)
	Longitud del perianto	LP	Centímetro (cm)
	Área de zona placentaria	AP	Micra ( $\mu\text{m}$ )
	Área de mesocarpio	AM	Micra ( $\mu\text{m}$ )
	Longitud/ancho	L/A	Centímetro (cm)
	Longitud/grosor	L/G	Centímetro (cm)
	Peso/longitud	PC/L	Gramo/Centímetro (g)/(cm)
	Peso/ancho	PC/A	Gramo/Centímetro (g)/(cm)
	Peso/grosor	PC/G	Gramo/Centímetro (g)/(cm)
	Área de zona placentaria/Área de mesocarpio	AP/AM	Micra ( $\mu\text{m}$ )
	Semilla	Eje longitudinal	EL
Eje radial		ER	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Ángulo inferior		ANI	Grados (°)
Ángulo superior		ANS	Grados (°)
Área		AS	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Longitud del hilio		LF	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Perímetro		PS	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Índice de redondez		I R	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Diámetro feret		D F	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Índice de compactación		I C	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Eje longitudinal/eje radial		EL/ER	Micra ( $\mu\text{m}$ )
Ángulo inferior/ángulo superior		ANI/ANS	Grados (°)
Área/perímetro		AS/PS	Micra ( $\mu\text{m}$ )

realizaron con ayuda del programa NSTYS -pc Ver. 2.1 (Rohlf 2000).

## RESULTADOS

### Caracterización de fruto

Para *V. planifolia* G. Jackson, los resultados indican que las accesiones 130 y 131 son los que presentaron mayor peso con 23.8 y 23.36 g/capsula, respectivamente, seguido por la accesión 40 con 21.6 g/capsula. Las accesiones 135, 132, 36 y 134 presentaron valores intermedios con 21.06, 20.38, 19.06 y 18.7 g/capsula, respectivamente y fue la accesión 133 quien presentó el menor peso con 17.12 g/capsula. En relación a la longitud del fruto se encontró que la accesión 130 es el que tiene mayor longitud por presentar 20.4 cm, seguidos por las accesiones 40, 135, 131, y 134 que presentaron valores intermedios, las accesiones con menor longitud fueron la 36, 132, y 133 con valores entre 16.3 y 17 cm. (Tabla 3). En las formas de las capsulas también se presentaron diferencias morfológicas ya que la accesión 36 presenta una forma ligeramente curva, la accesión 40 presenta forma lineal y se diferencia de las demás debido a que del pedúnculo hacia el ápice de fruto aproximadamente a la mitad es más delgada en comparación con la segunda mitad donde el fruto se hace más ancho, esta misma característica se nota en las accesiones 135 y 133 a diferencia que la parte más delgada se presenta en el primer tercio del fruto del pedúnculo al ápice, los demás clones presentan una uniformidad en grosor y forma, otra de las características distintivas en las capsulas es la curvatura del pedúnculo ya que en las accesiones 133, 131 y 40 es más pronunciada que en las demás accesiones (Figura 1).

Al realizar cortes transversales en los frutos (Figura 2), se encontró que en todas las accesiones se observa una forma trigonal. Sin embargo, en la zona de la placenta la mayoría presenta una forma triangular con tres vértices bien definidos. Las áreas del mesocarpio y zona placentaria fueron variables, para el mesocarpio los valores más altos se presentaron en las accesiones 130 y 40 con 0.917 y 0.866 cm<sup>2</sup> respectivamente, las accesiones 135, 131, 132, 133 y 134 presentaron valores intermedios de 0.574

a 0.615 cm<sup>2</sup>, y fue la accesión 36 quien presentó el valor más bajo con un área de 0.382 cm<sup>2</sup>, en relación al área de zona placentaria, al igual que el área del mesocarpio fueron la accesión 130 y 40 las que presentaron los mayores valores con 0.6 y 0.591 cm<sup>2</sup>, las accesiones 36, 135 y 134 presentaron valores intermedios de 0.410 a 0.426 cm<sup>2</sup>, y fueron las accesiones 131, 132 y 133 los que presentaron los valores más bajos con 0.382 a 0.394 cm<sup>2</sup>. Los resultados encontrados en las accesiones de *V. planifolia* G. Jackson evidenciaron que se pueden separar clones, debido a que se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).



Figura 1. Frutos (Capsulas) de cuatro especies de vainilla.

Figure 1. J. Fruits (capsules) of four species of vanilla.



Figura 2. Cortes transversales de frutos (capsulas) de cuatro especies de vainilla.

Figure 2. Cross sections of fruit (capsules) of four species of vanilla.

