



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE *Vanilla planifolia* J. EN LA REGIÓN DE LA HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO

AGUSTÍN MACEDA RODRÍGUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2015



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ


SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03


CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Agustín Maceda Rodríguez**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Distribución potencial, caracterización morfológica y conocimiento tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la región de la Huasteca Hidalguense**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 23 de enero del 2015.



Agustín Maceda Rodríguez



Vo. Bo. Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera
Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Distribución potencial, caracterización morfológica y conocimiento tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la región de la Huasteca Hidalguense, México**, realizada por el alumno: **Agustín Maceda Rodríguez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. BRAULIO EDGAR HERRERA CABRERA

ASESORA:


DRA. ADRIANA DELGADO ALVARADO

ASESOR:


DR. VÍCTOR MANUEL SALAZAR ROJAS

ASESOR:


DR. JORGE EDUARDO CAMPOS CONTRERAS

ASESOR:


DR. MARIO ALBERTO CRUZ LOZANO

Puebla, Puebla, México, 9 de febrero del 2015

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y
CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE *VANILLA planifolia* J. EN LA REGIÓN DE LA
HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO

Agustín Maceda Rodríguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

V. planifolia se considera originaria de México, pero en la actualidad no se tienen registros sobre su distribución ni sobre el germoplasma en el Estado de Hidalgo. Los objetivos del presente trabajo fueron: Ubicar la distribución potencial y factores ambientales que influyen en la misma, identificar la variación morfológica, conocer el manejo tradicional e identificar la etapa del proceso de domesticación de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense. El trabajo consistió en ubicar las poblaciones de *V. planifolia* y en función de su georeferenciación con 21 variables bioclimáticas se planteó su distribución potencial. En abril se colectaron flores y el labelo se separó para realizar la caracterización; al final se aplicó una encuesta, para identificar la etapa de domesticación y el manejo tradicional que realizan los productores de la Huasteca Hidalguense. Los resultados muestran 22 poblaciones de *V. planifolia*. El modelo de distribución potencial se validó con un valor de AUC de 0.985, presentó tres áreas de probabilidad de encontrar poblaciones de vainilla, que estuvieron influidas por la precipitación del mes más seco, altitud y cobertura vegetal. Mediante los tres primeros componentes principales (79% de la variación) se obtuvieron cinco morfotipos. Los Morfotipos I y V son los de mayor distribución, y los Morfotipo I y II los de mayor amplitud y tamaño de labelo. Los productores están en las primeras etapas de domesticación por lo que no hay una presión de selección fuerte sobre *V. planifolia*. El conocimiento de la distribución, la variación del germoplasma y la identificación del manejo tradicional, permitirán proponer estrategias de conservación de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense, México.

Palabras clave: conservación, germoplasma, Hidalgo, recurso genético, variación genética.

POTENTIAL DISTRIBUTION, MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND
TRADITIONAL KNOWLEDGE OF *Vanilla planifolia* J. IN THE REGION OF THE
HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO

Agustín Maceda Rodríguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

V. planifolia is deemed originally from Mexico, but currently there are not records on distribution or on the germplasm in the state of Hidalgo. The aims of this study were: locating the potential distribution and the environmental factors influencing it, identifying the morphological variation, knowing the traditional management and identifying the stage of domestication process of *V. planifolia* in the Huasteca Hidalguense. The study involved locating populations of *V. planifolia*. According to their georeferencing with 21 bioclimatic variables its potential distribution was established. In April flowers were collected and the labellum was separated to be characterized; finally a survey was applied to identify the stage of domestication and traditional management carried out by farmers of the Huasteca Hidalguense. The results show 22 populations of *V. planifolia*. The potential distribution model was validated with an AUC of 0.985 and presented three areas of probability of finding populations of vanilla, which were influenced by precipitation of driest month, altitude and vegetative cover. Using the first three principal components (79% of the variation), five morphotypes were obtained. The Morphotypes I and V are the most widely distributed, and Morphotype I and II of greater amplitude and labellum size. Farmers are in early stages of domestication so there is no strong selection pressure on *V. planifolia*. The knowledge of the distribution, variation of germplasm and identification of traditional management, will allow proposing conservation strategies for *V. planifolia* into the Huasteca Hidalguense, Mexico.

Key words: conservation, germplasm, genetic resource, genetic variation, Hidalgo.

DEDICATORIA

A mis padres: gracias a sus enseñanzas de la vida construyo día a día un camino de triunfos y logros, este trabajo es un producto más de ellos.

A mi hermano y su familia: Por la ayuda que me brindaron en algunos momentos de la maestría además de las alegrías de mi sobrina Sofía que me permitían aliviar tensiones, muchas gracias.

A mis abuelitos paternos y maternos: quienes me transmitieron experiencias y vivencias que fortalecieron mi educación y mi vida.

A Verónica: por tu apoyo moral y por los consejos que me brindaste a lo largo de la maestría.

A mi consejo conformado por el Dr. B. Edgar Herrera, Dr. Víctor Salazar, Dra. Adriana Delgado, Dr. Jorge Campos y Dr. Mario Cruz: por la ayuda, orientación, paciencia y amistad que me brindaron durante estos dos años de maestría.

A Doña Yolanda García, Don Eugenio Melchor, Daniel Melchor y Dulce Melchor: quienes me ayudaron a entrar y conocer por primera vez las localidades y municipios de la Huasteca Hidalguense.

A Don Manuel Ambrocio y al Profesor Vite: por la amistad que me brindaron y la ayuda que me ofrecieron durante mis colectas de campo.

A Sandy Rivera, Álvaro Hernández y Doña Martha: quienes me apoyaron durante mis estadías en la región.

A Don Eutiquio, Don Lino, Don Joel Butrón, Don Pablo, Don Reyes y demás productores de la Huasteca Hidalguense quienes me permitieron entrar a sus comunidades y poder realizar mis colectas.

A mis amigos y compañeros de la maestría.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados y el cuerpo académico y administrativo del Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional (EDAR) Campus Puebla por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgó e hizo posible mis estudios de Maestría.

Al Proyecto 2012-04-190442 “Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México” y el SNITT (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable) que permitieron el financiamiento para el desarrollo de la investigación.

