

Ecología

Variación morfológica del labelo de *Vanilla pompona* (Orchidaceae) en Oaxaca, México

Morphological variation of the labellum of Vanilla pompona (Orchidaceae) in Oaxaca, Mexico

Jesús Hernández-Ruiz ^a, B. Edgar Herrera-Cabrera ^{b, *} y Adriana Delgado-Alvarado ^b

^a Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, Km 9, carretera Irapuato-Silao, Ex Hacienda El Copal, 36500 Irapuato, Guanajuato, México

^b Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas-Campus Puebla, Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, 72760 San Pedro Cholula, Puebla, México

*Autor para correspondencia: behc@colpos.mx (B.E. Herrera-Cabrera)

Recibido: 25 marzo 2017; aceptado: 10 enero 2019

Resumen

En orquídeas, la forma y tamaño de caracteres florales como el labelo, sirve para clasificar variación dentro y entre especies. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la variación morfológica infraespecífica a través del labelo de *Vanilla pompona* analizando 80 flores provenientes de 23 ejemplares del estado de Oaxaca, México. El labelo de cada flor se diseccionó y analizó mediante su morfometría geométrica, obteniéndose 60 variables que se agruparon en región basal, media y apical. Se realizó un análisis de varianza que consideró las recolectas como fuentes de variación y 2 análisis multivariados, componentes principales y conglomerados. Entre recolectas, 58 variables analizadas fueron estadísticamente significativas. El modelo explicó 81% de la variación total estudiada con los 3 primeros componentes principales. Existe variación morfológica floral del labelo en *Vanilla pompona* representado por 4 morfotipos en Oaxaca, resultado de la probable presión y selección por parte de los polinizadores y el ambiente, donde los complejos montañosos posiblemente han coadyuvado como barrera geográfica.

Palabras clave: Divergencia floral; Morfometría; Polimorfismo del labelo; *Vanilla*

Abstract

In orchids, shape and size of floral traits such as the labellum serves to classify variation within and among species. The aim of this study was to characterize infra-specific morphological variation through the *Vanilla pompona* labellum, analyzing 80 flowers from 23 specimens from the state of Oaxaca, Mexico. The labellum of each flower was dissected and analyzed by geometric morphometrics, obtaining 60 variables that were grouped in the basal, middle and apical regions. An analysis of variance was performed considering the collections as sources of variation and 2 multivariate analyses, principal components and cluster analyses. Among collections, 58 variables were statistically

significant. The model explained 81% of the total variation studied with the first 3 principal components. There is a floral morphological variation of the labellum in *Vanilla pompona* represented by 4 morphotypes in Oaxaca, likely result of the pressure and selection by pollinators and the environment, where the mountain system has possibly contributed as a geographic barrier

Keywords: Floral divergence; Morphometry; Polymorphism of the labellum; *Vanilla*

Introducción

Vanilla planifolia y *V. pompona* son las orquídeas que más se cultivan en el continente Americano, lo que representa un germoplasma importante como recurso natural (Soto-Arenas y Dressler, 2010). En México se recolectan frutos de *V. pompona* para usos locales en diversas regiones, principalmente en Nayarit y Oaxaca (Soto-Arenas, 1999), y como cultivo en el estado de Veracruz (Bruman, 1948).

En el país se reconoce de manera general la existencia de 2 poblaciones de *V. pompona*, una de flores con segmentos extendidos de grandes dimensiones que se distribuye de Veracruz hacia el norte de Oaxaca por la vertiente del golfo de México y otra con flores semicerradas ubicada en la costa del océano Pacífico (Soto-Arenas, 1999; Soto-Arenas y Dressler, 2010). Por ello, la única zona del país donde converge la variación de *V. pompona* es en el estado de Oaxaca, donde los frutos son recolectados para usos locales como saborizante y aromatizante, y donde las plantas se conservan y aprovechan en su hábitat natural; manejo característico de las especies silvestres (Vodouhè y Danci, 2012).

Vanilla pompona es una especie prioritaria dentro del acervo genético secundario de *V. planifolia* porque posee características importantes que no se encuentran en el germoplasma de esta última, como la resistencia a antracnosis (*Collectotrichum* sp.), la pudrición de raíz (*Fusarium oxysporum*) y la tolerancia a climas xerófitos. Además, debido a su sistema de polinización (en donde se ofrece fragancia como recompensa), naturalmente es polinizada con mayor frecuencia por abejas *Euglossine* machos, obteniendo un alto número de frutos sin consecuencias negativas en la sobrevivencia de la planta (Soto-Arenas, 1999; Soto-Arenas y Dressler, 2010). Sin embargo, los frutos beneficiados de *V. pompona* son de una calidad aromática inferior por su menor concentración de vainillina (Korthou y Verpoorte, 2007).