**Tabla 3.** Prueba de medias para la caracterización morfológica de fruto en cuatro especies de vainilla.

**Table 3.** Test averages for the morphological characterization of fruit in four species of vainilla.

Accesión	PC	L	A	G	LP	AP	AM
31	19.80 <sup>cd</sup>	16.30 <sup>e</sup>	0.90 <sup>d</sup>	0.80 <sup>e</sup>	3.60 <sup>d</sup>	0.31 <sup>d</sup>	0.34 <sup>c</sup>
120	19.35 <sup>de</sup>	14.80 <sup>g</sup>	1.98 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>	14.80 <sup>a</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.86 <sup>a</sup>
77	21.31 <sup>b</sup>	15.60 <sup>f</sup>	1.72 <sup>abc</sup>	1.52 <sup>bc</sup>	4.60 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>	0.68 <sup>b</sup>
130	23.88 <sup>a</sup>	20.40 <sup>a</sup>	1.82 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>ab</sup>	3.10 <sup>f</sup>	0.40 <sup>c</sup>	0.60 <sup>b</sup>
131	23.36 <sup>a</sup>	19.50 <sup>b</sup>	1.35 <sup>cd</sup>	1.42 <sup>bc</sup>	3.40 <sup>e</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.62 <sup>b</sup>
132	21.06 <sup>b</sup>	16.80 <sup>d</sup>	1.43 <sup>bc</sup>	1.38 <sup>c</sup>	2.90 <sup>f</sup>	0.43 <sup>c</sup>	0.64 <sup>b</sup>
133	17.12 <sup>f</sup>	16.60 <sup>de</sup>	1.45 <sup>bc</sup>	1.32 <sup>cd</sup>	3.20 <sup>f</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.13 <sup>d</sup>
134	18.70 <sup>e</sup>	18.40 <sup>c</sup>	1.42 <sup>bc</sup>	1.50 <sup>bc</sup>	3.50 <sup>de</sup>	0.39 <sup>cd</sup>	0.58 <sup>b</sup>
135	20.38 <sup>c</sup>	20.10 <sup>a</sup>	1.59 <sup>abc</sup>	1.29 <sup>cd</sup>	3.90 <sup>c</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.89 <sup>a</sup>
40	21.6 <sup>b</sup>	20.20 <sup>a</sup>	1.77 <sup>abc</sup>	1.67 <sup>ab</sup>	3.40 <sup>e</sup>	0.39 <sup>cd</sup>	0.58 <sup>b</sup>
36	19.06 <sup>e</sup>	17.02 <sup>d</sup>	1.52 <sup>bc</sup>	1.10 <sup>d</sup>	3.20 <sup>f</sup>	0.61 <sup>b</sup>	0.92 <sup>a</sup>
DMS	0.677	0.493	0.451	0.267	0.190	0.092	0.117

**Tabla 3.** Continúa.

**Table 3.** Continue.

Accesión	L/A	L/G	PC/L	PC/A	PC/G	AP/AM
31	18.11 <sup>a</sup>	20.38 <sup>a</sup>	1.21 <sup>cd</sup>	22.0 <sup>a</sup>	24.75 <sup>a</sup>	0.913 <sup>b</sup>
120	7.46 <sup>e</sup>	1.853 <sup>d</sup>	1.30 <sup>b</sup>	9.77 <sup>d</sup>	10.46 <sup>d</sup>	1.05 <sup>b</sup>
77	9.01 <sup>de</sup>	10.26 <sup>c</sup>	1.37 <sup>a</sup>	12.31 <sup>cd</sup>	14.02 <sup>bcd</sup>	0.93 <sup>b</sup>
130	11.366 <sup>cd</sup>	12.58 <sup>bc</sup>	1.17 <sup>de</sup>	13.30 <sup>cd</sup>	14.73 <sup>bcd</sup>	0.67 <sup>b</sup>
131	14.84 <sup>ab</sup>	14.06 <sup>bc</sup>	1.20 <sup>cd</sup>	17.78 <sup>b</sup>	16.85 <sup>bc</sup>	0.67 <sup>b</sup>
132	12.02 <sup>bcd</sup>	12.48 <sup>bc</sup>	1.25 <sup>bc</sup>	15.08 <sup>bc</sup>	15.66 <sup>bc</sup>	0.67 <sup>b</sup>
133	11.70 <sup>bcd</sup>	12.93 <sup>bc</sup>	1.03 <sup>g</sup>	12.0 <sup>cd</sup>	13.33 <sup>cd</sup>	3.39 <sup>a</sup>
134	13.27 <sup>bc</sup>	12.52 <sup>bc</sup>	1.02 <sup>g</sup>	13.49 <sup>cd</sup>	12.73 <sup>cd</sup>	0.67 <sup>b</sup>
135	12.88 <sup>bc</sup>	16.05 <sup>b</sup>	1.01 <sup>g</sup>	13.06 <sup>cd</sup>	16.27 <sup>bc</sup>	0.67 <sup>b</sup>
40	11.58 <sup>bcd</sup>	12.30 <sup>bc</sup>	1.07 <sup>fg</sup>	12.38 <sup>cd</sup>	13.15 <sup>cd</sup>	0.67 <sup>b</sup>
36	11.42 <sup>cd</sup>	16.14 <sup>b</sup>	1.12 <sup>ef</sup>	12.80 <sup>cd</sup>	18.08 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>
DMS	3.350	4.243	0.060	4.065	4.654	0.712

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS= diferencia mínima significativa. PC= peso de capsula (g), L= longitud (cm), A= ancho (cm), G= grosor (cm), LP= longitud del perianto (cm), AP= área de zona placentaria ( $\mu\text{m}$ ), AM= área de mesocarpio ( $\mu\text{m}$ ), L/A= relación entre longitud /ancho, L/G=relación entre longitud /grosor, PC /L= relación entre peso(g)/longitud(cm), PC/A= relación entre peso(g)/ancho(cm), PC/G= relación entre peso(g)/grosor(cm), AP/AM= relación entre área de zona placentaria/área de mesocarpio.

Para *V. pompona Schiede* (accesión 120) se encontró que el peso de la capsula es alrededor de 19.35 g/capsula, siendo menor que la mayoría de los clones de *V. planifolia G. Jackson*, su longitud fue de 14.8 cm, el cual se le puede considerar como un fruto corto en comparación a la *V. planifolia G. Jackson*. Sin embargo, el ancho y grosor son mayores que en las demás especies.