A los miembros del Consejo Particular de la presente investigación que me orientaron durante la investigación, escrito y desarrollo de la tesis de maestría:

Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera

Dra. Adriana Delgado Alvarado

Dr. Víctor Manuel Salazar Rojas

Dr. Jorge Eduardo Campos Contreras

Dr. Mario Alberto Cruz Lozano

Especialmente al Dr. B. Edgar Herrera Cabrera, Dra. Adriana Delgado Alvarado y Dr. Víctor Manuel Salazar Rojas por las asesorías, consejos, comentarios, correcciones, sugerencias indispensables para la investigación y sobre todo la convivencia que tuvimos dentro del colegio y durante las salidas a campo.

Esta investigación fue financiada por:



Colegio de Postgraduados



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT; Beca Maestría)



Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable



Proyecto 2012-04-190442 “Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México”

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. Justificación.....	2
2. Problema de investigación.....	4
3. Hipótesis.....	6
4. Objetivos.....	6
5. Bibliografía.....	6
CAPÍTULO I. ASPECTOS TEÓRICOS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, VARIACIÓN MORFOMÉTRICA Y DOMESTICACIÓN DE <i>V. planifolia</i>	10
1.1. Introducción.....	11
1.2. Diversidad y variación.....	11
1.3. Distribución potencial.....	13
1.4. Caracterización y morfología.....	14
1.5. Conocimiento tradicional.....	21
1.6. Proceso de domesticación en plantas.....	25
1.7. Literatura citada.....	33
CAPÍTULO II. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Vanilla planifolia</i> G. JACK (ORCHIDACEAE) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO.....	39
2.1 Introducción.....	40

2.2 Materiales y métodos.....	42
2.3 Resultados.....	46
2.4 Conclusiones.....	56
2.5 Literatura citada.....	58
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA FLORAL DE	
<i>Vanilla planifolia</i> PRESENTE EN LA HUASTECA HIDALGUENSE.....	
3.1 Introducción.....	64
3.2 Materiales y métodos.....	65
3.3 Resultados y discusión.....	67
3.4 Conclusiones.....	71
3.5 Literatura citada.....	84
3.6 Anexo.....	86
CAPÍTULO IV. EL PROCESO DE DOMESTICACIÓN Y CONOCIMIENTO	
TRADICIONAL DE <i>Vanilla planifolia</i> en la Huasteca Hidalguense, México.....	
4.1 Introducción.....	92
4.2 Materiales y métodos.....	93
4.3 Resultados.....	98
4.4 Conclusiones.....	101
4.5 Literatura citada.....	108
CONCLUSIONES GENERALES.....	109
	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos destacados que permiten la formación de una estructura homóloga para <i>Vanilla planifolia</i>	19
Figura 2. Localización de las 22 poblaciones de <i>V. planifolia</i> en la Huasteca Hidalguense.....	48
Figura 3. Validación del modelo de distribución potencial de <i>V. planifolia</i> en la Huasteca Hidalguense.	50
Figura 4. Distribución potencial de <i>V. planifolia</i> en la región de la Huasteca hidalguense.....	51
Figura 5. Test de Jackknife.....	54
Figura 6. Respuesta de <i>V. planifolia</i> a las variables de altitud y precipitación del mes más seco (bio14).....	55
Figura 7. Obtención del labelo.....	70
Figura 8. Trazos y ángulos del labelo de <i>V. planifolia</i>	71
Figura 9. Dispersión de las 22 colectas de <i>V. planifolia</i> realizadas en la Huasteca Hidalguense (derecha) y las variables que más afectan los Componentes Principales (izquierda).....	77
Figura 10. Dendograma de las 22 colectas de <i>V. planifolia</i> en la región de la Huasteca Hidalguense, en base a 64 variables y agrupamiento de similitud.....	78
Figura 11. Perfil de expresión morfológica del estandarte de cada Morfotipo basado en el comportamiento de las variables con respecto a la estructuración del dendograma.....	80
Figura 12. Principales factores ambientales (de izquierda a derecha y de arriba a abajo: altitud, clima, tipo de suelo y vegetación) donde se distribuyen los cinco Morfotipos, se aprecia que no existe un patrón de distribución con respecto a estos factores ambientales.....	82
Figura 13. Variables de labelo asociadas a la entrada del polinizador.....	83

Figura 14. Polinización manual de <i>V. planifolia</i> realizada por un productor de la Huasteca Hidalguense.....	105
Figura 15. Producción de vainas.....	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables ambientales empleadas para obtener la distribución potencial de <i>V. planifolia</i> en la Huasteca Hidalguense, México.....	44
Cuadro 2. Ubicación de poblaciones de <i>V. planifolia</i> , altitud, clima y vegetación en el Estado de Hidalgo, México.....	47
Cuadro 3. Porcentaje de contribución de las variables al modelo de distribución potencial generado por Maxent.....	53
Cuadro 4. Colectas del Estado de Hidalgo.....	69
Cuadro 5. Análisis de Varianza para las 22 colectas	72
Cuadro 6. Vectores, valores propios y proporción acumulada de la variación explicada por cada variable, en los tres primeros CP.....	74
Cuadro 7. Promedios de los Morfotipos para cada una de las variables.....	90
Cuadro 8. Entrevista realizada a 15 productores de la Huasteca Hidalguense.....	102
Cuadro 9. Principales factores de los cuidados y usos que se le da a <i>V. planifolia</i> en la Huasteca Hidalguense.....	104

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es considerado uno de los principales centros de domesticación de plantas cultivables que tienen una relevancia importante en la actualidad (Gómez, 2004; CONABIO, 2011). Los agricultores interactúan con la naturaleza al seleccionar empíricamente las plantas que satisfacen sus necesidades, lo que genera una variación en las poblaciones que presentan características específicas a las necesidades y gustos (Bellon, 2009; Herrera *et al.*, 2010; CONABIO, 2011).

Vanilla planifolia es una orquídea de importancia económica, cultural y de consumo desde épocas prehispánicas (Toussaint, 2002a; Hágsater *et al.*, 2005; Soto, 2006), debido a la venta de productos derivados del beneficiado de sus frutos, los cuales se utilizan principalmente en la industria alimenticia, licorera, refresquera, farmacéutica, cosmética, tabacalera y artesanal (Toussaint, 2002b; Hágsater *et al.*, 2005).

