
**DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
GENOTIPOS SILVESTRES DE *Cuitlauzina pendula* LEX (ORCHIDACEAE)**

Julieth Pantoja-Ambriz; Martha E. Pedraza-Santos; Pedro A. López y Patricio Apáez Barrios

RESUMEN

Cuitlauzina pendula Lex es una orquídea endémica de México, distribuida principalmente en el Estado de México, Jalisco y Michoacán, que actualmente está en la categoría de especie amenazada; por lo que es importante conocer su distribución y variabilidad fenotípica para establecer estrategias de manejo, conservación y utilización. El objetivo del presente estudio fue conocer la distribución actual de *C. pendula* en el Estado de Michoacán y caracterizar morfológicamente el material recolectado. La especie se encontró en ocho localidades, en donde se recolectaron 67 genotipos, a los cuales se les midieron variables morfológicas y se sometieron a un análisis de componentes principales (CP) y de conglomerados que definió tres grupos. Los tres primeros CP explicaron 70,1% de la variación

acumulada entre grupos. En el grupo I se ubicaron 19 genotipos que presentaron flores más grandes y pseudobulbos de mayor longitud, diámetro y grosor. El grupo II, con 22 genotipos, presentó más pseudobulbos por planta, hojas más grandes y flores de menor tamaño. El grupo III, conformado por 26 ejemplares, mostró el menor número de pseudobulbos por planta, además fueron los más pequeños y con hojas de menor tamaño. Existe gran variabilidad morfológica entre accesiones de *C. pendula*, la cual es importante conservar y usar en programas de mejoramiento genético, debido a que en la actualidad se encontró esta especie en menor número de localidades que anteriormente, lo cual indica que sus poblaciones se están reduciendo.

Introducción

La familia Orchidaceae, considerada la más grande y diversa de las angiospermas, tiene una amplia distribución en climas subtropicales y

templados; sin embargo, es de las familias más susceptibles a perturbaciones como la fragmentación y la extracción masiva que ocurren en los ecosistemas en que habitan. México cuenta con 1263 espe-

cies registradas de orquídeas, de las cuales 585 son endémicas (Espejo, 2012) y 188 están incluidas en la norma oficial vigente NOM-ECOL- 059-2001 en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT, 2010).

Para el resto de las especies aún no se tienen estudios que sugieran que su diversidad haya sido afectada.

Una de las orquídeas endémicas de México que actualmente está en la categoría de

PALABRAS CLAVE / Análisis de Conglomerados / Componentes Principales / Recolectas / Variabilidad Fenotípica /

Recibido: 19/01/2016. Modificado: 31/10/2016. Aceptado: 01/11/2016.

Julieth Pantoja-Ambriz. Ingeniera Agrónoma, especialista en Fruticultura y M.C. en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), México. Profesora, UMSNH, México.

Martha E. Pedraza-Santos. Ingeniera Agrónoma, especialista en Fruticultura, UMSNH,

México. M.C. en Ciencias en Fruticultura y Doctora en Ciencias en Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Profesora Investigadora, UMSNH, México. Dirección: Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N Col. Viveros. C.P. 60170. Uruapan, Michoacán, Méxi-

co. e-mail: marelpesa@yahoo.com.mx

Pedro A. López. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Universidad Autónoma Chapingo, México. M.C. en Genética Vegetal, COLPOS, México. Ph.D. en Mejoramiento Genético, Iowa State University, EEUU. Profesor Investigador,

COLPOS, Campus Puebla. México

Patricio Apáez Barrios. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. M.C. y Doctor en Ciencias en Botánica, COLPOS, México. Profesor, UMSNH. México.

DISTRIBUTION AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF WILD GENOTYPES OF *Cuitlauzina pendula* LEX (ORCHIDACEAE)

Julieth Pantoja-Ambriz; Martha E. Pedraza-Santos; Pedro A. López and Patricio Apáez Barrios

SUMMARY

Cuitlauzina pendula Lex is an orchid endemic to Mexico, mainly distributed in the states of Mexico, Jalisco and Michoacán. It is currently listed as an endangered species, so it is important to know its distribution and phenotypic variability in order to establish management, conservation and utilization strategies. The aim of this study was to determine the current distribution of *C. pendula* in the State of Michoacán and morphologically characterize collected material. The species was found in eight areas of the State, from which 67 genotypes were collected; their morphological variables were measured and subjected to principal component (PC) and cluster analysis that defined three groups. The first three PCs

explained 70.1% of the accumulated variation among groups. Group I comprised 19 genotypes, which had larger flowers and pseudobulbs of greater length, diameter and thickness. Group II, with 22 genotypes, presented more pseudobulbs per plant, larger leaves and smaller flowers. Group III, consisting of 26 genotypes, showed the lowest number of pseudobulbs per plant; they were also the smallest and with smaller leaves. There is great morphological variability among accessions of *C. pendula*, which is important to conserve and use in breeding programs because today this species is found in fewer locations than before, which indicates that its populations are shrinking.

DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE GENÓTIPOS SELVAGENS DE *Cuitlauzina pendula* LEX (ORCHIDACEAE)

Julieth Pantoja-Ambriz; Martha E. Pedraza-Santos; Pedro A. López e Patricio Apáez Barrios

RESUMO

Cuitlauzina pendula Lex é uma orquídea endêmica do México, distribuída principalmente no Estado de México, Jalisco e Michoacán, e que está atualmente na categoria de espécies ameaçadas de extinção; por isso é importante conhecer sua distribuição e variabilidade fenotípica para estabelecer estratégias para o manejo, conservação e utilização. O objetivo do presente estudo foi conhecer a actual distribuição de *C. pendula* no estado de Michoacán e realizar a caracterização morfológica do material coletado. A espécie foi encontrada em oito locais; nessas regiões foram coletados 67 genótipos, nos quais foram avaliadas variáveis morfológicas e realizada uma análise de componentes principais (CP) e agrupamento, que definiu três grupos. Os três primeiros CP explicaram

70,1% da variação acumulada entre os grupos. No grupo I se localizaram 19 genótipos que apresentaram flores maiores e pseudobulbos de maior comprimento, diâmetro e espessura. O grupo II, com 22 genótipos, apresentou mais pseudobulbos por planta, folhas maiores e flores de tamanho menor. O grupo III, composto de 26 exemplares, apresentou o menor número de pseudobulbos por planta, além disso, foram os menores e com folhas de tamanho menor. Existe grande variabilidade morfológica entre os acessos de *C. pendula*, que é importante para conservar e utilizar em programas de melhoramento genético, devido a que atualmente esta espécie foi encontrada em poucos locais, indicando que as suas populações estão reduzindo.

amenazada es *C. pendula* Lex. (SEMARNAT, 2010), la cual presenta gran variabilidad en sus inflorescencias racimosas, flores vistosas de sépalos y pétalos blanco-rosados o de color rosado-lila a rosado, el labelo más oscuro y el callo amarillo con puntos rojos (Szeszko, 2011). Al igual que muchas epífitas silvestres mexicanas, tiene alta demanda en el mercado nacional e internacional como planta de ornato (Menchaca *et al.*, 2012). Sin embargo, su aprovechamiento se limita a la recolección de plantas que se extraen de su hábitat en floración y la gran mayoría de los ejemplares se venden sin sustrato ni maceta. Esta práctica

disminuye la probabilidad de supervivencia de las plantas fuera de su hábitat, sobre todo si el comprador no es experto cultivador, y además se reduce la reproducción de la población explotada (Flores-Palacios y Valencia-Díaz, 2007), porque la tasa de crecimiento de poblaciones epífitas está fuertemente influenciada por la supervivencia de adultos (Zotz y Schmidt, 2006), el crecimiento clonal y el número mínimo de semillas producidas. Así mismo, el cambio en el uso del suelo por actividades como cultivos agrícolas conlleva también a la reducción de especies, principalmente las epífitas (Hundera *et al.*, 2013).

De seguir operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, *C. pendula* podría encontrarse en peligro de desaparecer en su hábitat a corto o mediano plazo como ocurrió con la especie *Laelia gouldiana* (SEMARNAT, 2010).

Ya se han reportado otros casos de pérdida de algunas especies de orquídeas en el país. Por ejemplo, la recolección ilegal de plantas, en conjunto con la deforestación y la fragmentación del bosque tropical son las causas principales de la erradicación de 22 especies de orquídeas epífitas en el Estado de Yucatán (Olmsted y Juárez, 1996) y seis en Veracruz, y de que se haya propuesto la extinción de una más (Sosa y Pla-

tas, 1998). En ese último Estado, la riqueza y volumen de epífitas nativas comercializadas de forma ilícita es igual al volumen promedio anual de las exportaciones legales de orquídeas mexicanas (Flores-Palacios y Valencia-Díaz, 2007).

Esta situación enfatiza la necesidad de conocer la distribución actual y las características morfológicas del germoplasma de *C. pendula* existente, tanto *in situ* como *ex situ*, para desarrollar estrategias de conservación de este recurso vegetal (Zotz y Schmidt, 2006) y para la identificación y uso adecuado de genotipos con valor potencial en programas de mejoramiento genético. Por lo anterior, el presente estudio

tuvo como objetivos conocer la distribución actual de *C. pendula* en el Estado de Michoacán, México, y caracterizar morfológicamente genotipos de esta especie.

Materiales y Métodos

Recolecta y distribución geográfica de los genotipos

La investigación se inició con la revisión de la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para examinar datos pasaporte de genotipos de *C. pendula*, en México y en particular en el estado de Michoacán. Con el fin de conocer su distribución en años anteriores, y para verificar su existencia actual, se hicieron muestreos entre enero 2009 y febrero 2011 en los sitios reportados. Con estos datos se elaboró un mapa de distribución real mediante el programa ArcView®. También se generó un mapa nacional de

distribución potencial, con el programa Maxent® (*Maximum Entropy Species Distribution Modeling*) versión 3.3.3k, para lo cual se utilizaron los datos vectoriales de clima, precipitación media anual y uso de suelo y vegetación de CONABIO. Todos los genotipos recolectados (67 genotipos) en las localidades donde estuvieron presentes se registraron y depositaron en el banco de germoplasma del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos. Las plantas fueron lavadas con agua y jabón y se retiraron partes muertas o dañadas; posteriormente se procedió a colocarlas y sujetar con estambre sobre troncos de encino de 40-80cm de longitud y de 15-30cm de diámetro, en función del tamaño de la planta. Con el propósito de someter los genotipos recolectados a condiciones ambientales similares, se trasladaron a un huerto de aguacate y bajo el dosel de los árboles permanecieron durante 15 meses. Las condiciones ambientales de

este sitio fueron: temperatura máxima 26°C, media de 19°C, mínima de 12°C, y precipitación pluvial anual de 1400mm.

Variables medidas

Después de 15 meses, en cada uno de los 67 genotipos se registraron el número de pseudobulbos por planta, la longitud y el diámetro del pseudobulbo y hojas 1 y 2; la longitud, los diámetros máximo y mínimo de sépalos, pétalos y labelo y la longitud del pedicelo (Figura 1). Todas las mediciones se realizaron en mm con una regla y un vernier digital. La variable cualitativa color del labelo se registró de acuerdo con las cartas de color de la *Royal Horticultural Society* (RHS); los cuatro colores observados se ordenaron del tono más claro al más intenso: 75D pink violet, 76B light violet, N74C purple pink y 70B pink purple. Para transformar esta variable de pseudo cualitativa a cuantitativa, a los colores se les asignaron los valores 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con 67 tratamientos que consistieron en las diferentes plantas o genotipos recolectados en ocho localidades.