Para *V. insignis Ames* (Accesión 77) de

acuerdo al peso, longitud, ancho y grosor de las capsulas se pueden considerar intermedios en comparación a *V. planifolia G. Jackson* y *V. pompona Schiede* ya que presenta un peso de 21.31 g/capsula, y una longitud de 15.6 cm, resultados con lo que se infiere que son frutos cortos y pesados además ligeramente curvo y se marcan acanaladuras a lo largo del fruto dividiéndolo con tres caras más pronunciadas que en *V. planifolia G. Jackson* pero

menos que en *V. pompona Schiede*. En relación al corte transversal se puede observar tanto el pericarpio como en la zona placentaria una forma triangular no tan bien definida como en *V. planifolia G. Jackson* y sin presencia de las crestas como en *V. pompona Schiede*.

En *V. inodora Schiede* (accesión 31) se encontró que su peso (19.8 g/capsula) y longitud (16.3 cm), de fruto son menores que en la mayoría de los clones de *V. planifolia G. Jackson*, pero más grande que en *V. insignis Ames* y *V. pompona Schiede*. En general se puede inferir que son frutos con peso y longitud intermedia pero delgados en comparación con las demás especies, presenta tres acanaladuras a lo largo del fruto no tan marcadas como en *V. insignis Ames* y *V. pompona Schiede*. Sin embargo, se logra notar en la zona placentaria una figura con seis vértices bien marcados dando una forma de un hexágono, característica muy distintiva y diferente a las demás especies. Las diferencias encontradas entre las especies estudiadas fueron diferentes significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

### Caracterización morfométrica de semilla

Para *V. planifolia G. Jackson* se encontró que existe diferencias morfológicas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre la semilla de las accesiones ya que se pueden apreciar diferentes formas y tamaños debido a la variación en: EL, ER, ANS, IR y la relación entre ANI/ANS. Un carácter distintivo, es el hilio (LF) que varía en longitud y terminación, se observa en las accesiones 36, 135, 132, 133 y 134, una terminación marcada con un pequeño pico, las accesiones 40 y 131 su terminación es más plana.

Para *V. pompona Schiede* (Accesión 120) en general se encontró que la semilla es más chica que los clones de *V. planifolia G. Jackson*, debido a que presenta menos valores de EL(286.20 $\mu$ m), IR(0.036 $\mu$ m), ANI(154.54o), LF(51.16  $\mu$ m), PS(690.65  $\mu$ m), DF(219.8  $\mu$ m), IC(3719.24  $\mu$ m) y AS/PS (0.550) (Tabla 4). La forma varió, presentando mayor ángulo inferior (ANI), mayor IR y las relaciones EL/ER y ANI/ANS, un carácter distintivo fue el hilio, ya que su terminación es más plana en comparación con *V. planifolia G. Jackson*.

En *V. insignis Ames* (accesión 77) los datos indican que la semilla es más grande que en *V. planifolia G. Jackson* y *V. pompona Schiede* debido a que presenta mayores valores de EL(323.51  $\mu$ m), ER(267.88  $\mu$ m), AS(687.13  $\mu$ m<sup>2</sup>), LF(89.29  $\mu$ m), PS(928.96  $\mu$ m), DF(295.69  $\mu$ m) y AS/PS(0.740) (Tabla 4). Sin embargo, es más redondo, ya que su índice de redondez es mayor (0.03) en comparación con *V. planifolia G. Jackson* y *V. pompona Schiede*. Un carácter distintivo es la terminación de hilio, debido a que es plana al igual que en *V. pompona Schiede*. Sin embargo, con mayor longitud (89.29  $\mu$ m).

Para *V. inodora Schiede* (accesión 31) los resultados indican que la semilla de esta especie es más chica que *V. planifolia G. Jackson* y que *V. insignis Ames* y ligeramente más grande que *V. pompona Schiede*, por sus datos en EL(292.02  $\mu$ m), ER(151.9  $\mu$ m), AS(386.94  $\mu$ m<sup>2</sup>), LF(50.63  $\mu$ m), EL/ER(1.92  $\mu$ m). Sin embargo, se puede considerar más redondo debido a que su índice de redondez (IR) es de 0.010 que es mayor que en las demás especies, así mismo su índice de compactación (IC) y su DF. Una caracterización distintiva es la terminación del hilio, ya que es plana con un pequeño pico, su longitud es menor que en las demás especies (Figura 3). Las diferencias encontradas entre las especies fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ).

### Análisis de correlación y componentes principales

Para el análisis de correlación se utilizaron 26 caracteres de los cuales 13 fueron de fruto y 13 de semilla (Tabla 2). Los resultados indican que estuvieron altamente correlacionados ( $\geq 90$  %), los caracteres L/A, PC/A, ER, PC, AS, IC, AS/PS, LF, DF, los cuales podrían considerarse para la descripción y caracterización de especies y clones de vainilla.

En la Tabla 5, se presentan los Eigen valores, porcentaje absoluto y acumulado de la varianza para los componentes principales en fruto y semilla de las cuatro especies de vainilla. Los valores indican que el primer componente principal aporta el 34.492 % de la varianza total, seguido por los componentes