Por lo anterior, se considera importante contar con una metodología que permita identificar variación floral dentro de la especie *V. pompona*. Para lo cual, se partió de la hipótesis de que las estructuras reproductivas son menos susceptibles a efectos de variación por el ambiente (Herrera-Cabrera et al., 2000; Podolsky y Holtsford, 1995). De modo que, el labelo, al ser parte de la estructura reproductiva, es fundamental en la biología y ecología floral de las orquídeas, debido a que está estrechamente relacionado

con el polinizador, principalmente la región más gruesa que actúa como atrayente visual y zona de aterrizaje, por lo que es un valioso carácter diagnóstico de la variación de una especie (Bateman y Rudall 2006; Shipunov y Bateman 2005). Aunado a que caracteres florales como la estructura, la configuración y el tamaño del pollinarium, antera, callo y labelo, se han utilizado para clasificar a la familia Orchidaceae y al género *Vanilla* (Bory et al., 2007; Cameron, 2004; Soto-Arenas y Cribb, 2010). El objetivo del presente trabajo fue identificar la presencia de la variación morfológica dentro de la especie de *V. pompona*, a través del labelo en 23 recolectas provenientes de Oaxaca, México.

Materiales y métodos

La recolecta del material biológico se realizó en 8 sitios (tabla 1) de Oaxaca, estado ubicado entre los 15°39' - 18°42' N, 93°52' - 98°32' O. Con una superficie de 95,364 km² (INEGI, 2010). Los sitios fueron seleccionados considerando el reporte de presencia de la especie (Soto-Arenas y Dressler, 2010), las características ambientales de precipitación, régimen de humedad y zona ecológica (tabla 2), dado que estos factores determinan la distribución potencial del género *Vanilla* (Hernández-Ruiz et al., 2016).

El material biológico consistió en 80 flores de 23 ejemplares de *V. pompona* subsp. *pompona* en condiciones silvestres, recolectadas en 8 sitios en abril de 2013. La recolecta y preservación de flores de *V. pompona* en campo consistió en: *i*) selección de flores, vigorosas y sin daños visibles, que se cortaron desde la base del pedúnculo; *ii*) preservación: la flor se sumergió en una solución conservadora a base de etanol (50%), ácido láctico (4%), ácido benzoico (0.5%), glicerina (2.5%) y agua destilada (43%) en un recipiente de vidrio de 150ml; *iii*) conservación: los recipientes se colocaron a temperatura ambiente en un cuarto oscuro.

La caracterización morfológica del labelo de *V. pompona* se realizó con base en la técnica y esquema de Catling (1990), modificado a través de los siguientes pasos: 1) disección de la flor y extensión del labelo en una superficie de cristal, 2) impregnado del labelo con azul de metileno (0.08%), 3) captura fotográfica del labelo con una cámara réflex Sony alfa 65v, equipada con una lente macro Sony DT 30mm F/2.8 SAM, y 4) las imágenes tomadas se procesaron mediante el programa CorelDrawX7 para la generación y evaluación de 53 trazos y 7 ángulos.

Las 60 variables analizadas se agruparon en 3 regiones del labelo (fig. 1): región basal formada por la sección A (A, A1, A2, A3, A4, A5, aA, B1x), región media constituida por 4 secciones: sección B (B, B2, B5, B7, B8, B9, B10, aB), sección C (C, C1x, C2, C5, C7, C8, C9, C10), sección D (D, D1x, D2, D5, D7, D8, D9, D10, aD, aDE22, aDE55), sección E (E, E1x, E2, E5, E7, E8, E9, E10, aE) y región apical integrada por 2 secciones: sección F (F, F1x, F2, F5, F7, F8, F9, F10) y sección G (G, G1x, G2, G3, G4, G6, G7, aG).

El análisis de varianza de los datos, donde las recolectas fueron consideradas como fuentes de variación, evaluó 23 tratamientos con diferente número de repeticiones (número de flores). Los caracteres por tratamiento se

analizaron mediante un modelo equivalente al diseño completamente al azar desbalanceado (PROC GLM; SAS, 2002). La comparación de medias entre recolectas se calculó con base en la media armónica (n), mediante la prueba de Tukey (SAS, 2002). El análisis multivariado de las recolectas de *V. pompona* se realizó mediante 2 métodos de análisis numérico: componentes principales (ACP) con base en la matriz de correlaciones entre las variables seleccionadas y análisis de conglomerados (cluster) (Sneath y Sokal, 1973) con distancia media entre conglomerados, con ayuda del paquete estadístico SAS v 9.0 (SAS, 2002). Para los análisis numéricos de cada uno de los 60 caracteres evaluados se utilizaron las medias de los ejemplares en cada sitio de procedencia.

Tabla 1

Ubicación geográfica de los sitios de recolecta de *V. pompona* en el estado de Oaxaca, México.