El cultivo de la vainilla tiene efectos sociales, económicos y ecológicos, ya que presenta una fuerte influencia cultural de tradiciones y costumbres que se preservan en la actualidad. La vainilla genera fuentes de empleo, sobre todo, en el periodo de la polinización; representa un ingreso por la venta de vainas verdes y/o beneficiadas de manera tradicional o en la elaboración de artesanías; además, el sistema de cultivo tradicional localizado en acahuales, permite mantener zonas naturales sin modificar de manera drástica el ambiente (Sánchez-Morales *et al.*, 2001; Barrera-Rodriguez, *et al.*, 2009; Hernández-Hernández, 2011).

En México se inició el aprovechamiento de los frutos de *V. planifolia* al colectarse, inicialmente, los frutos secos al sol de plantas ubicadas en las zonas naturales, después, se colectaban verdes para su beneficiado en la época prehispánica y parte

del período novohispano Prácticamente es hasta el siglo XVIII cuando que se tienen registros de su cultivo, debido a la demanda que se desarrolló a nivel mundial (Hágsater *et al.*, 2005). Durante los siglos XIX y XX la vainilla se cultivó principalmente en la región del Totonacapan (Puebla-Veracruz), no obstante, su utilización no sólo se delimita a esta zona, presentándose también en otros estados como Oaxaca, Chiapas, Tabasco, San Luis Potosí e Hidalgo, donde es poca la información que se tiene actualmente (Castro-Bobadilla y García-Franco, 2007).

1. Justificación

En las zonas productoras de vainilla, a pesar de que existen las condiciones climáticas favorables y culturales para su cultivo, la producción no es suficiente para impactar en el los mercados nacional e internacional, debido a que existen diferentes factores que limitan la producción a gran escala, como son: enfermedades, plagas, falta de variedades certificadas, caída de fruto prematuro (Reyes-López *et al.*, 2008; Castro-Bobadilla *et al.*, 2011; Hernández-Hernández, 2011), ausencia de paquete tecnológico, precio adecuado del producto, entre otros. etc.

A través del tiempo, los agricultores han desempeñado un papel esencial en la conservación y generación de variación, por la utilización del germoplasma a través de la domesticación. De esta forma, se han generado los recursos genéticos existentes, debido a que los campesinos han establecido una relación estrecha con su entorno natural, que aún se mantiene (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012). Para estas comunidades, la integración hombre-planta-medio ha sido la base de su desarrollo cultural (Herrera-Cabrera *et al.*, 2010).

De esta interrelación se han generado sistemas complejos de conocimiento tradicional, que han configurado gran parte de la diversidad de los recursos genéticos de México, entre ellos la vainilla (Challenger, 1998; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010). De manera que, en el contexto mesoamericano, podemos decir, que la domesticación de las plantas en los sistemas tradicionales de producción ha funcionado como un modelo de conservación muy particular para numerosos recursos genéticos, durante cientos de años (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012).

En el Estado de Hidalgo, México, únicamente Lubisnky y otros investigadores (2008) señalan que realizaron tres colectas en la zona y que provenían de Papantla, Ver. Por lo anterior, es necesaria la ubicación de poblaciones de *V. planifolia*, y los ambientes donde se distribuye en el Estado, porque su estudio permitirá la ubicación de la distribución geográfica de la especie y la posibilidad de entender que las poblaciones presenten características propias (variación), debido a su interacción con las condiciones ambientales que influyen en el desarrollo mismo de las plantas (Cortéz *et al.* 2005; Martínez *et al.* 2007). Lo anterior, porque esta especie se encuentra Sujeta a Protección especial (Pr) bajo la norma 059 de SEMARNAT 2010, debido a que de manera silvestre sólo existen 30 colectas registradas y es susceptible a la fragmentación de su hábitat y cambios drásticos del medio (Soto 2006; Soto-Arenas y Dressler 2010). Aunado a que, en la región de la Huasteca Hidalguense no se ha estudiado el germoplasma de *V. planifolia* existente por lo que, mediante la caracterización morfológica del labelo, se podrá identificar la variación infraespecífica de las poblaciones presentes en la zona, debido a que la especie está en constante presión de selección natural (Shipunov y Bateman 2005, Niet *et al.* 2010).

La vainilla es un recurso genético muy importante, cultural, económico, biológico y social; lo que obliga a estudiar el proceso de domesticación y la generación de variación infraespecífica del germoplasma de *V. planifolia* que se localiza en la región de la huasteca Hidalguense, donde los agricultores han estado en contacto con la planta.

2. Problema de investigación

A pesar de que durante más de dos siglos México fue el principal productor de vainilla, en la actualidad la producción es muy baja y escasa, representa tan sólo el 1% mundial, superado ampliamente por Madagascar e Indonesia (Soto, 2006). El problema de la baja producción es debido a dos factores principales: el bajo precio de la vainilla en verde y la escasa producción. Este último factor es debido principalmente a la caída prematura del fruto, lo cual afecta a todas las plantaciones cultivadas en los diferentes estados de México, lo que reduce la productividad del cultivo a tan sólo 8-10% del total (Soto, 2006; Hernández-Hernández, 2011).

La identificación de la variación infraespecífica, diversidad genética y el conocimiento tradicional mediante el cual se preserva la vainilla en México, sería fundamental para poder enfrentar los problemas de la baja productividad. Por ejemplo, Salazar-Rojas *et al.* (2011), mediante un análisis aromático de las vainas beneficiadas de *Vanilla planifolia* demostraron que éstas presentaban variación quimiotípica, y que se debía a la selección realizada por los agricultores, quienes escogían los esquejes de vainilla con base al aroma y al sabor para utilizarlos en alimentos o ungüentos, no necesariamente por cuestiones económicas.

Por lo tanto, si partimos de que para las comunidades rurales la integración hombre-planta-medio, ha sido la base de su desarrollo cultural (Herrera-Cabrera *et al.*, 2010), que la domesticación de las plantas en los sistemas tradicionales de producción ha funcionado como un modelo de conservación muy particular para numerosos recursos genéticos, durante cientos de años en Mesoamérica (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012), y que la conservación y reproducción de la vainilla se ha dado durante más de doscientos años, no sólo en la región del Totonacapan, es muy probable que el germoplasma que se localiza en otras regiones y en otras culturas sea diverso, lo que hace necesario estudiar, conocer y comprender las causas y la variación genética de *Vanilla planifolia* presente en la región de la huasteca Hidalguense de México.