**Tabla 4.** Prueba de medias para la caracterización morfológica de semilla en cuatro especies de vainilla.

**Table 4.** Test averages for the morphological characterization of seed in four species of vanilla.

Accesión	EL	ER	ANI	ANS	AS	LF	PS
31	292.02 <sup>c</sup>	151.90 <sup>g</sup>	154.20 <sup>b</sup>	80.24 <sup>cd</sup>	386.94 <sup>c</sup>	50.63 <sup>g</sup>	697.31 <sup>g</sup>
120	286.20 <sup>cde</sup>	153.47 <sup>g</sup>	154.54 <sup>ab</sup>	76.88 <sup>cd</sup>	379.59 <sup>c</sup>	51.16 <sup>g</sup>	690.65 <sup>g</sup>
77	323.51 <sup>a</sup>	267.88 <sup>a</sup>	158.70 <sup>a</sup>	81.04 <sup>c</sup>	687.13 <sup>a</sup>	89.29 <sup>a</sup>	928.96 <sup>a</sup>
130	304.43 <sup>b</sup>	223.78 <sup>ef</sup>	151.24 <sup>bc</sup>	76.95 <sup>cd</sup>	475.15 <sup>b</sup>	74.59 <sup>ef</sup>	829.73 <sup>bcd</sup>
131	277.30 <sup>ef</sup>	229.21 <sup>de</sup>	153.54 <sup>b</sup>	81.98 <sup>c</sup>	482.37 <sup>b</sup>	76.40 <sup>de</sup>	795.62 <sup>e</sup>
132	269.22 <sup>f</sup>	218.62 <sup>f</sup>	152.96 <sup>b</sup>	73.63 <sup>d</sup>	480.53 <sup>b</sup>	72.87 <sup>f</sup>	766.32 <sup>f</sup>
133	285.21 <sup>cde</sup>	232.24 <sup>cd</sup>	155.20 <sup>ab</sup>	80.21 <sup>cd</sup>	487.59 <sup>b</sup>	77.41 <sup>cd</sup>	812.82 <sup>ed</sup>
134	290.69 <sup>cd</sup>	246.02 <sup>b</sup>	155.35 <sup>ab</sup>	83.17 <sup>c</sup>	488.05 <sup>b</sup>	82.01 <sup>b</sup>	843.07 <sup>bc</sup>
135	287.65 <sup>cde</sup>	221.39 <sup>ef</sup>	145.00 <sup>d</sup>	80.11 <sup>cd</sup>	455.51 <sup>b</sup>	73.80 <sup>ef</sup>	799.60 <sup>e</sup>
40	293.75 <sup>c</sup>	246.10 <sup>b</sup>	155.52 <sup>ab</sup>	95.84 <sup>b</sup>	488.58 <sup>b</sup>	82.03 <sup>b</sup>	847.99 <sup>b</sup>
536	280.39 <sup>de</sup>	239.97 <sup>cb</sup>	147.18 <sup>cd</sup>	108.77 <sup>a</sup>	462.39 <sup>b</sup>	79.99 <sup>bc</sup>	817.38 <sup>cde</sup>
DMS	10.652	8.451	4.33	6.89	38.16	2.817	26.827

**Tabla 4.** Continúa.

**Table 4.** Continue.

Accesión	IR	DF	IC	L/A	ANI/ANS	AS/PS
31	0.036 <sup>a</sup>	221.96 <sup>g</sup>	3793.03 <sup>fg</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.92 <sup>abc</sup>	0.553 <sup>ef</sup>
120	0.036 <sup>a</sup>	219.84 <sup>g</sup>	3719.24 <sup>g</sup>	1.86 <sup>a</sup>	2.01 <sup>ab</sup>	0.550 <sup>f</sup>
77	0.027 <sup>g</sup>	295.69 <sup>a</sup>	5319.77 <sup>a</sup>	1.21 <sup>d</sup>	1.95 <sup>abc</sup>	0.740 <sup>a</sup>
130	0.030 <sup>ef</sup>	264.11 <sup>bcd</sup>	4608.25 <sup>b</sup>	1.36 <sup>b</sup>	1.96 <sup>abc</sup>	0.570 <sup>d</sup>
131	0.031 <sup>c</sup>	253.25 <sup>e</sup>	4217.33 <sup>de</sup>	1.21 <sup>d</sup>	1.87 <sup>bc</sup>	0.606 <sup>c</sup>
132	0.032 <sup>b</sup>	243.92 <sup>f</sup>	4002.40 <sup>ef</sup>	1.23 <sup>cd</sup>	2.07 <sup>a</sup>	0.630 <sup>b</sup>
133	0.030 <sup>cde</sup>	258.72 <sup>ed</sup>	4369.59 <sup>cd</sup>	1.23 <sup>cd</sup>	1.93 <sup>abc</sup>	0.600 <sup>c</sup>
134	0.029 <sup>f</sup>	268.35 <sup>bc</sup>	4575.42 <sup>bc</sup>	1.18 <sup>d</sup>	1.86 <sup>bc</sup>	0.580 <sup>d</sup>
135	0.031 <sup>cd</sup>	254.52 <sup>e</sup>	4316.75 <sup>d</sup>	1.30 <sup>bc</sup>	1.81 <sup>c</sup>	0.570 <sup>d</sup>
40	0.029 <sup>f</sup>	269.92 <sup>b</sup>	4626.28 <sup>b</sup>	1.19 <sup>d</sup>	1.62 <sup>d</sup>	0.580 <sup>d</sup>
36	0.030 <sup>de</sup>	260.18 <sup>cde</sup>	4356.74 <sup>cd</sup>	1.16 <sup>d</sup>	1.35 <sup>e</sup>	0.566 <sup>ed</sup>
DMS	0.0008	8.54	232.29	0.077	0.180	0.0166

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS=diferencia mínima significativa. EL= eje longitudinal ( $\mu\text{m}$ ), ER= eje radial ( $\mu\text{m}$ ), ANI= ángulo inferior (o), ANS= ángulo superior (o), AS= área de semilla ( $\mu\text{m}^2$ ), LF=longitud del hilio ( $\mu\text{m}$ ), PS=perímetro de semilla ( $\mu\text{m}$ ), IR= índice de redondez ( $\mu\text{m}$ ), DF= diámetro feret en ( $\mu\text{m}$ ), IC= índice de compactación en ( $\mu\text{m}$ ), EL/ER= relación largo eje longitudinal y eje radial, ANI/ANS= relación ángulo inferior/ángulo superior, AS/PS= relación área/perímetro.

principales dos, tres y cuatro con el 28.987, 14.172 y 10.345 % respectivamente, lo que resulta que la varianza acumulada de los cuatro primeros componentes principales incluye el 87.998 % de la variación total del conjunto de datos analizados y los caracteres tomados en consideración.