Análisis estadístico

Las variables registradas se analizaron con el paquete esta-

dístico SAS (*Statistical Analysis System*) versión 9.1 (SAS, 2003). Debido a que las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, con el procedimiento Proc GLM se realizó un análisis de varianza de una vía (Steel y Torrie, 1986) con base en los intervalos de las variables originales, ya que los valores pueden analizarse sin asumir una distribución en particular, como proponen Conover e Iman (1981) y Marden y Muyot (1995), siendo este análisis similar a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para la comparación de k muestras independientes (Siegel, 1995). También se realizó un análisis de correlación de Pearson, mediante el procedimiento Proc Corr, para eliminar de análisis subsiguientes caracteres altamente correlacionados ($r \geq 0.70$). De esta forma se seleccionaron las variables que mostraron diferencias significativas entre genotipos y con baja correlación entre ellas para elaborar una matriz básica de promedios, a la cual se aplicaron las técnicas de análisis multivariado, como el análisis de componentes principales, mediante el procedimiento Proc Princomp. Se estimó la matriz de distancias euclidianas con el procedimiento Proc Dist, con la cual se realizó el análisis de conglomerados mediante el procedimiento Proc Cluster, que se agrupó con el método de mínima varianza dentro de grupos de Ward; esto generó

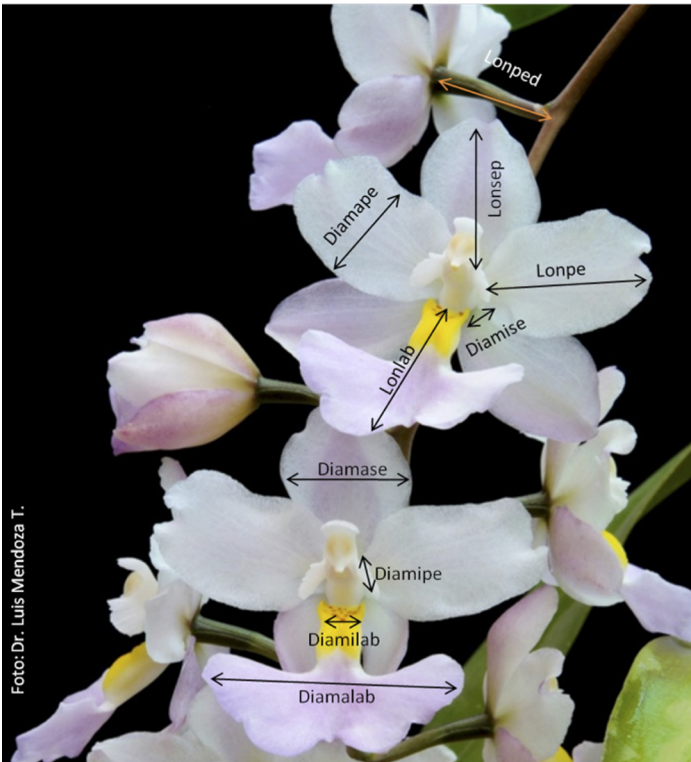


Figura 1. Variables reproductivas medidas en accesiones de *Cuitlauzina pendula* Lex. Lonlab, Diamalab y Diamilab: longitud, diámetro máximo y mínimo de labelo; Lonsep, Diamase y Diamise: longitud, diámetro máximo y mínimo de sépalos; Lonpe, Diamape y Diamipe: longitud, diámetro máximo y mínimo de pétalos; Lonped: longitud pedicelo.

TABLA I LOCALIDADES EXPLORADAS DEL ESTADO DE MICHOCÁN, MÉXICO CON REGISTROS ANTERIORES DE PRESENCIA DE <i>Cuitlauzina pendula</i> LEX DONDE NO SE ENCONTRARON EJEMPLARES DE LA ESPECIE		
Localidad	Municipio	Coordenadas
Corupo	Uruapan	19°29'N, 102°12'O
San Lorenzo	Uruapan	19°26'N, 102°12'O
Charapan	Charapan	19°34'N, 102°17'O
Zacán	Los Reyes de Salgado	19°34'N, 102°28'O
San José de Gracia	Los Reyes de Salgado	19°34'N, 102°28'O
Senguio	Senguio	19°41'N, 100°21'O
El leal	Periban	19°31'N, 102°25'O
Ciudad Hidalgo	Hidalgo	19°38'N, 100°32'O
Jesús del Monte	Morelia	19°39'N, 101°10'O
San Miguel del Monte	Morelia	19°39'N, 101°10'O
Santiago Undameo	Morelia	19°37'N, 101°10'O
San Felipe de los Alzati	Zitacuaro	19°28'N, 100°20'O
Ocampo	Ocampo	19°24'N, 100°23'O