3. Hipótesis

Hipótesis general

La interacción hombre-planta-ambiente permite la conservación y variación morfológica floral de *V. planifolia* en la región de la huasteca Hidalguense.

Hipótesis particulares

Hay variación morfológica floral en *V. planifolia* debido a la diferencia climática en la huasteca Hidalguense.

Los pobladores de la huasteca hidalguense realizan un manejo tradicional para el cultivo de *V. planifolia*.

4. Objetivos

Objetivo general

Caracterizar la variación morfológica floral y conocer el manejo tradicional de *Vanilla planifolia* J. en la región de la Huasteca Hidalguense.

Objetivos particulares

Revisar los herbarios y ubicar las poblaciones de *V. planifolia* en la región de la Huasteca Hidalguense.

Caracterizar la variación morfológica floral de *V. planifolia* presente en la Huasteca Hidalguense.

Conocer el manejo tradicional del cultivo de vainilla e identificar las acciones locales, que permiten la selección y conservación de su diversidad en la región de la huasteca Hidalguense.

5. Literatura citada

Barrera-Rodríguez A, Herrera-Cabrera BE, Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido JS, Bustamante-González A. (2009) Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2):199-212.

Bellon MR. (2009) Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, Capital natural de México, II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 355-382.

Castro-Boadilla G, García-Franco JG. (2007) *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Andrews) crop systems used in the Totonacapan área of Veracruz, México: Biological and productivity evaluation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5:136-139.

Castro-Bobadilla G, Martínez AJ, Martínez ML, García-Franco JG. (2011) Aplicación de riego localizado para aumentar la retención de frutos de *Vanilla planifolia* en el Totonacapan, Veracruz, México. *Agrociencia*, 45(3):281-291.

Challenger A. (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, SC. México. 847 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2011) La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 p.

Cortéz AL, Aceves L, Arteaga R, Vázquez MA. (2005) Zonificación agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela, *TERRA Latinoamericana*, 23(2):159-166.

Gómez, M. A. (2004) La agricultura orgánica en México y el mundo. *Biodiversitas CONABIO*, 55:13-15.

Hágsater E, Soto-Arenas MÁ, Salazar-Chávez GA, Jiménez-Machorro R, López-Rosas MA, Dressler RL. (2005) Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, México, DF. 304 p.

Hernández-Hernández J. (2011) Paquete tecnológico Vainilla. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Sagarpa-INIFAP 1-24.

Herrera-Cabrera BE, Miranda-Trejo J. Delgado-Alvarado A. (2010) Conocimiento tradicional, predictores climáticos y diversidad genética. Lambert Academic Publishing, Germany. 54 p.

Herrera-Cabrera BE, Salazar-Rojas VM, Delgado-Alvarado A, Campos-Contreras JE, Cervantes-Vargas J. (2012) Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region. México. European Journal of Environmental Sciences, 2(1):37-44.

Lubinsky P, Bory S, Hernández J, Seung K, Gómez A. (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]), *Economy Botany*. 62(2):127-138.

Martínez, JL.; Tijerina, L.; Arteaga, R.; Vázquez, MA.; Becerril, AE. (2007) Determinación de zonas agroclimáticas, para la producción de mango (*Mangifera indica* L. "Manila") en Veracruz, México, *Investigaciones Geográficas* 63:17-35.

Niet T, Zollikofer CPE, Ponce de León M, Jhonson SD, Linder HP. (2010) Three-dimensional geometric morphometrics for studying floral shape variation. *Trends in Plant Science*, 15(8):423-426.

Reyes-López D, Rodríguez-Morales B, Kelso-Bucio HA, Huerta-Lara M, Ibáñez-Martínez A. (2008) Beneficiado tradicional de Vainilla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, Puebla. 69 p.

Salazar-Rojas MV, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M. (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59:875-887.

Sánchez-Morales S, Becerril-Román AE, Tijerina-Chávez L, Santizo-Rincón JA. (2001) Crecimiento y desarrollo de vainilla en tres sistemas de producción de Papantla, Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1):49-56.

Shipunov AB, Bateman RM. (2005) Geometric morphometrics as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85:1-12.

Soto-Arenas MÁ. (2006) La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO, *Biodiversitas* 66:1-9.

Soto-Arenas MA, Cribb P. (2010) A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae:Vanillinae). *Lankesteriana*, 9(3):355-398.

Toussaint-Samat M. (2002a) La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. *Claridades Agropecuarias*, 101:3-16.

Toussaint-Samat M. (2002b) La vainilla, un extracto ampliamente utilizado por la industria de alimentos en el mundo. *Claridades Agropecuarias* 101:17-26.

CAPÍTULO I

ASPECTOS TEÓRICOS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, VARIACIÓN MORFOMÉTRICA Y DOMESTICACIÓN DE *Vanilla planifolia* J.

Resumen

Vanilla planifolia es una especie nativa de México que tiene una importancia cultural y económica, por lo que es necesario entender los conceptos y teorías de los tres principales factores que permiten la construcción de este recurso genético: el ambiente, la especie y el hombre. Al realizar una revisión bibliográfica se entendieron los conceptos y trabajos relacionados a la distribución geográfica, variación morfométrica y domesticación de *Vanilla planifolia*. Mediante Sistemas de Información Geográfica se puede determinar la distribución potencial de una especie e identificar los factores ambientales que modifican esta distribución, sin embargo, para *V. planifolia* no existe actualmente información relacionada con la distribución potencial, por lo que es indispensable la realización de nuevas investigaciones. La caracterización morfométrica es importante porque permite identificar el germoplasma existente, y se emplea principalmente la caracterización morfométrica floral, mediante la utilización de estructuras como el labelo que se ha utilizado para otras especies de orquídeas pero no para *V. planifolia*. Por último, el conocimiento tradicional es un conjunto de saberes acumulados, con los cuales el hombre realiza un proceso de domesticación y preserva los recursos genéticos, sin embargo para *V. planifolia*, solamente se ha estudiado en la región del Totonacapan, por lo que es importante realizar estudios en regiones donde se desconoce la forma en que se preserva a *V. planifolia*.