De acuerdo con los valores de los Eigen vectores las variables que mayor aporte tuvieron en el primer componente principal fueron variables de semilla como eje radial, Longitud del hilio,

perímetro, diámetro feret e índice de compactación.

El segundo componente principal fueron grosor de fruto, área de la zona placentaria del fruto y la relación entre longitud y grosor de fruto. Para el tercer componente principal fueron la relación entre área de la zona placentaria y área del mesocarpio del fruto, ángulo superior de la semilla y la relación del ángulo superior y ángulo inferior (Tabla 6).

En la Figura 4, se presenta el diagrama bidimensional para fruto y semilla en las cuatro especies

**Tabla 5.** Eigen valores, porcentaje absoluto y acumulado de la varianza para los componentes principales en el estudio de fruto y semilla en cuatro especies de Vanilla.

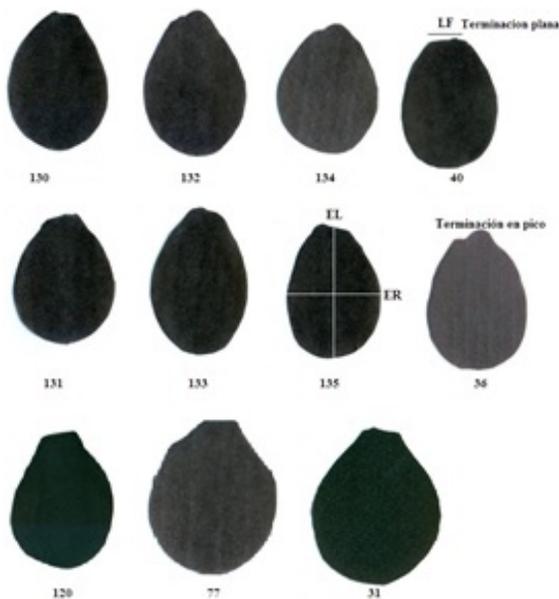
**Table 5.** Eigen values, absolute and cumulative percentage of variance for the main components in the study of fruit and seed in four species of Vanilla.

Componente principal	Valor propio (Eigen valores)	Porcentaje de Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	8.9680	34.4926	34.4926
2	7.5360	28.9879	63.4805
3	3.6840	14.1726	77.6530
4	2.6890	10.3454	87.9984
5	1.4982	5.7623	93.7607
6	0.7487	2.8795	96.6402
7	0.6451	2.4811	99.1213
8	0.1294	0.4975	99.6188
9	0.0914	0.3517	99.9705
10	0.0077	0.0295	100.0000

de vainilla para los componentes principales (CP1 Y CP2), como se observa se pueden definir seis grupos en donde se discriminan de manera marcada las cuatro especies que son *V. pompona* Schiede, *V. insignis* Ames, *V. inodora* Schiede, *V. planifolia* G. Jackson y dentro de la especie *V. planifolia* G. Jackson se logran separar tres grupos de clones.

serva que el agrupamiento coincide con los grupos proyectados por los componentes principales uno y dos obtenidos en el diagrama bidimensional (Figura 4).

Se observa la discriminación marcada de las cuatro especies, ya que en el grupo uno se encuentra la accesión 36 de *V. planifolia* G. Jackson ubicada a una distancia de 1.32, el grupo dos formado por las accesiones 135 y 130 se ubica a un nivel de similitud de 0.65 el grupo tres formado por las accesiones 40, 131, 133 y 134 tienen una similitud de 0.73, los individuos que conforman el grupo uno, dos y tres son clones pertenecientes a *V. planifolia* G. Jackson los grupos cuatro, cinco y seis corresponden a *V. insignis* Ames, *V. inodora* Schiede y *V. pompona* Schiede los cuales se ubican a una distancia de 1.48, 1.79 y 1.87 respectivamente.



**Figura 3.** Frutos (Capsulas) de cuatro especies de vainilla.  
**Figure 3.** J. Fruits (capsules) of four species of vanilla.

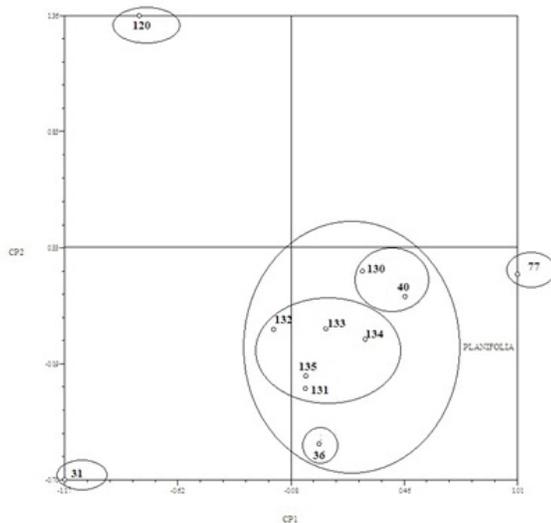
### Análisis de agrupamiento

En la Figura 5, se presenta el dendrograma de agrupamiento obtenido con el método UPGMA para las cuatro especies y clones de Vanilla. Se ob-