Municipio	Localidad	Sitio	Núm. de recolecta	Longitud °	Latitud °	Altitud m snm
Sta. Cruz Itundujia	Hidalgo	Río Tripa	10-12	-97.695696	16.809295	1075
	Morelos	Encino Amarillo	13-15	-97.681804	16.778830	1668
	El Cangrejo	Puente Yuu	16-19	-97.716485	16.751303	682
	Primavera	Río Salado	20-24	-97.725372	16.763478	651
Sta. Ma. Chimalapa	Sta. Ma. Chimalapa	Cerro Azul	25	-94.730309	16.862412	362
		Paso Lagarto	26, 27	-94.673923	16.917243	159
		Camino al Ixtle	28	-94.679313	16.919575	223
Pluma Hidalgo	Pluma Hidalgo	Cerro Comal	29-32	-96.365463	15.936539	1010

Tabla 2

Factores abióticos de los sitios de recolecta de *Vanilla pompona* en Oaxaca, México.

Sitio	Clima	Vegetación	Precipitación media anual (mm)	Régimen de humedad del suelo	Zona ecológica
Encino Amarillo	Semicálido subhúmedo	Secundaria de bosque mesófilo de montaña	2,000 a 2,500	Xerico	Templada húmeda
Río Tripa		Secundaria de bosque de pino-encino			Templada subhúmeda
Puente Yuu	Cálido subhúmedo				
Río Salado					
Paso Lagarto	Cálido húmedo	Secundaria de selva alta perennifolia		Údico	Tropical húmeda
Camino al Ixtle					
Cerro Comal	Cálido subhúmedo	Secundaria de selva mediana subperennifolia	1,500 a 2,000	Ústico	
Cerro Azul	Cálido húmedo	Selva alta perennifolia			

Resultados

La variación entre recolectas de ejemplares de *Vanilla pompona* que se encuentran distribuidas en el estado de Oaxaca presentó diferencias estadísticas altamente significativas en 58 caracteres evaluados del labelo ($p \leq 0.01$), solo las variables F2 y B10 no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se infiere la existencia de variación morfológica entre recolectas (tabla 3). De acuerdo con los coeficientes de variación, se observaron variables con valores ligeramente mayores (9.00 a 9.59) en la región apical del labelo, las cuales están asociadas al tamaño de la variable evaluada.

La dispersión de las 23 recolectas de *V. pompona* representadas en el espacio determinado por los 3 primeros componentes principales explica conjuntamente 81% de la variación global acumulada para los 60 caracteres evaluados (fig. 2). El primer componente principal (CP1), explicó 59% de la variación global y presentó una mayor asociación con variables que determinan la forma y tamaño a la sección C, D y E de la región media del labelo ($C1x = 0.160$, $C5 = 0.162$, $D7 = 0.164$, $D8 = 0.163$, $E = 0.164$, $E2 = 0.162$) y con una variable de la región apical del labelo ($F = 0.161$). El segundo componente principal (CP2) expresó 15% de la variación global y estuvo determinado mayormente por la dimensión de la región basal ($A = -0.261$, $A2 = -0.258$, $A3 = -0.257$, $A5 = -0.256$, $aB = 0.253$) y 2 variables de la región apical ($G1x = 0.270$, $G2 = 0.252$). El tercer componente principal (CP3) determinó 7% de la

variación global y estuvo influenciado por una variable de la sección B de la región media del labelo ($B5 = -0.307$) y 2 variables de la región apical ($F8 = 0.265$, $G3 = 0.254$).

La distribución de las recolectas de *Vanilla pompona* de Oaxaca, de acuerdo con los 3 primeros componentes principales (fig. 2), muestra que las recolectas de los sitios “encino Amarillo” (13, 14, 15), “puente Yuu” (16, 17, 18, 19), “río Salado” (20, 21, 22, 23, 24) y “cerro Comal” (29, 30, 31, 32) constituyen un solo complejo (grupo EPR), las recolectas de los sitios “paso Lagarto” (26, 27) y “camino al Ixtle” (28) conforman un segundo conglomerado (grupo PLC), mientras que los ejemplares provenientes del sitio “río Tripa” (10, 11, 12) (grupo RTR) y “cerro Azul” (25) (grupo CAZ) se ubican en grupos independientes y aislados.

De esta manera, la distribución de los grupos con base en el CP1 muestra que las recolectas con mayor dimensión en la sección C, D y E de la región media del labelo y una mayor longitud vertical de la región apical se distribuyen al lado derecho de la gráfica (grupo EPR), mientras que, las recolectas de proporciones menores se ubicaron en el lado izquierdo (grupo CAZ y RTR). El CP2, representado en el eje vertical, ubica las recolectas del sitio paso Lagarto (26, 27) y camino al Ixtle (28) en el eje negativo, debido a que presentaron magnitudes menores en la región basal (A, A2, A3, A5, aB) y apical del labelo (G1, G2). En contraste, en el eje positivo se ubicaron las recolectas (22, 19, 15, 16, 24) pertenecientes al grupo EPR con dimensiones mayores. El CP3 ubica en el lado positivo a una gran parte