Palabras clave: Conceptos, germoplasma, efecto ambiental, labelo, conocimiento tradicional, recurso genético.

1.1 Introducción

La interacción a través del tiempo entre hombre-planta-ambiente es lo que da origen a los recursos genéticos. Éstos se definen como la materia prima viva (animales, plantas, hongos, bacterias, etc.), producto de la domesticación que brinda un beneficio (valor de uso o valor de cambio) (Herrera-Cabrera *et al.*, 2010; CONABIO, 2011).

Estos recursos potenciales son reservorios importantes de material genético, que se pueden utilizar para el desarrollo de plantas, resistentes a diferentes condiciones ambientales o a requerimientos nutricionales (Salazar, 2007). Por eso, es necesaria la identificación de estas variantes en los diferentes cultivos existentes, a través del estudio de su variación (Herrera-Cabrera *et al.* 2010).

Los campesinos preservan una gran cantidad de plantas que han seleccionado a lo largo de muchas generaciones, por lo que han obtenido variedades que presentan características que satisfacen sus necesidades y se adaptan a condiciones ambientales específicas. Esta gama de variedades de plantas agrícolas (germoplasma) guardan en su interior variaciones genéticas, que pueden tener una importancia comercial o cultural (Herrera-Cabrera *et al.*, 2010). Por lo tanto, conocer las variaciones fenotípicas o genotípicas es importante para el desarrollo de programas de uso y preservación *in situ* (Bellon *et al.*, 2009).

1.2 Diversidad y variación

La diversidad genética es la suma de las diferencias de alelos y genotipos presentes en los individuos de una población, especie o grupo de especies (Frankham *et al.*, 2002).

Esta diversidad es producto de la variación, identificada en las similitudes o diferencias que hace único a un individuo, por lo que cada entidad biológica es una entidad irrepetible (Noguera-Solano y Hernández-Marroquín, 2009). La variación puede surgir por factores como la mutación del material hereditario, la recombinación y/o la transferencia horizontal (Jiménez y Collada, 2000; Franco e Hidalgo, 2003; Noguera-Solano y Hernández-Marroquín, 2009).

La variación es un fenómeno inherente a los seres vivos, sin ella, no hay diversidad, por lo que no hay transformación que permita la evolución. Sin embargo, la variación por sí sola no explica la diversidad (variación interpoblacional). En general, se considera que existen dos tipos de variación genética: una diversidad neutral que no se ve afectada por la selección natural, en la cual, las frecuencias de las diferentes variantes son consecuencia de procesos aleatorios o direccionales (como la deriva génica), y una diversidad correspondiente a los caracteres con valor adaptativo (selección natural o artificial) (Jiménez y Collada, 2000).

Esta variación genética está constituida por la diversidad de alelos del mismo gene dentro de una especie, el conjunto de diferencias genéticas que caracterizan a diferentes poblaciones y la enorme información genética que caracterizan a cada una de las especies; o, dicho de otra forma, existen tres niveles de variación: a nivel de alelo, a nivel de un grupo de alelos que varían en conjunto y a nivel del genoma completo de una especie (Halfffter y Ezcurra, 1992; Rao y Hodgkin, 2002).

El conocimiento de la variación genética es trascendental principalmente en las plantas cultivadas y en los animales domésticos, que forman parte de los recursos genéticos,

sin variación genética, la transformación de la especie a través de la selección por el hombre no es posible (Halfpeter y Ezcurra, 1992; Frankham *et al.*, 2002).

No obstante, la variación genética se expresa en el fenotipo de los individuos, el cual se ve afectado por la interacción del individuo con el ambiente, además, de que las presiones de selección (naturales o artificiales) se dan en el fenotipo más que en el genotipo, por lo que se puede identificar la variación infraespecífica e interespecífica (taxonomía de especies), mediante el análisis del fenotipo (Sobel y Streisfeld, 2013; Villareal, 2013).

1.3 Distribución potencial

La distribución geográfica de las plantas en una determinada área se da debido a diferentes factores ambientales, la dispersión espacial de una especie permite saber si los individuos están agregados o dispersos, la forma en que usan los recursos disponibles, el tamaño y la biología reproductiva de las poblaciones (Condit *et al.* 2000; Casazza *et al.* 2008), por lo que se pueden identificar áreas que concentren a las diferentes poblaciones (Pizarro y Jerez, 2004).

Entender la distribución geográfica de las especies en diferentes ambientes es necesaria para su conservación, debido a que se puede conocer si están restringidas a ciertas condiciones ambientales o tienen una distribución amplia; por lo tanto, es importante identificar los componentes ambientales en los que se distribuyen las poblaciones, ya que es fundamental para comprender cómo una población se estructura en tiempo y espacio (Pedroso, *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2013). Dentro de los factores geográficos de mayor importancia están la elevación y el clima, los cuales

juegan un papel importante, debido a que las especies vegetales responden a las variaciones en las condiciones ambientales, produciéndose cambios significativos en la composición y estructura de las comunidades, que repercuten en las distintas estructuras de una planta (Mazzola *et al.* 2008; Levin, 2009).

Mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica y modelos computacionales, se puede predecir la forma en que se distribuye una población y el tamaño de la misma (Fandohan *et al.*, 2010).

V. planifolia se distribuye de manera natural del Centro de México a Costa Rica (Schlüter, *et al.*, 2007). En México, los estados donde se encuentra *Vanilla planifolia* son Veracruz, Oaxaca, Puebla, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, San Luis Potosí, Guerrero y probablemente Yucatán; sin embargo, para la región de la Huasteca Hidalguense no se conoce la distribución existente, además de que actualmente no hay estudios sobre la distribución potencial en México.

1.4 Caracterización y Morfología

Caracterizar permite evaluar y conocer la variación morfológica, genética y fisiológica que existe en una determinada especie, mediante el uso de descriptores definidos (Villareal, 2013).