### DISCUSIÓN

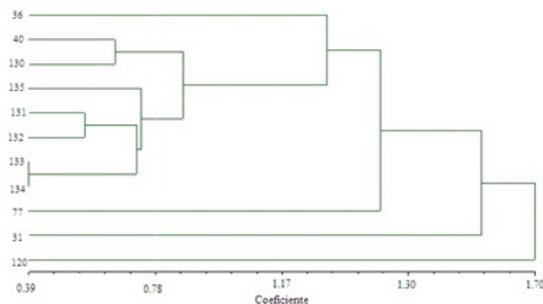
Las accesiones que se tienen en el banco de germoplasma de vainilla tienen las mismas condiciones de sombra y manejo agronómico como nutrición, humedad, control de plagas y enfermedades, etc. Por lo que se infiere que la variación de los resultados registrados en fruto y semilla debe ser de aspecto genético. El haber encontrado diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en peso y longitud en las capsulas es muy importante, ya que son dos aspectos fundamentales que nos determinan el rendimiento por unidad de superficie, debido a que se pueden

considerar estas características como parte de los componentes del rendimiento. Siendo la accesión 130 el que presentó mayor peso (23.88 g/capsula) y longitud (20.4 cm), con estas características se estaría clasificando con un código de tamaño B según la norma NMX-FF-074-1996, donde se establece el tamaño de la vainilla en función de su longitud (Reyes et al. 2008), siendo este uno de los de mayor tamaño en dicha clasificación. Por otro lado Castillo



**Figura 4.** Diagrama bidimensional para fruto y semilla en cuatro especies de vainilla. Sobre dos componentes principales, CP1: Componente principal 1, CP2: Componente principal 2.

**Figure 4.** Dimensional plot for fruit and seed in four species of vanilla on two main components, CP: Principal component 1, CP: Principal component 2.



**Figura 5.** Dendrograma de agrupamiento con el método UPGMA en cuatro especies de vainilla.

**Figure 5.** Clustering dendrogram with the UPGMA method in four species of vanilla.

y Engleman (1993) encontraron en tres cultivos de *V. planifolia* G. Jackson llamadas oreja de burro, mansa y amarilla, longitudes de fruto que variaron entre 20.4 y 17.2 cm., dicha variación dependió del

**Tabla 6.** Eigen vectores de los primeros tres componentes principales en el estudio de fruto y semilla en cuatro especies de Vainilla  
**Table 6.** Eigen vectors of the first three principal components in the fruit and seed study in four species of vanilla.

Variable	1	2	3
PC	0.252	0.016	0.299
L	0.333	-0.301	-0.130
A	0.435	0.798	-0.298
G	0.389	0.853	-0.038
LP	0.555	-0.743	0.312
AP	0.102	0.928	-0.071
AM	0.280	0.728	0.301
L/A	-0.419	-0.797	0.299
L/G	-0.112	-0.965	0.097
PC/L	-0.456	0.840	-0.149
PC/A	-0.482	-0.672	0.478
PC/G	-0.485	-0.756	0.234
AP/AM	-0.040	-0.241	-0.727
EL	0.507	0.187	0.448
ER	0.954	-0.228	-0.115
AS/EL	0.191	0.332	0.608
ANS	0.227	-0.355	-0.739
AS	0.868	-0.032	0.335
LF	0.954	-0.228	-0.115
PS	0.979	-0.131	0.052
IR	-0.528	0.350	0.413
DF	0.979	-0.131	0.052
IC	0.942	-0.056	0.162
EL/AS	-0.837	0.293	0.251
ANI/ANS	-0.199	0.404	0.780
A/PS	0.670	-0.030	0.485

PC= peso de capsula (g), L= longitud (cm), A= ancho (cm), G= grosor (cm), LP= longitud del perianto (cm), AP= área de zona placentaria ( $\mu\text{m}^2$ ), AM= área de mesocarpio ( $\mu\text{m}^2$ ), L/A= relación entre longitud (cm)/ancho (cm), L/G=relación entre longitud (cm)/grosor(cm), PC /L= relación entre peso(g)/longitud(cm), PC/A= relación entre peso(g)/ancho(cm), PC/G= relación entre peso(g)/grosor(cm), AP/AM= relación entre área de zona placentaria/área de mesocarpio. EL= eje longitudinal ( $\mu\text{m}$ ), ER= eje radial ( $\mu\text{m}$ ), ANI= ángulo inferior (o), ANS= ángulo superior (o), AS= área de semilla ( $\mu\text{m}^2$ ), LF=longitud del hilo ( $\mu\text{m}$ ), PS=perímetro de semilla ( $\mu\text{m}$ ), IR= índice de redondez ( $\mu\text{m}$ ), DF= diámetro feret en ( $\mu\text{m}$ ), IC= índice de compactación en ( $\mu\text{m}$ ), EL/ER= relación largo eje longitudinal y eje radial, ANI/ANS= relación ángulo inferior/ángulo superior, AS/PS= relación área/perímetro

número de frutos por planta y la eficiencia en la polinización.

En el presente trabajo la variación fue mayor por registrarse longitudes y pesos intermedios y bajos, estas características hacen que en una población se encuentren plantas que genéticamente tengan diferentes potencialidades en rendimiento, por lo que se debe iniciar un programa de selección clonal y de esta manera separar dichos clones por rendimiento.