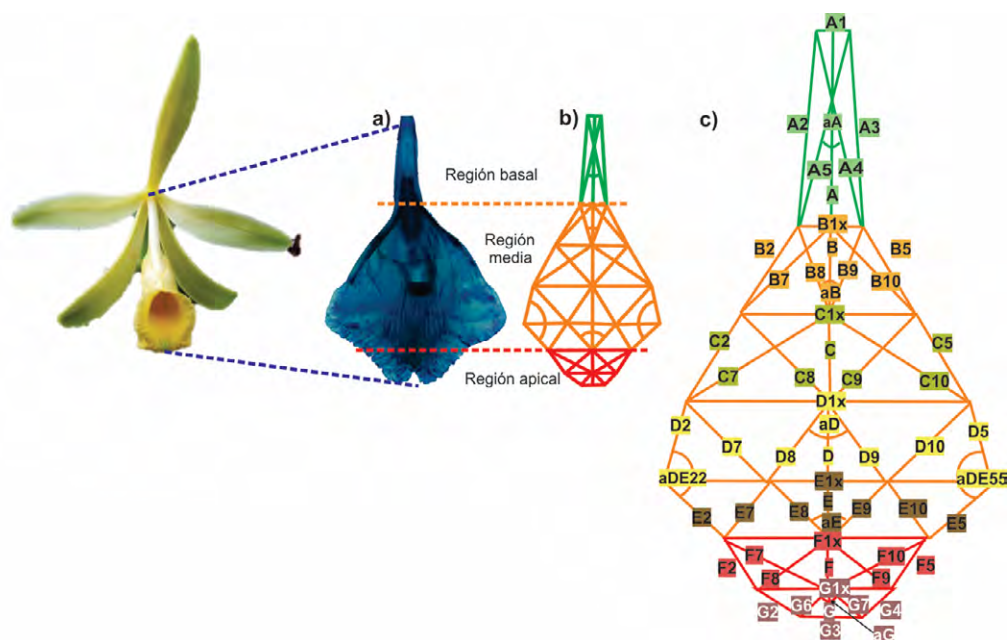


Figura 1. Flor y esquema del labelo de *Vanilla pompona*. a) Labelo extendido en el que se indica la región basal, media y apical; b) trazos y ángulos utilizados para el análisis; c) nombre y ubicación de las variables utilizadas.

de las colectas que poseen mayor tamaño en la sección B de la región media del labelo (B5) y en la región apical (F8, G3), en comparación con las recolectas 30, 17, 18, 16 y 29 del grupo EPR, las cuales se ubican ligeramente en el

lado negativo. De este modo, el análisis de componentes principales mostró la formación de 4 grupos morfológicos en función del labelo, dentro de las poblaciones de *V. pompona* en Oaxaca (fig. 2).

Tabla 3

Valores obtenidos del análisis de varianza: promedio, coeficientes de variación, cuadrados medios de error y de recolecta, de las variables del labelo de *Vanilla pompona*.

Variable	Media (mm)	Coeficiente de variación	Cuadrados medios	
			Error	Recolecta
I. Región basal del labelo				
A	22.78	5.27	1.44	11.69**
A1	2.63	8.14	0.04	0.18**
A2	22.75	5.34	1.47	11.75**
A3	22.87	5.22	1.42	11.80**
A4	23.02	5.37	1.52	11.47**
A5	23.21	5.26	1.49	12.20**
aA	20.93	6.59	4.03	17.97**
B1x	5.50	6.50	0.13	1.39**
II. Región media del labelo				
B	11.21	5.16	0.33	0.89**
B2	13.14	5.60	0.54	1.50**
B5	13.07	6.23	0.66	2.25**
B7	14.23	7.49	1.13	3.04**
B8	12.06	6.55	1.32	2.31**
B9	11.50	5.70	0.43	1.34**
B10	13.99	7.49	1.89	3.24 ^{ns}
aB	29.53	8.07	6.70	64.13**
C	11.28	6.02	0.50	1.45**
C1x	18.83	6.54	1.51	6.10**
C2	13.28	5.81	0.60	2.87**
C5	13.31	4.89	0.42	2.78**
C7	20.02	6.13	1.50	7.21**
C8	14.56	5.05	0.54	2.24**
C9	14.52	6.16	0.80	2.27**
C10	19.84	5.46	1.17	7.49**
D	7.66	5.86	0.20	1.15**
D1x	33.09	5.34	3.13	32.31**
D2	7.92	5.79	0.21	0.74**
D5	8.39	8.39	0.62	2.17**
D7	11.32	5.80	0.44	2.58**
D8	11.21	5.40	0.37	2.22**

Tabla 3
Continuación.