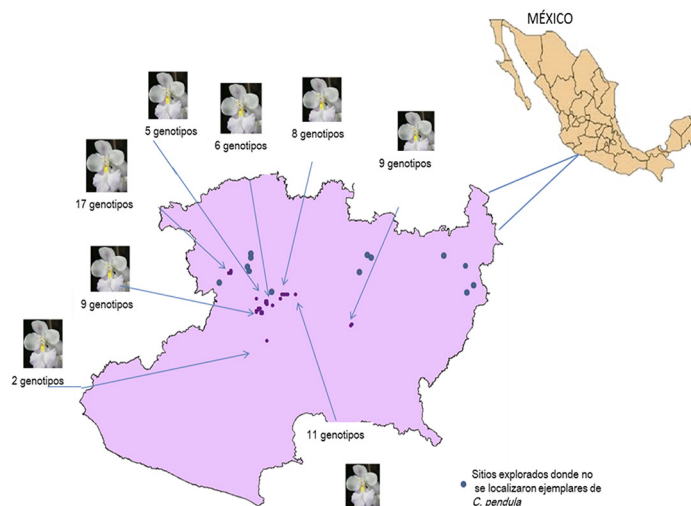


Figura 2. Distribución actual y recolectas de genotipos de *Cuitlauzina pendula* Lex, en el Estado de Michoacán, México.

un dendrograma que permitió conocer la estructura de variación de los genotipos. Con el objeto de verificar las diferencias entre los grupos formados, se realizó un segundo análisis de varianza de una vía para los grupos, con base en los rasgos de las variables originales, por medio del procedimiento Proc GLM. También se aplicó la prueba de Tukey de comparación múltiple de medias de los datos originales entre los grupos identificados.

Resultados y Discusión

Distribución actual de la especie

En el Estado de Michoacán, México, *C. pendula* se encontró presente en ocho localidades que pertenecen a cinco municipios; y ausente de las localidades de Corupo, San Lorenzo, Charapan, Zacán, San José de Gracia, El Leal, Ciudad Hidalgo, Jesús del Monte, San Miguel del Monte, Santiago Undameo, San Felipe de los Alzati, Senguio y Ocampo, de nueve municipios del Estado (Tabla I y Figura 2). Esto evidencia la reducción en la distribución de esta especie. Una de las principales causas puede ser que la mayoría de estas zonas quedan comprendidas dentro de la franja aguacatera del Estado, que ha crecido, de 78 530ha en el año 2000 a 127 084ha en 2014 (SIAP,

2015); a costa de un drástico cambio de uso del suelo de bosques de pino-encino a huertos de aguacate.

En este sentido, con la implementación de plantaciones frutales en áreas forestales se practica extracción de árboles, en muchos de los cuales las orquídeas están como epifitas. Situación similar ha ocasionado la inserción de cafetales en regiones de Etiopía, y de acuerdo con Hundera *et al.* (2013) esto ha reducido la densidad y diversidad de varias especies epifitas, consecuencia de las modificaciones microclimáticas provocadas por la disminución en la densidad de árboles, y la menor altura y tamaño del dosel vegetal. En ambientes perturbados se afecta la abundancia y comportamiento de polinizadores, lo cual también puede explicar las reducciones en poblaciones de orquídeas (Eckert *et al.*, 2010). De acuerdo con los resultados de la presencia actual de esta especie, aunque se encuentra bajo la categoría de amenazada en la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT, 2010), podría encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo en el estado de Michoacán.

Por otra parte, las localidades donde se encontró y recolectó *C. pendula* presentan factores agroecológicos diversos. Los climas van de semi-

cálido subhúmedo con lluvias en verano a templado subhúmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2012). Las temperaturas medias oscilan de 20 a 24°C, la precipitación pluvial anual de 1200 a 1600mm y la humedad relativa entre 70 y 90%. La frecuencia de granizadas es de una a cuatro por año (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010). Esta variabilidad en condiciones ambientales puede incidir en la morfología de la planta.

El análisis de distribución potencial indica que las regiones con excelente probabilidad (63-86%) de presencia de *C. pendula* son las siguientes: el sureste del Istmo, Sierra Norte, sureste de la Cañada y sur de la Mixteca del estado de Oaxaca; sur de la Montaña del estado de Guerrero, la reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca ubicada entre los estados de Michoacán y México; y la región sur del estado de Jalisco que está dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Figura 3). Esto indica que sólo dos regiones son Áreas Naturales Protegidas, y constituyen sitios prioritarios de la conservación *in situ* de la especie; el resto de las regiones con alta probabilidad de presencia de *C. pendula* están en áreas expuestas a perturbación ecológica. Los resultados sugieren que el programa empleado (Maxent) predice de

manera satisfactoria la distribución potencial de *C. pendula*. Por lo tanto, el mapa presentado puede servir como base para orientar el trabajo de campo hacia sitios específicos donde la especie podría encontrarse, pero para los cuales todavía no existe una prueba fehaciente de su presencia.

Caracterización morfológica

En los genotipos recolectados, aunque estuvieron 15 meses en condiciones ambientales similares, el 100% de las variables morfológicas sometidas al análisis de varianza presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (Tabla II). Las características que presentaron la más alta variabilidad, con base en el coeficiente de variación, fueron: longitud y grosor del pseudobulbo (16,1 y 27,5% respectivamente) y longitud de hoja 1 y 2 (18,4 y 19,2% respectivamente). Así también, características como longitud y diámetro de sépalo, pétalo y labelo presentaron amplias diferencias entre genotipos. Estos resultados indican gran variación morfológica dentro de la especie y son similares a los registrados en la orquídea *Laelia autumnalis* por Hernández-Muñoz *et al.* (2013), quienes al hacer la caracterización morfológica de 85 accesiones, encontraron que el 93% de las

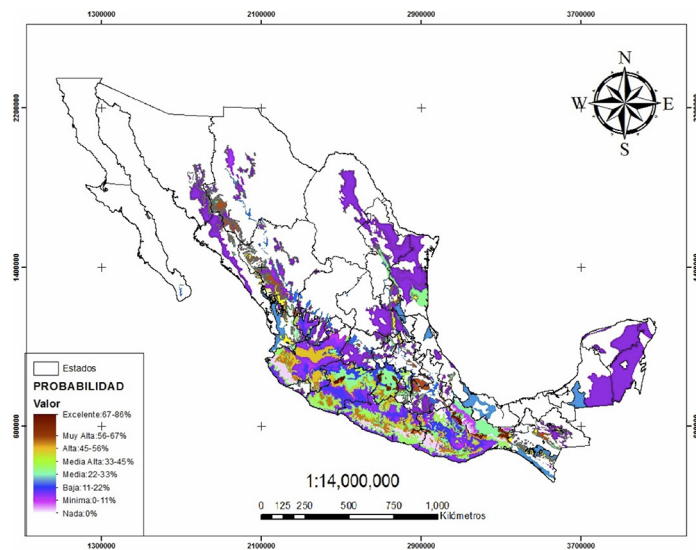


Figura 3. Distribución potencial de *Cuitlauzina pendula* Lex. en México.