En relación a otras especies se encontró mayor variación ya que los frutos de *V. pompona Schiede*, resultaron ser los más cortos y poco pesados. Los frutos de *V. insignis Ames* también fueron cortos en longitud (15.6 cm) pero pesados (21.31 g/capsula) mientras que *V. inodora Schiede* se podría clasificar como intermedio entre la *V. planifolia G. Jackson*, *V. pompona Schiede* e *insignis Ames*. Estas características aunadas a la forma del fruto, permite distinguir características que son propias de cada especie. Sin embargo, se puede inferir que existe mayor diversidad dentro de *V. planifolia G. Jackson* por haberse encontrado clones diferenciados por fruto y semilla, en *V. pompona Schiede*, *V. insignis Ames*, y *V. inodora Schiede* su variación fue muy limitada aun cuando fue de diferente lugar de origen. Trabajos afines al presente estudio son muy escasos, entre los que se puede citar a Bouriquet (1954) donde menciona que *V. pompona Schiede* presenta una longitud de 13 cm y un ancho de 4 cm, que son valores menores al encontrado en el presente estudio. Otro de los caracteres que podría ser propios de cada especie fue el área y forma de la zona placentaria, ya que varió de forma triangular, circular, a exagonal, estos resultados fueron similares a los encontrados por Menchaca (2011) quien al realizar cortes transversales en frutos de *V. pompona Schiede* y *V. planifolia G. Jackson* autopolinizadas reporta formas triangulares con tres vértices bien definidos en *V. planifolia G. Jackson* y con tres crestas en *V. pompona Schiede*, dichas formas se vuelven un poco más circulares en frutos resultados de cruza interespecificas entre *V. planifolia G. Jackson* y *V. pompona Schiede*.

En relación a la semilla también se logró registrar variación genética debido a que *V. insignis Ames*

presentó mayor tamaño de semilla en comparación con *V. planifolia G. Jackson* y *V. pompona Schiede* y fue *V. inodora Schiede* la que presentó menor tamaño. Sin embargo, fue la que presentó mayor índice de redondez. Tanto en el tamaño como en la redondez de las semillas fueron importantes las variables EL, ER, IR y las relaciones L/A, ANI/ANS. También la longitud del hilio resultó ser un carácter distintivo y variable por su longitud y terminación entre las especies. El tamaño de la semilla y sus partes internas de los frutos es una característica en todas las plantas y estos órganos muestran baja plasticidad fenotípica (Loomis y Connor 1992) por esta razón las semillas han sido usadas en la del germoplasma con diferentes propositos como la taxonomía (Polhill 1976; González y Ortiz 1995), análisis para la variabilidad de diferentes fuentes de germoplasma en diferentes géneros (Francisco et al. 1993) y para la descripción y pruebas de uniformidad, estabilidad y variabilidad (UPOV 2008; Bioversity Internacional 2008).

De las 36 variables registradas en el presente estudio fueron: ER LF, PC, DF, IC, G, AP y las relaciones entre L/G, AP/AM, ANS/ANI, las que permitieron la separación entre especies y clones, ya que como se observa en las Figuras 4 y 5, se logró discriminar a las especies *V. pompona Schiede*, *V. insignis Ames*, *V. inodora Schiede* y *V. planifolia G. Jackson* y dentro de *V. planifolia G. Jackson* se logró la separación de tres conjuntos de clones por lo que se infiere que los resultados por análisis de componentes principales y de agrupamiento indican que los caracteres de fruto y semilla pueden ser útiles para la separación de especies y clones dentro de las especies de vainilla, ya que se pueden diferenciar los clones que aun no se han estudiado y separado en poblaciones de vainilla cultivada y silvestres (Soto 2006) y de esta manera evitar confusión de sinonimias locales o regionales (Lubinsky et al. 2008).

## CONCLUSIONES

La caracterización morfométrica de fruto y semilla en las cuatro especies del género *Vanilla*, permitió separar a *V. pompona Schiede*, *V. insignis*

Ames, *V. inodora* Shiede y *V. planifolia* G. Jackson y dentro de esta especie de diferencio tres grupos de clones. Siendo las variables ER, LF, PC, DF, IC, G, AP, L/G, AP/AM, ANS/ANI las que permitieron dicha separación. Con estos resultados se pueden separar especies y clones que se tienen en el banco de germoplasma de vainilla para iniciar un programa de mejoramiento genético y contribuir a

la realización de descriptores del género Vanilla.

## RECONOCIMIENTOS

Al Sistema Nacional de los Recursos Fito-genéticos (SINAREFI) por su financiamiento a la Red Nacional de Investigación en Vainilla.