Variable	Media (mm)	Coeficiente de variación	Cuadrados medios	
			Error	Recolecta
D9	11.23	5.56	0.39	2.44**
D10	11.34	6.00	0.46	2.64**
aD	93.91	2.93	7.58	83.53**
aDE22	147.42	2.81	17.17	124.30**
aDE55	145.27	7.02	112.13	401.45**
E	7.51	5.70	0.18	0.76**
E1x	37.69	5.33	4.03	26.49**
E2	7.98	5.66	0.45	0.95**
E5	7.89	5.68	0.20	0.78**
E7	11.15	4.78	0.28	1.62**
E8	11.22	5.42	0.37	1.70**
E9	11.06	5.84	0.41	2.05**
E10	10.92	6.15	0.45	2.22**
aE	95.12	3.16	9.04	77.12**
II. Región apical del labelo				
F	5.86	7.24	0.18	0.91**
F1x	32.55	5.60	3.33	25.33**
F2	7.00	7.74	1.06	1.94 ^{ns}
F5	7.02	6.88	0.23	0.89**
F7	14.17	6.11	0.74	5.85**
F8	17.21	5.43	0.87	10.40**
F9	16.39	5.65	0.85	7.22**
F10	13.81	6.85	0.89	11.97**
G	6.39	6.30	0.16	2.17**
G1x	25.10	6.62	2.76	26.27**
G2	11.57	9.59	6.57	6.34**
G3	5.83	9.18	0.28	6.40**
G4	11.63	9.00	0.72	12.75**
G6	7.04	9.16	0.20	2.36**
G7	6.97	9.58	0.21	2.68**
aG	48.28	5.85	7.98	104.87**

** = $p \leq 0.01$; ^{ns} = no significativo ($p > 0.05$)

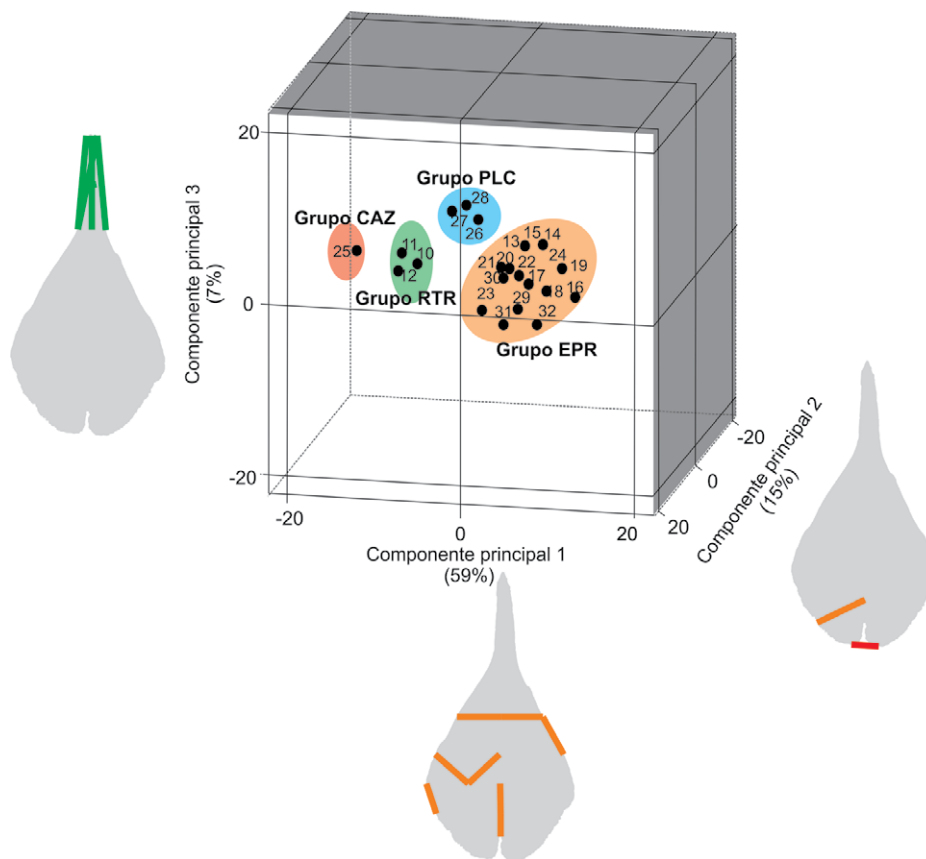


Figura 2. Dispersión de 23 recolectas de *V. pompona* con base en los 3 primeros componentes principales del análisis de 60 variables en Oaxaca, México.

El análisis cluster presenta, a una distancia media entre conglomerados de 0.7, la conformación de 6 grupos, a 0.8, la de 5 grupos, y a 0.9, la de 4 (fig. 3); este último valor nos permite observar un agrupamiento del complejo de *Vanilla pompona* en Oaxaca, en grupos morfológicamente diferentes: I, grupo RTR (río Tripa), formado por las recolectas 10, 11, 12, se caracteriza por presentar las siguientes longitudes: región apical del labelo (B1x) 5.46 mm, región media del labelo (D1x) 27.40 mm, región apical (F1x) 28.85 mm. Estas dimensiones, en conjunto con el tamaño horizontal del labelo (A, B, C, D, E, F) de 65.85 mm y los ángulos de la región media del labelo de 147 y 148 grados, hacen que el morfotipo de este grupo posea una forma redondeada en los lóbulos laterales que se prolonga hasta el lóbulo medio del labelo (fig. 3). II, Grupo CAZ (cerro Azul), constituido por la recolecta 25, se define por expresar las longitudes de menor magnitud con respecto al material analizado: región apical del labelo (B1x) 4.43 mm, región media del labelo (D1x) 25.54 mm, región apical (F1x) 25.03 mm. De la misma manera, presenta la menor longitud horizontal (A, B, C, D, E, F) 61.58 mm y ángulos en los lóbulos laterales, con menor apertura —135 y 136 grados—, lo cual genera