TABLA II
ESTADÍSTICOS BÁSICOS DE CARACTERES MORFOLÓGICOS DE 67 GENOTIPOS
DE *Cuitlauzina pendula* LEX RECOLECTADOS EN MICHOACÁN, MÉXICO

Variables	Datos originales				Análisis por intervalos		
	Media	Mínimo	Máximo	CV	R ²	CMGP	CME
	----- mm-----			%			
Longitud							
Sépalo 1	24,07	18,0	29,50	4,25	0,79	594508**	13564
Sépalo 2	24,02	18,0	29,50	3,78	0,80	602433**	12604
Sépalo 3	24,08	18,0	29,50	3,53	0,85	541596**	9600
Pétalo 1	24,20	18,0	29,00	4,24	0,89	671483**	7004
Pétalo 2	24,10	17,4	28,50	3,55	0,89	674258**	6826
Labelo	28,32	21,0	39,00	4,88	0,87	653440**	8540
Hoja 1	204,40	80,0	415,00	18,40	0,60	79722**	8523
Hoja 2	203,13	69,0	480,00	19,20	0,61	56205**	6588
Pseudobulbo	93,28	32,9	184,00	16,11	0,72	98121**	5991
Pedicelo	29,15	8,0	41,50	5,71	0,89	670209**	7078
Diámetro							
Hoja 1	37,56	20,0	69,00	12,90	0,61	80479**	8372
Hoja 2	36,56	14,0	65,00	13,50	0,64	59359**	5987
Pseudobulbo	40,58	11,1	67,02	15,84	0,69	94412**	6600
Grosor							
Pseudobulbo	24,83	6,3	60,00	27,50	0,68	91546**	7061
Diámetro máximo							
Sépalo 1	16,10	10,0	21,00	6,89	0,82	619352**	11504
Sépalo 2	16,27	11,0	21,00	6,72	0,83	625040**	11007
Sépalo 3	16,18	11,0	27,60	7,22	0,81	610665**	12288
Pétalo 1	17,50	12,0	24,00	4,19	0,89	671521**	7008
Pétalo 2	17,56	12,1	23,00	4,20	0,89	671988**	7055
Labelo	34,03	21,0	42,00	3,06	0,85	642089**	9333
Diámetro mínimo							
Sépalo1	4,31	2,0	5,90	9,18	0,57	418643**	26553
Sépalo 2	4,38	2,8	6,10	9,20	0,44	321285**	34509
Sépalo 3	4,40	3,0	5,90	7,90	0,61	453570**	24275
Pétalo 1	4,23	2,5	5,60	12,39	0,43	309692**	35392
Pétalo 2	4,27	2,5	5,50	12,22	0,45	335826**	34412
Labelo	5,13	24,5	9,00	9,80	0,47	301894**	29225
Color de la flor (escala 1-4)	2,91	1,00	4,00	3,73	0,99	735216**	393
Seudobulbos por planta	9,63	1,00	23,00	11,80	0,94	126142**	1280

R²: coeficiente de determinación, CMG: cuadrados medios para genotipos, CME: cuadrados medios del error, CV: coeficiente de variación, ** P≤0,01.

TABLA III
VALORES Y VECTORES PROPIOS DEL ANÁLISIS DE
COMPONENTES PRINCIPALES DE CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS DE 67 GENOTIPOS DE *Cuitlauzina*
pendula LEX, RECOLECTADOS EN MICHOACÁN, MÉXICO

Variable original	CP1	CP2	CP3
Valor propio	3,175	1,843	1,295
Varianza proporcional	0,352	0,205	0,144
Varianza acumulada	0,352	0,558	0,701
Vectores propios/variable original			
Longitud hoja 1	0,027	0,414	0,578
Pseudobulbos por planta	0,180	0,403	-0,386
Longitud pseudobulbo	0,389	0,393	0,126
Grosor pseudobulbo	0,395	0,281	-0,281
Longitud sépalo 2	0,322	-0,233	0,507
Diámetro mínimo sépalo3	0,498	-0,223	-0,002
Diámetro mínimo pétalo1	0,341	-0,440	0,135
Diámetro mínimo labelo	0,126	-0,358	-0,367
Color del labelo	-0,418	-0,081	0,110

CP1, CP2 y CP3: Componentes principales uno, dos y tres, respectivamente.

variables morfológicas presentaron diferencias estadísticas altamente significativas a pesar de estar establecidas en similares condiciones ambientales. Respuesta similar se encontró en la caracterización morfológica de *Oncidium tigrinum*, ya que el 98% de las variables fueron estadísticamente diferentes (Cerna-Carbajal *et al.*, 2014).