La caracterización de la variabilidad detectable visualmente hace referencia a las características responsables de la morfología y arquitectura de la planta, que son muestra o expresión de la interacción del ambiente, del genotipo del individuo y la presión de selección natural o artificial, por lo que se deben emplear variables morfológicas confiables que permitan la diferenciación entre grupos o poblaciones

(Villareal, 2013). Así los caracteres empleados deben ser cuantitativos más que cualitativos, debido a que son continuos y presentan una distribución normal; además de que están influenciados por un mayor número de loci, y no tanto por el ambiente o nutrición del individuo (Frankham *et al.*, 2002).

Dentro de la morfología se incluye a la morfometría, que se define como el análisis cuantitativo de la forma biológica utilizada en diferentes disciplinas, incluida la sistemática, evolución y relaciones ecológicas. Los métodos de análisis, principalmente de estadística multivariada, tienen un potencial de desarrollo para la caracterización de diferentes organismos (Henderson, 2006). La morfometría se empezó a utilizar en la taxonomía de animales, empleada por los sistématas para la cuantificación de las diferencias en la forma a través de distintas especies, poblaciones conespecíficas e incluso estados ontogénicos. El trazo de líneas en forma horizontal, vertical y diagonal, además de los ángulos que se forman, permiten conocer tanto el tamaño como la forma de un organismo (Strauss y Bookstein, 1982).

En botánica se ha implementado el uso de la morfometría para conocer la forma y el área de hojas y flores, y diferenciar a nivel genérico, especie y subespecie. La morfometría sirve principalmente para diferenciar dos aspectos: el tamaño y la forma. El tamaño está correlacionado principalmente con la superficie del área de las hojas o flores, donde las medidas obtenidas pueden modificarse cuando dependen de las demás (una variable crece conforme aumenta o disminuye el valor de otra). La forma se caracteriza por las medidas presentes entre diferentes puntos establecidos a lo largo del órgano (hoja o flor) (Dickinson *et al.*, 1987).

En la morfometría geométrica, la aplicación de la estadística multivariada al estudio de la covariación de la forma con sus factores casuales, dio un gran paso con el uso de datos multidimensionales, que logran capturar la geometría de la estructura objetivo. Esto significa que la forma del objeto en estudio no se describe en términos de sus dimensiones, sino de la relación espacial entre sus partes. La información relativa a la geometría de los objetos se puede recuperar, lo que permite la visualización de los cambios morfológicos (Toro *et al.*, 2010).

Se ha utilizado en la diferenciación de familias como Brassicaceae, Potamogetonaceae, Chenopodiaceae, Orchidaceae y Fabaceae, con base en la forma que presentan las hojas, frutos, tallos florales, los sépalos y las inflorescencias o flores de las plantas (González-Andrés y Ortiz, 1996).

Muchas de las variaciones morfométricas florales observadas están asociadas a la amplia distribución geográfica de las especies, cuyas poblaciones frecuentemente responden a variaciones bióticas y abióticas del ambiente, con los consecuentes efectos fenotípicos y genotípicos sobre caracteres bajo selección (Ramírez *et al.*, 2010).

De acuerdo con Herrera-Cabrera *et al.* (2000), los caracteres morfológicos estructurales que permiten definir la diversidad infraespecífica, son las estructuras reproductivas, debido a que estos caracteres son altamente heredables y se mantienen independientes de los efectos climáticos presentes en las zonas de cultivo, por lo tanto, la utilización de estructuras reproductivas es una de las mejores maneras para determinar la diversidad intraespecífica de una planta cultivada.

Caracterización morfológica floral

Los caracteres reproductivos generalmente muestran cierto grado de variación morfológica, como producto de la variabilidad genética de cada especie y sobre la cual actúa la selección natural como principal fuerza de especiación. Las flores con la misma organización estructural pueden diferir en varios órdenes de magnitud de tamaño, las variaciones marcadas en morfología floral son frecuentemente evidenciadas en poblaciones de especies con amplia distribución geográfica, las cuales ocupan territorios discontinuos a manera de mosaicos (Ramírez *et al.*, 2010). A veces, el gradiente latitudinal, el de precipitación y temperatura están correlacionados con el tamaño de las flores (Hodgins y Barrett, 2008).

Por otro lado, la alta uniformidad en la morfometría floral sugiere fuerte coadaptación entre la planta y los polinizadores y el tamaño de los órganos florales, que en el caso de las orquídeas, concurren relaciones específicas entre planta y polinizador, debido a que presentan estructuras donde únicamente entra el polinizador específico, o presenta aromas que atraen a una palomilla en particular (Hágsater *et al.*, 2005; Ramírez *et al.*, 2010).

Los estudios comparativos de los cambios en dimensiones florales son muy escasos, los patrones de correlaciones fenotípicas de las dimensiones florales pueden ser causados por limitaciones intrínsecas del desarrollo y, también, pueden ser modificadas por selección natural. Los cambios en las dimensiones florales pueden estar asociados a diversas causas, y las relaciones con los polinizadores es la más común, por lo que promueven la evolución de la integración intrafloral (Ordano *et al.*, 2008).

El número de caracteres que se utilizan para la agrupación de morfotipos puede ser muy variable, con *Malaxis salazarii* y *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis*, se

utilizaron 16 y 32 líneas respectivamente (Catling, 1990; Salazar, 2007) . Sin embargo, el número de variables que se utilizan puede ser mayor del necesario, para ello, se puede realizar un análisis discriminatorio que permite obtener las variables mínimas necesarias para la clasificación o determinación de la variación en una población (Herrera-Cabrera *et al.*, 2000; Henderson, 2006).

El análisis de la forma de la estructura floral es similar a la morfometría geométrica de contornos, empleada en el análisis de estructuras anatómicas, este método se plantea para aquellas estructuras carentes o con una cantidad insuficiente de puntos destacados (hitos) discretos. Se basa en el supuesto de que el borde de una figura es homólogo al borde de otra figura con la que se compara. Sin embargo, para obtener dicho contorno (como dato) se deben coleccionar puntos de dicho contorno, cuyo criterio de homología no siempre es tan claro. Los puntos idealmente deben encontrarse equidistantes, o bien, aumentar su densidad en aquellas zonas donde la curvatura del contorno sufra cambios más bruscos, cuidando de no sobrecargar de coordenadas el contorno a fin de no generar información redundante, los datos obtenidos se caracterizan mediante análisis multivariados (Figura 1) (Toro *et al.*, 2010).