## LITERATURA CITADA

- Andrés AJ, Nieto AR, Barrientos PAF, Martínez DMT, González AF, Segura LSD, et al. (2004) Variación Morfológica de la Hoja del Chirimoyo. Revista Chapingo Serie Horticultura 10(2): 103-110.
- Arditti J (1992) Fundamentals of Orchid Biology. John Wiley and Sons, New York, NY. 691 p.
- ASERCA (2002) La Vainilla una tradición con alto potencial. Revista Claridades No 101. 44 p.
- Bioversity International (2008) Publications Descriptors List. <http://www.bioversityinternational.org>. Org. Rome, Italy. 183 p.
- Bouriquet G (1954) Le Vanillier et la vanille. Encyclopédie biologique. Editions Paul Lechevalier. Paris. 747 p.
- Cameron K, Chase MW, Whitten WM, Kores PJ, Jarrell DC, Albert VA, et al. (1999) Aphylogenetics analysis of the Orchidaceae: Evidence from rbcL nucleotide sequences. American Journal of Botany 86: 208-221.
- Castañón NG, Latournerie ML, Leshner GJM, De la Cruz LE, Mendoza EM (2010) Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum spp*) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia 26(3): 225-234.
- Castillo MR y Engleman EM (1993) Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia* Acta Botánica Mexicana 25: 49-59.
- Cipagauta VA y Sánchez RA (1979) La vainilla en México. Producción, Industrialización y Comercialización. Ecotecnia Agrícola (México) 3(6): 3-29.
- Francisco OJ, Jackson MT, Santos GA, Ford Lloyd BV (1993) Morphological variation in the *Chamaecytisus proliferus* (L.f.) Link complex (Fabaceae: Genisteae) in the Canary Islands. Botanical Journal of the Linnean Society 112: 187-202.
- González AF, Ortiz JM (1995) Seed morphology of *Cytisophyllum*, *Cytisus*, *Chamaecytisus* and *Genista* (Fabaceae: Genisteae) species for characterization. Seed Science & Technology 23: 289-300.
- González AF, Chávez J, Montañez G, Ceresuela JL (1999) Characterization of woody *Medicago* (sect. *Dendrotelis*) species, on the basis of seed and seedling morphometry. Genetic Resources and Crop Evolution (46): 505-519.
- González AF (2001) La caracterización Morfológica. In: González-Andrés F, Pita-Villamil J.M (Eds.). Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. Publicaciones I.N.E.A. Valladolid. España. pp: 199-217.
- Hágsater E, Soto AMA, Salazar CHGA, Jiménez MR, López RMA, Dressler R (2006) Las Orquídeas de México. Acta Botánica Mexicana 75: 101-103.

- Hernández HJ, Sánchez MS, Curti DE, Larios RH (2010) La producción de vainilla en México. INIFAP Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Libro técnico Núm. 25. 155 p.
- INEGI (2006) WWW.INEGI.GOB.MX. Fecha de consulta agosto 2012.
- Jones GD, (1983) The Last Maya Frontiers of Colonial Yucatan. In M.L. Murdo and R Wasserstrom, eds., Spaniards and Indians in Southeastern Mesoamerica. Essays on the History of Ethnic Relations. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska. pp: 64-91.
- Loomis RS y Connor DJ (1992) Crop Ecology: Productivity and Management in agricultural Systems. Cambridge University Press. 552 p.
- López SJ, Nieto AR, Barrientos PAF, Rodríguez PE, Colinas LMT, Borys MW et al. (2008) Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus spp.*). Revista Chapingo. Serie Horticultura 14(2): 97-111
- Lubinsky P, Borys S, Hernández HJ, Seung ChK, Gomez PA (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks [Orchidaceae]). Economic Botany 62(2): 127-138.
- Menchaca GRA (2011) Obtención y caracterización morfológica de híbridos de *Vanilla planifolia* G. Jackson in Andrews y *V. pompona* Schiede. Editorial Universidad Veracruzana 108 p.
- Nieto AR, Ortiz J, González AF, Borys MW (1997) Endocarp Morphology as an aid for discriminating wild and cultivated Mexican hawthorn (*Crataegus mexicana* Moc and Sessé). Fruits 52: 317-324.
- Nieto AR, Pérez OSA, Núñez CCA, Martínez SJ, González AF (2009) Seed and endocarp traits as markers of the biodiversity of regional sources of germplasm of tejocote (*Crataegus spp.*) from Central and Southern México. Scientia Horticulturae 121: 166-170.
- Núñez CCA, Sahagún CJ, González AF, Barrientos PF, Segura S, Nieto AR (2009) Identification of morphometric traits for screening of tejocote (*Crataegus spp.*) germoplasm for better yield potential. Fruits 64: 35-44.
- Polhill RM (1976) Genisteeae (Adams) Benth and related tribes (Leguminosae). Botanical Systematics 1: 143-368.
- Portères R (1954) Le genre *Vanilla* et ses espèces. In: G. Bouriquet, ed., Le Vanillier et la Vanille dans le monde. Éditions Paul Lechevalier, Paris. pp: 94-290
- Purseglove JW, Brown EG, Green CL, and Robbins SRJ (1981) Spices. Volume 2. Logman, London.pp: 447-813
- Reyes LD, Rodríguez MB, Kelso BHA, Huerta LM, Ibáñez MA (2008) Beneficiado tradicional de Vainilla. Editorial Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla, México. 72 p.
- Rohlf FJ (2000) Statistical power comparisons among alternative morphometric methods. American Journal of Physical Anthropology 111: 463-478
- Soto AMA (1999) Fitogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Reporte, comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Proyecto J-101. Cd. de México, 92 p.
- Soto AMA (2003) *Vanilla*. In: Pridgeon, A.M., P.J. Cribb, M.W. Chase y F.N. Rasmussen. (eds.). Orchids of México, parts 2 and 3. *Icones Orchidacearum* fasc.5-6, Herbario AMO. México D.F. pp: 321-334
- Soto AMA (2006) La Vainilla retos y perspectivas de su cultivo. Biodiversitas (66): 1-9
- Soto AMA, Cribb P (2010) A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. Ex Mill (*Orchidaceae: Vanillinae*). Lankesteriana 9(3): 285-354.

Soto AMA, Dressler RL (2010) A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla Plumier ex Miller* with a characterization of their ITS region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana* 9(3): 285-354.

UPOV (2008) Test Guidelines. English Index. [http://www.upov.int/en/publications/tg\\_rom/tg\\_index](http://www.upov.int/en/publications/tg_rom/tg_index). International Union for the protection of New Varieties of Plants, Geneva, 16 p.