un morfotipo en el que los lóbulos laterales se diferencian significativamente del lóbulo apical del labelo (fig. 3). III, Grupo EPR (encino Amarillo, puente Yuu, río Salado, cerro Comal) agrupa 70% del germoplasma recolectado, lo que lo identifica como el grupo con mayor número de recolectas y representativo de *V. pompona* en Oaxaca. Se identifica por presentar la región apical del labelo (B1x) de 5.69 mm, la región media (D1x) de 34.68 mm, la región apical (F1x) 33.98 mm, estas medidas relacionadas con la longitud horizontal (A, B, C, D, E, F) de 73.72 mm y ángulos de la región media del labelo de 145 y 146 grados, expresan un morfotipo similar al grupo PLC, solo que con una mayor longitud transversal y vertical. IV, Grupo PLC (paso Lagarto, camino al Ixtle), las 3 recolectas que agrupa se distinguen porque la región apical del labelo (B1x) 5.23 mm, la región media (D1x) 32.21 mm y la región apical (F1x) 30.82 mm, son las segundas medidas con mayor magnitud en relación al material analizado; esta característica, en conjunto con el registro del mayor tamaño horizontal (75.84 mm) del labelo y los ángulos de los lóbulos laterales de 143 y 142 grados, genera un morfotipo semicircular (fig. 3).

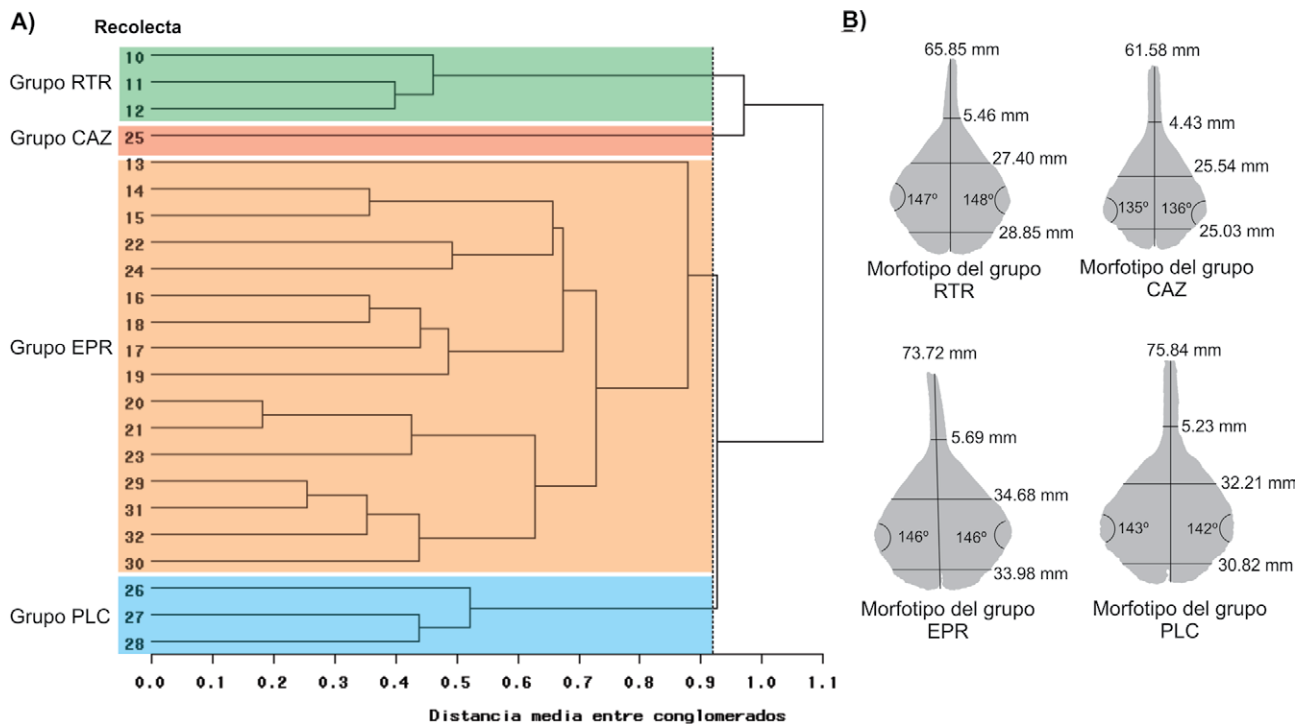


Figura 3. A) Dendrograma y agrupación de 23 recolectas de *V. pompona*, con base a la distancia media seleccionada entre conglomerados; B) morfotipos del labelo extendido de *V. pompona* en Oaxaca, México.