Estructura floral de *V. planifolia*

Vanilla planifolia pertenece a la familia Orchidaceae, las flores son la parte más conspicua y atractiva de las orquídeas, y suelen ser agregadas en racimos o panículas aunque en ocasiones son producidas de manera individual, en el caso de *V. planifolia*, se producen racimos que se denominan “macetas” de forma tradicional. La inflorescencia surge principalmente en los nodos localizados en retoños jóvenes (Hágsater *et al.*, 2005).

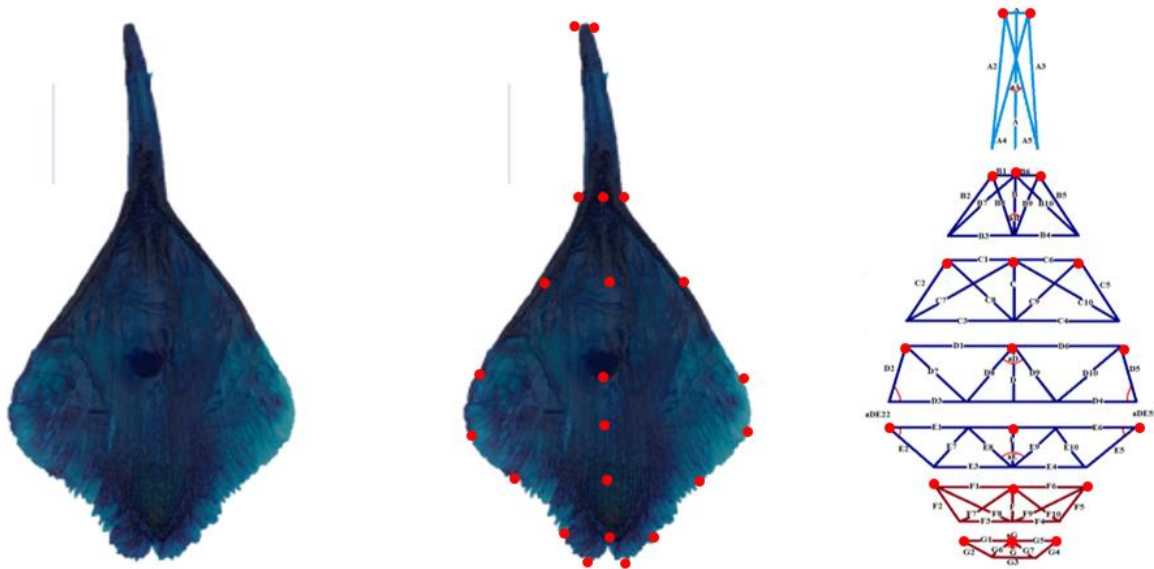


Figura 1. Puntos destacados que permiten la formación de una estructura homóloga para *Vanilla planifolia*.

Como características tienen simetría bilateral, esto significa que presentan un plano que divide a la flor en dos partes iguales, de manera excepcional, la simetría se ve alterada debido a la torsión o flexión de la columna. Presentan fusión, al menos parcial, entre los filamentos de los estambres y el estilo, para constituir una estructura llamada columna o gimnostemio y tienen un solo estambre fértil. Presentan unidades de polen formadas por cuatro granos (tétradas) que conforman cuerpos compactos denominados polinios. Además, la mayoría presenta un rostelo que separa los polinios de la superficie fértil del estigma e interviene en la dispersión de ellos (Hágsater *et al.*, 2005).

Por último, uno de los pétalos, el opuesto al o a los estambres, suele ser diferente de los otros dos, ya sea en tamaño, forma o coloración, además de que puede presentar engrosamientos (callos) o áreas que producen néctar, compuestos aromáticos, aceites o pseudopolen. Este pétalo modificado, llamado labio o labelo, es por lo general la parte

más vistosa de la flor y tiene la función de atraer, guiar o servir como plataforma de aterrizaje a los polinizadores (Hágsater, *et al.*, 2005; Salazar *et al.*, 2006).

Para el caso de *V. planifolia* presenta inflorescencias en forma de racimos, que nacen de las axilas de las hojas con varias flores de aproximadamente 7cm, de color verde amarillento con largos pedicelos, sépalos y pétalos similares, oblongo-oblancheolados, obtusos a subagudos. Labelo unido a la columna casi hasta el ápice, lo que forma un tubo, lámina levemente trifoliada, cuneada-obovada, disco con un mechón de pelos casi al centro y varias líneas de verrugas que se extienden desde el mechón hasta el ápice del labelo, con una columna arqueada (Cabrera, 1999).

La polinización natural en *V. planifolia* es de aproximadamente 1%, se ha considerado como posible polinizador a una avispa euglosina, pero no se ha confirmado aún, sin embargo, la forma de la flor es específica con el polinizador, por ello, la polinización es muy reducida (Lubisnky *et al.*, 2008).

Variación genética de *V. planifolia*

V. planifolia se localiza principalmente la región del Totonacapan (Veracruz-Puebla) y el norte de Oaxaca, en esta última zona todavía hay poblaciones naturales, mientras que en el Totonacapan existen únicamente cultivos desde hace dos siglos aproximadamente, sin embargo, en esta región las poblaciones son menos variables que en la zona de Oaxaca (Bory *et al.*, 2008).

Mediante estructuras vegetativas se ha analizado la variación, por lo que se han considerado cuatro tipos denominados Mansa, Fina, Acamaya y Oreja de burro (Bory *et al.*, 2008); sin embargo, Soto-Arenas (1999) no confirma la presencia de variaciones

morfológicas, pero distingue dos variedades en base al crecimiento y resistencia a hongos: Oreja de burro y Mansa.

Mediante análisis molecular se ha detectado que existe una homocigocidad elevada en Veracruz, mientras que en Oaxaca hay más heterocigocidad. Además, con el uso de marcadores RAPD se detectaron dos grupos principales: uno que corresponde a Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, y el otro grupo que corresponde a Veracruz, Distrito Federal, San Luis Potosí, Tabasco y Oaxaca (Bory *et al.*, 2008).