Análisis de componentes principales

El análisis multivariado de las variables morfológicas mostró que los primeros tres componentes principales (CP) concentraron 70,14% de la variación total del conjunto de datos. El componente principal 1 (CP1), explicó 35,2% de la variación total y estuvo aso-

ciado principalmente con el diámetro mínimo del sépalo 3, grosor de pseudobulbos y el color de labelo (Tabla III). El componente principal 2 (CP2), explicó 20,5% de la variación total y estuvo determinado por el diámetro mínimo de pétalo 1, número de pseudobulbos por planta y longitud de estos. El componente principal 3 (CP3), explicó el 14,4% de la variación y estuvo determinado por la longitud de hoja 1, longitud de sépalo 2 y diámetro mínimo del labelo (Tabla III). En este sentido, los parámetros morfológicos más significativos para discriminar variabilidad entre genotipos son: longitud de hoja 1, número de pseudobulbos por planta, longitud y grosor del pseudobulbo, longitud de sépalo 2, diámetro mínimo de sépalo 3, diámetro mínimo de pétalo 1 y color del labelo. Estos resultados son similares a los obtenidos en la caracterización de la orquídea epífita *L. autumnalis* por Hernández-Muñoz *et al.* (2013), quienes encontraron que los primeros tres CP explicaron el 63,6% de la variabilidad total, desglosando que el CP1 explicó el 35,02% y estuvo determinado por caracteres reproductivos y vegetativos, mientras que el CP2 aportó el 15,8% de la variabilidad y estuvo influenciado tanto por variables vegetativas como la longitud de pseudobulbo y longitud de hoja 1, así como por variables reproductivas como el ancho del lóbulo medio. La variación explicada por el tercer componente principal (CP3) representó 12,8% y estuvo determinada por el diámetro del pseudobulbo, ancho del sépalo lateral 2 y longitud de la bractéola. Así también, en la caracterización morfológica de accesiones de *Oncidium tigrinum* los tres primeros CP concentraron el 59,9% de la variabilidad (Cerna-Carbajal *et al.*, 2014). Mientras que en *Laelia anceps* subsp. *Dawsonnii* f. *Chilapensis* éstos aportaron el 98% de la variación total (Salazar-Rojas *et al.*, 2010), por lo que el ACP ha sido de gran utilidad en la

caracterización morfológica de orquídeas. Los caracteres agrupados en los primeros tres CP son los más relevantes, puesto que reúnen más de la mitad de la variabilidad acumulada; sin embargo la selección del número de componentes principales que se deben tomar para el análisis aún es tema de estudio y discusión (López-Santiago *et al.*, 2008).

Estructura de variación

Como resultado del análisis de conglomerados se obtuvo el

dendrograma, que identificó tres grupos (Figura 4). El grupo I estuvo formado por 19 genotipos, la mayoría de San Rafael y solo dos de Uruapan; estos materiales presentaron estructuras vegetativas y reproductivas grandes, por lo que la longitud y diámetro máximo de los sépalos (25,1 y 19,04mm respectivamente) y pétalos (20,6mm), así como la longitud y diámetro máximo y mínimo del labelo (31,44; 39,7 y 5,29mm respectivamente) fueron los de mayor tamaño. Por otro lado, las hojas de las plantas de este grupo son de tamaño mediano

(194,24mm), poseen 10,3 pseudobulbos en promedio por planta, y son los de mayor longitud, diámetro y grosor (107,46; 45,53 y 30,93mm respectivamente) (Tabla IV). En el grupo I los genotipos P1 y P4, así como los genotipos P51, P52, P58, P59, P60 y P63, destacaron por presentar las flores más grandes, y los pseudobulbos de mayor tamaño. Por lo tanto, pueden ser usadas como características distintivas para la selección de líneas parentales dentro de un programa de mejoramiento, como se hizo en *Tigridia pavonia* (Piña-Escutia *et al.*, 2010), con la que se generaron nueve variedades ahora registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) de México (SNICS, 2015). El grupo II estuvo formado por 22 genotipos, los cuales

poseen el mayor número de pseudobulbos por planta (11,5 en promedio) y las hojas más grandes (225,75mm en promedio). Sin embargo, sus flores son las más pequeñas de los tres grupos (longitud de sépalos de 22,6mm; longitud de pétalos 22,39mm; y longitud, diámetro máximo y mínimo del labelo de 26; 30,8 y 5,3mm respectivamente) y con el pedicelo más corto de los tres grupos (24,81mm) (Tabla IV). Sus flores presentan tonalidades de rosa menos intenso (más blancuecinas que rosas), tonos 75D pink violet y 76B light violet, según la tabla de la RHS. El grupo III se formó con 26 genotipos. Estos presentaron el menor número de pseudobulbos por planta (5,07 en promedio), y son los de menor tamaño y grosor (71,33 y 32,54mm respectivamente).