Discusión

Las dimensiones del labelo extendido para *V. pompona* subsp. *pompona* reportadas por Soto-Arenas y Dressler (2010) se encuentran en un rango de 60 a 80 mm de longitud horizontal (de la base fusionada del labelo a la columna, hasta los lóbulos apicales) y de 29 a 40 mm de longitud horizontal (distancia entre márgenes que conforman la mitad del labelo donde se sitúa el callo penicilado). Estos datos son similares con la longitud horizontal registrada en los grupos morfológicos de Oaxaca, donde el morfotipo CAZ presentó el valor menor (61.58 mm) y el morfotipo PLC el mayor (75.84). Para la longitud horizontal, solo los morfotipos RTR y CAZ se encuentran ligeramente por debajo del rango reportado 27.4 y 25.5 mm, respectivamente. Con este resultado, se infiere que es posible encontrar variaciones florales infraespecíficas en el labelo en *V. pompona*.

Para los ejemplares de *V. pompona* recolectados, 58 de los 60 caracteres evaluados en el labelo aportan información para la identificación de la variación morfológica dentro de la especie. Lo que confirma que en la familia *Orchidaceae*, el uso de caracteres del labelo resulta útil para conocer la variación infraespecífica (Ackerman y Galarza-Perez, 1991; Salazar-Rojas et al., 2009). Sin embargo, entre

las causas que ocasionan variación en rasgos florales se encuentran: la constante presión y selección de parte de los polinizadores, así como del ambiente (Sobel y Streisfeld 2013). Por lo cual, para corroborar que la variación del labelo en *V. pompona* está relacionada con la variación genética, se requiere de análisis con marcadores genéticos (Bory et al., 2008; Herrera-Cabrera et al., 2012).

Las recolectas que expresan los morfotipos RTR y EPR se localizan al sureste del estado y las recolectas que conforman los grupos morfológicos CAZ y PLC se ubican en el noreste, por lo cual, se encuentran separados por el complejo de montañas pertenecientes a la sierra Madre del Sur, que poseen la mayor altitud dentro del estado de Oaxaca, características que han facilitado el aislamiento de comunidades bióticas en esta región (Ceballos, 1995; Flores-Villela, 1993), de manera que dicha sierra funge como barrera geográfica que impide el flujo génico o intercambio de polen (Shimono et al., 2009).

La variación de morfotipos concuerda con lo mencionado por Soto-Arenas (1999), quien reporta la existencia de 2 poblaciones de *V. pompona*, una que se distribuye en la vertiente del golfo y otra en la costa del Pacífico mexicano, lo que convierte a Oaxaca en una región donde converge la mayor variación de la especie en el país. Esta diferencia se observa en el morfotipo EPR, ubicado en la zona ecológica

tropical húmeda del Pacífico, el cual presenta un tamaño de la región media del labelo de 34.68 mm, una región apical de 33.98 mm y una longitud horizontal de 73.72 mm, que lo convierte en el morfotipo con el labelo de mayor tamaño. En contraste, el morfotipo CAZ, ubicado al noreste de Oaxaca (cercano a la región sureste del golfo), presenta el labelo con menor tamaño, con una longitud de la región media de 25.54 mm, de la región apical de 25.03 mm y una longitud horizontal de 61.58 mm.

Si se consideran las variables ambientales que delimitan la distribución de orquídeas (Blinova, 2008; Hernández-Ruiz et al., 2016), las recolectas que presentan el morfotipo RTR y EPR (a excepción de las recolectas del sitio cerro Comal), se ubican en una zona ecológica templada húmeda y subhúmeda, donde las características predominantes son: precipitación media anual de 2,000 a 2,500 mm, régimen de humedad del suelo xérico. Los morfotipos CAZ y PLC, que agrupan 4 recolectas, se ubican en una zona ecológica tropical húmeda, donde las características predominantes son: precipitación media anual de 1,500 a 2,500 mm, régimen de humedad ústico y údico, características similares en las que se distribuye poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Hernández-Ruiz et al., 2016). Las características ambientales de los lugares de recolecta de *V. pompona*, corrobora que se puede distribuir en ambientes templados y tropicales con suelos donde el régimen de humedad es xérico como lo reportan Korthou y Verpoorte (2007).

La diferencia encontrada entre las formas del labelo de *Vanilla pompona* puede interpretarse como resultado de la constante presión y selección por parte de los polinizadores en conjunto con el ambiente (Chartier et al., 2013; Hodgins y Barrett, 2008; Sobel y Streisfeld 2013), donde los complejos montañosos han coadyuvado y fungido como barrera geográfica (Rzedowski, 1962).

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por el Fondo Sectorial de Investigación en materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SNITT-Conacyt-SAGARPA: 2012-04-190442 “Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la vainilla en México”).

Referencias

Ackerman, J. D. y Galarza-Perez, M. (1991). Patterns and Maintenance of Extraordinary Variation in the Caribbean Orchid, *Tolumnia* (Oncidium) variegata. *Systematic Botany*, 16, 182–194.