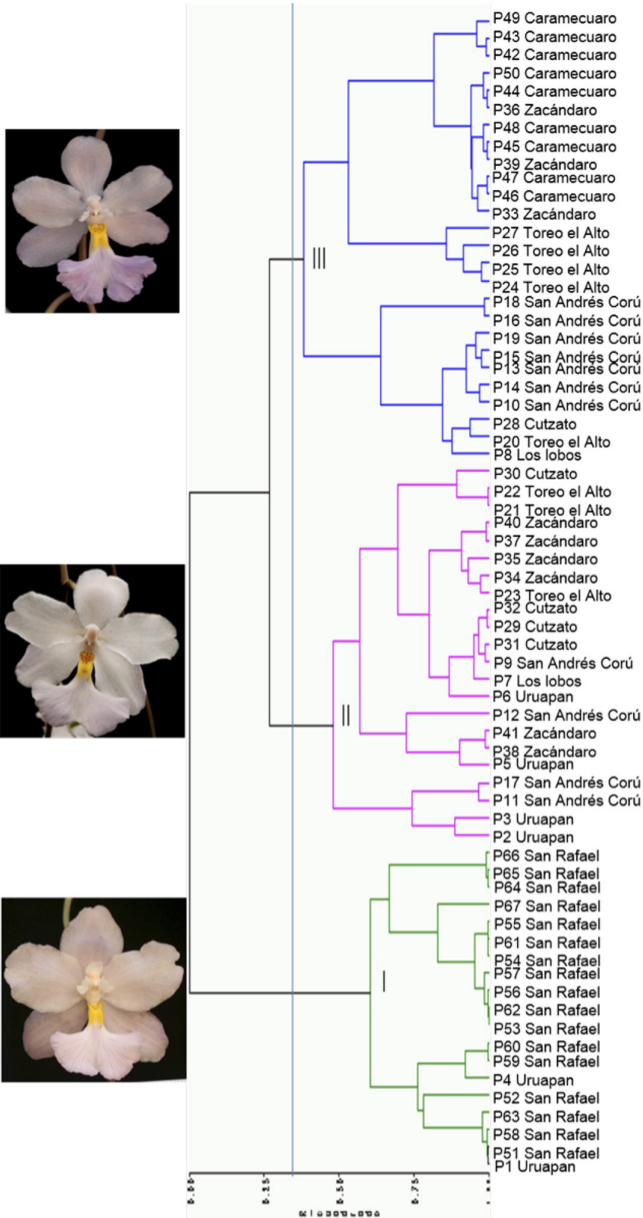


Figura 4. Dendrograma que muestra la estructura de variación de 67 genotipos de *Cuatrecasaz pendula* Lex.

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS POR GRUPO
DE 67 GENOTIPOS DE *Cuatrecasaz pendula* LEX
DEL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO

Variables	Grupos		
	I	II	III
Longitud (mm)			
Sépalo 1	24,98 a*	22,62 b	24,63 a
Sépalo 2	24,81 a	22,62 b	24,58 a
Sépalo 3	24,93 a	22,65 b	24,67 a
Pétalo 1	26,23 a	22,33 c	24,15 b
Pétalo 2	25,93 a	22,32 c	24,13 b
Labelo	31,44 a	25,97 c	27,78 b
Hoja 1	192,71 b	226,55 a	183,84 b
Hoja 2	195,77 b	224,94 a	178,16 c
Pseudobulbo	107,46 a	92,25 b	71,33 c
Pedicelo	35,90 a	24,81 c	27,29 b
Diámetro (mm)			
Hoja 1	36,81 b	39,37 a	35,52 b
Hoja 2	36,76 a	38,29 a	32,97 b
Seudobulbos	45,53 a	40,44 b	32,54 c
Grosor (mm)			
Seudobulbos	30,93 a	23,51 b	16,98 c
Diámetro máximo (mm)			
Sépalo 1	18,54 a	14,44 c	15,52 b
Sépalo 2	18,69 a	14,74 c	15,58 b
Sépalo 3	18,51 a	14,58 c	15,63 b
Pétalo 1	20,50 a	15,91 c	16,37 b
Pétalo 2	20,58 a	16,04 b	16,36 b
Labelo	39,70 a	30,76 c	32,15 b
Diámetro mínimo (mm)			
Sépalo 1	4,75 a	3,98 c	4,25 b
Sépalo 2	4,65 a	4,17 c	4,34 b
Sépalo 3	4,95 a	4,06 c	4,25 b
Pétalo 1	4,46 a	3,93 c	4,30 b
Pétalo 2	4,56 a	3,95 c	4,30 b
Labelo	5,29 a	4,97 c	5,16 b
Color de la flor (escala 1-4)	2,88 ab	2,80 b	3,06 a
Seudobulbos por planta	10,34 b	11,50 a	5,07 c

* Medias con la misma letra en cada variable entre grupos, son estadísticamente similares de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0,05).

También tienen las hojas más pequeñas de los tres grupos (longitud de 181mm), con pedicelos de 24,78mm de longitud (Tabla IV). Los labels de las flores con tonalidades de rosa más intenso (N74C y 70B de acuerdo a la tabla de la RHS).

La variación morfológica de las accesiones recolectadas de *C. pendula* presentan cierta relación con su origen geográfico. Así, en el grupo I se ubican únicamente ejemplares con localidades que están entre los 1590 y 1762msnm, con clima templado y lluvias en verano. Estos resultados son similares con los obtenidos en la caracterización morfológica de *Tigridia pavonia*, especie bulbosa nativa de México, en donde los genotipos se agruparon de acuerdo a su origen geográfico (Piña-Escutia *et al.*, 2010).

Por otra parte, en los grupos II y III se encuentran genotipos de distintos orígenes geográficos. Esto hace evidente que la morfología de las estructuras vegetativas y florales no son totalmente influenciados por factores ambientales determinados por la altitud, sino que también podrían ser afectados por características microambientales y el tipo de vegetación, lo cual es característico de los nichos ecológicos o microambientes de las zonas con relieve accidentado en México y que están representadas en las condiciones donde se recolectaron los materiales para este estudio. La falta de diferenciación geográfica también puede estar relacionada con la fragmentación del ambiente donde se desarrolla la especie, sobre todo por la acción del hombre.

El conocimiento sobre las características y la diversidad de los genotipos silvestres de *C. pendula* puede apoyar estrategias para su reproducción y posterior conservación, uso eficiente y mejoramiento genético. En este sentido, surgen como alternativa las técnicas aplicadas en otras especies de

orquídeas nativas mexicanas para preservar a largo plazo sus genotipos sobresalientes (Mata-Rosas *et al.*, 2015), mejorar su propagación *in vitro* (Mata-Rosas *et al.*, 2011) y desarrollar métodos de cultivo y nutrición (Jiménez-Peña *et al.*, 2015).