- Bateman, R. M. y Rudall, P. J. (2006) Evolutionary and morphometric implications of morphological variation among flowers within an inflorescence: a case-study using European orchids. *Annals of Botany*, 98, 975–993.
- Blinova, I. V. (2008). Populations of orchids at the northern limit of their distribution (*Murmansk Oblast*): Effect of climate. *Ekologiya*, 39, 26–33.
- Bory, S., Da Silva, D., Risterucci, A. M., Grisoni, M., Besse, P. y Duval, M. F. (2008). Development of microsatellite markers in cultivated vanilla: Polymorphism and transferability to other vanilla species. *Scientia Horticulturae*, 115, 420–425.
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M. F. y Besse, P. (2007). Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55, 551–571.
- Bruman, H. (1948). The culture history of Mexican vanilla. *The Hispanic American Historical Review*, 28, 360–376.
- Cameron, K. M. (2004). Utility of plastid psbB gene sequences for investigating intrafamilial relationships within Orchidaceae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31, 1157–1180.
- Catling, P. M. (1990). *Malaxis salazarii*, a new species from Mexico and northern Mesoamerica. *Orquidea*, 12, 93–104.
- Ceballos, G. (1995). Vertebrate diversity in Neotropical deciduous forests. En M. A. Mares, y D. J. Schmidley (Eds.), *Latin American mammalogy: history, diversity and conservation* (pp. 167–198). Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Chartier, M., Pélozuelo, L., Buatois, B., Bessière, J. M. y Gibernau, M. (2013). Geographical variations of odour and pollinators, and test for local adaptation by reciprocal transplant of two European *Arum* species. *Functional Ecology*, 27, 1367–1381.
- Flores-Villela, O. (1993). Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. En T. P. Ramamoorthy, A. Lot, y J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution* (pp. 253–280). Nueva York: Oxford University Press.
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B. E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V. M., Bustamante-González, A., Campos-Contreras, J. E. et al. (2016). Potential distribution and geographic characteristics of wild populations of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 64, 235–246.
- Herrera-Cabrera, B. E., Castillo-González, F., Ortega-Pazkca, R. A., Sánchez-González, J. J. y Goodman, M. M. (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23, 335–354.
- Herrera-Cabrera B. E., Salazar-Rojas, V. M., Delgado-Alvarado, A., Campos-Contreras, J. E. y Cervantes-Vargas, J. (2012). Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan region, México. *European Journal of Environmental Sciences*, 2, 37–44.
- Hodgins, K. A. y Barrett, S. C. H. (2008). Geographic variation in floral morphology and style-morph ratios in a sexually polymorphic daffodil. *American Journal of Botany*, 95, 185–195.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Localidades de la República Mexicana, 2010, escala: 1:1. Obtenido de Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México D.F. Recuperado 10 enero, 2019 de: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/loc2010gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Korthou, H. y Verpoorte, R. (2007). *Vanilla*. En R. G. Berger (Ed.), *Flavours and fragrances chemistry, bioprocessing and sustainability* (pp. 203-213). Hannover: Springer.
- Podolsky, R. H. y Holtsford, T. P. (1995). Population structure of morphological traits in *Clarkia dudleyana*. I. Comparison of FST between allozymes and morphological traits. *Genetics*, 140, 733–744.
- Rzedowski, J. (1962). Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México: algunas consideraciones sobre el factor endémico en la flora Mexicana. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 27, 56–62.
- Salazar-Rojas, V. M., Herrera-Cabrera, B. E., Soto-Arenas, M. Á. y Castillo-González, F. (2009). Morphological variation in *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas Orchidaceae in traditional home gardens of Chilapa, Guerrero, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57, 543–552.
- SAS (Statistical Analysis Systems). (2002). SAS/STAT Users guide, version 9. SAS Institute Inc., North Carolina 14.
- Shimono, Y., Watanabe, M., Hirao, A. S., Wada, N. y Kudo, G. (2009). Morphological and genetic variations of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between fellfield and snowbed populations. *American Journal of Botany*, 96, 728–737.
- Shipunov, A. B. y Bateman, R. M. (2005). Geometric morphometric as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85, 1–12.
- Sneath, P. H. A., y Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy. The principles and practices of numerical classification*. San Francisco: W. H. Freeman and Co.
- Sobel, J. M. y Streisfeld, M. A. (2013). Flower color as a model system for studies of plant evo-devo. *Frontiers in Plant Science*, 4, 1–17.
- Soto-Arenas, M. A. (1999). Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoín, A.C. Informe Final SNIB-Conabio, Proyecto J101. Recuperado 10 enero, 2017 de: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ101.pdf>
- Soto-Arenas, M. A. y Cribb, P. (2010). A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). *Lankesteriana*, 9, 355–398.
- Soto-Arenas, M. A. y Dressler, R. L. (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, 85–354.
- Vodouhè, R. y Dansi, A. (2012). The “Bringing into cultivation” phase of the plant domestication process and its contributions to in situ conservation of genetic resources in Benin. *The Scientific World Journal*, 2012, 176939.