Conclusiones

En el Estado de Michoacán estuvo presente *C. pendula* en ocho localidades, las que representan menos de la mitad de las localidades en donde se tienen registros de su existencia, lo cual evidencia la drástica disminución en su distribución.

Existe variabilidad morfológica entre los genotipos de *C. pendula*, principalmente en el número de pseudobulbos por planta, longitud de pseudobulbos, diámetro máximo de sépalo 1, longitud y diámetro máximo y mínimo de sépalo 3 y diámetro máximo y mínimo del labelo.

Los genotipos con los pseudobulbos y flores más grandes pueden ser útiles para la selección de líneas parentales dentro de programas de mejoramiento.

REFERENCIAS

Cerna-Carbajal YG, Espinosa-Amezcu A, Pedraza-Santos (2014) Caracterización morfológica de genotipos silvestres de *Oncidium tigrinum*. Resumen en extenso. Memorias 9º Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología e Innovación. Morelia, México. pp. 1727-1732.

Conover WJ, Iman RL (1981) Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *Am. Stat.* 35: 124-129.

Eckert CG, Kalisz S, Geber MA, Sargent RE, Cheptou P, Goodwillie C, Johnston MO, Kelly JK, Moeller DA, Porcher E, Ree R, Vallejo-Marin M, Winn A (2010) Plant mating systems in a changing world. *Trends Ecol. Evol.* 25: 35-43.

Espejo SA (2012) El endemismo de las Liliopsida mexicanas. *Acta Bot. Méx.* 100: 195-257.

Flores-Palacios A, Valencia-Díaz S (2007) Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biol. Conserv.* 136: 372-387.

Gutiérrez-Contreras M., Lara-Chávez B, Guillén Andrade H, Chávez-Bárcenas A (2010) Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* 35: 647-653.

Hernández-Muñoz S, Pedraza-Santos ME, Morales-García JL, Guillén-Andrade H, López PA, Téllez-Velasco MA (2013) Phenotypic Characterization of Mexican Orchid *Laelia autumnalis*. *Acta Hort.* 977: 245-252.

Hundera K, Aerts R, Beenhouwer M, Overtveldt KV, Helsen K, Muys B, Honnay O (2013) Both forest fragmentation and coffee cultivation negatively affect epiphytic orchid diversity in Ethiopian moist evergreen Afro-montane forests. *Biol. Conserv.* 159: 285-291.

INEGI (2012) Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. <http://inegi.org.mx>. (Cons. 11/12/2015).

Jiménez-Peña N, Sandoval-Villa M, Volke-Haller VH, Pedraza-Santos M, Colinas-León T (2015) Vegetative development by using nutrient solutions in *Laelia autumnalis* and *Paphiopedilum insigne* orchids. *Wulfenia* 22: 347-359.

López-Santiago J, Nieto-Ángel R, Barrientos-Priego A, Rodríguez-Pérez E, Colinas-León MT, Borys F, González-Andrés (2008) Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus* spp). *Rev. Chap. Ser. Hort.* 14: 97-111.

Mata-Rosas M, Baltazar-García RJ, Chávez-Avila VM (2011) *In vitro* regeneration through direct organogenesis from protocorms of *Oncidium tigrinum* Llave & Lex. (Orchidaceae), an endemic and threatened Mexican species. *HortScience* 46: 1132-1135.

Mata-Rosas M, Lastre-Puertos E (2015) Long-term conservation of protocorms of *Brassavola nodosa* (L.) Lind. (Orchidaceae): Effect of ABA and a range of cryoconservation techniques. *CryoLetters* 36: 289-298.

Marden JI, Muyo MET (1995) Rank tests for main and interaction effects in analysis of variance. *J. Am. Stat. Assoc.* 90: 1388-1398.

Menchaca GRA, Lozano RM, Sánchez A (2012) Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México. *Rev. Mex. Cien. For.* 3: 9-16.

Olmsted I, Juárez MG (1996) Distribution and conservation of epiphytes on the Yucatán Peninsula. *Selbyana* 17: 58-70.

Piña-Escutia JL, Vences-Contreras C, Gutiérrez-Martínez MG, Vázquez-García L, Arzate-Fernández AM (2010) Caracterización morfológica y molecular de nueve variedades botánicas de *Tigridia pavonia* (L.f.) DC. *Agrociencia* 44: 147-158.

Salazar-Rojas VM, Herrera-Cabrera BE, Soto-Arenas MA, Castillón-González F (2010) Morphological variation in *Laelia anceps* subsp. *Dawsonii* f. *Chilapensis* Soto-Arenas, Orchidaceae in traditional home gardens of Chilapa, Guerrero, Mexico. *Genet. Resour. Crop. Ev.* 57: 543-552.

SAS (2003) *SAS/STAT User's Guide*. Ver. 9.1. SAS Institute. Inc. Cary, NC, EEUU. 1689 pp.

SEMARNAT (2010) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.semarnat.gob.mx> (Cons. 02/01/2014).

Siegel S (1995) *Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta*. 4ª ed. Trillas. México. 457 pp.

Steel RGD, Torrie JH (1986) *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2ª ed. McGraw-Hill. México. 622 pp.

Szeszko FD (2011) *La Orquideoflora Mexiquense*. Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal. México. 362 pp.

SIAP (2015) *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2000-2015*. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 21/12/2015).

SNICS (2015) Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. <http://snics.sagarpa.gob.mx> (Cons. 21/12/2015).

Sosa V, Platas T (1998) Extinction and persistence of rare orchids in Veracruz, Mexico. *Conserv. Biol.* 12: 451-455.

Zotz G, Schmidt G (2006) Population decline in the epiphyte orchid *Aspasia principissa*. *Conserv. Biol.* 129: 82-92.