Sin embargo, en la región de la Huasteca Hidalguense no se han realizado colectas para su análisis, a pesar de la presencia de vainilla en la zona, por lo que es primordial realizar una caracterización en la región para identificar la variación existente a nivel infraespecífico, que permita comprender su evolución mediante selección natural y artificial (manejo tradicional) (Niet *et al.*, 2010), lo que posibilitaría la conservación del recurso genético presente en la región de la Huasteca Hidalguense.

El desconocimiento del estado de la variación infraespecífica de un material biológico impide realizar, tanto acciones de conservación, como potenciar las características de calidad, que mejoren beneficios a los usuarios de un recurso genético, por lo que es importante conocer la variación existente de manera natural en las especies que tienen valor comercial, como por ejemplo las plantas cultivables, para proponer programas de conservación y mejoramiento (Bellon *et al.*, 2009; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010).

1.5 Conocimiento tradicional

La variación de las plantas cultivadas en la práctica no es aleatoria (Díaz-Bautista *et al.* 2008), porque es resultado de la selección llevada por generaciones de agricultores

con un conocimiento tradicional, que refleja un conjunto de saberes acumulados sobre el medio ambiente local y, específicamente, sobre los recursos y fenómenos naturales relacionados con las actividades de subsistencia, como la agricultura, recolección y extracción forestal (Bellon *et al.* 2009; Herrera-Cabrera *et al.* 2010).

El conocimiento tradicional se compone principalmente de tres elementos (Toledo, 1991):

- Conocimiento histórico acumulado. Es el conocimiento que se ha formado a lo largo de las generaciones y que se incrementa constantemente, se trasmite principalmente de padres a hijos, y cada nueva generación aporta su conocimiento propio.

- Conocimiento socialmente compartido. Se forma cuando se comparte la información generacional en una comunidad, son experiencias generadas en grupos no necesariamente familiares.

- Conocimiento personal y particular. Son las experiencias que tiene cada individuo, complementando el conocimiento adquirido de manera grupal o generacional.

El conjunto de estos tres tipos de conocimiento da como resultado el saber campesino, que se extrae de la naturaleza a través de los sistemas de cognición y percepción, derivados de la interacción del humano y su entorno (Díaz-Bautista *et al.* 2008). Con lo que obtiene variantes de plantas cultivables, resultado de procesos de adaptación y selección, que cubren necesidades específicas a las características ambientales y culturales de las regiones donde se siembran. Por lo tanto, la diversidad genética que se tiene en los cultivos tradicionales, ofrece elementos para mejorar las especies de

animales y plantas que permitan desarrollar nuevas variantes con ciertas características útiles al hombre, a esto se le denomina recursos genéticos (Frankel *et al.*, 1995; Salazar-Rojas, 2007; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010).

Los conocimientos tradicionales son importantes porque aportan formas de aprovechamiento de la diversidad biológica, y se considera que tienen un valor actual incalculable en la conservación, desarrollo sostenible, fortalecimiento de identidad y cultura de los pueblos (Jalife, 2004). Las principales características del conocimiento tradicional según Avedaño *et al.* (2000) son:

- Resultado de un vínculo y contacto de la gente con la naturaleza.

Producto del legado de generaciones pasadas, se desarrollaron desde tiempos inmemoriales y se transmiten de generación en generación en un proceso de interacción familiar y/o comunal.

- Colectivos y por tanto no es posible identificar autores, pertenecen al o a los pueblos en su conjunto.

- Específicos, en ciertas áreas de dominio y liderazgo en el saber, que pueden ser compartidos por distintos pueblos que cuentan con ecosistemas similares y que, de forma paralela, han desarrollado el mismo conocimiento o que incluso lo han compartido.

- Usufructuarias, su uso implica un amplio grado de responsabilidad y conservación.

- Dinámicas, porque incorporan componentes de las innovaciones introducidas a juicio y adaptación de los usuarios.

- Parte del patrimonio cultural de los pueblos indígenas.

Importantes por posibilitar y aportar materia prima para la elaboración de productos procesados y con valor agregado.

El conocimiento etnobotánico de ciertos campesinos en México es tan elaborado y heterogéneo que, por ejemplo, los Mayas de Tzeltal, los Mayas de Yucatán, y los Purépechas pueden reconocer más de 1200, 900 y 500 especies de plantas respectivamente (Toledo, 1985). Una característica importante de los sistemas tradicionales es su nivel de diversidad vegetal en el tiempo y en el espacio, en la forma de policultivos o sistemas agroforestales (Clawson, 1985). Esta clasificación ha permitido a los campesinos asignar a cada unidad de paisaje una práctica productiva, para obtener así una amplia diversidad de productos vegetales mediante una estrategia de uso múltiple (Toledo, 1985). Mediante esta asociación continua, se ha establecido un equilibrio relativo entre cultivos, malezas, enfermedades, prácticas culturales y hábitos humanos (Bartlett, 1980). Los hallazgos de la investigación científica muestran que este equilibrio es complejo y difícil de modificar, sin interrumpir el balance y arriesgar la pérdida de recursos genéticos. Por esta razón, se ha apoyado que el concepto de conservación "*in situ*" de la diversidad nativa de cultivos, es solamente posible a través de la preservación de agroecosistemas bajo manejo tradicional (Altieri y Merrick, 1987).

En esta misma línea de pensamiento, se reconoce que los conocimientos tradicionales se diluyen cuando las culturas que los poseen se ponen en contacto con otras. La propuesta del cambio inducido para ingresar a la sociedad de mercado, produce un cambio en la cultura, en la economía y en el modo de producción de las comunidades. Esto conlleva, a su vez, a la pérdida del conocimiento tradicional, la desaparición de

expresiones culturales y la puesta en riesgo de la diversidad biológica y el conocimiento de los procesos del manejo de la misma (INE, 2002).

A manera de resumen, la agricultura tradicional se refiere al uso de los recursos naturales, basado en una prolongada experiencia empírica, que ha conducido a configurar los actuales procesos de producción y las prácticas de manejo utilizadas, en un íntimo conocimiento físico-biótico por parte de los productores, en la utilización apoyada por una educación no formal para la transmisión de los conocimientos y las habilidades requeridas y en un acervo cultural en las mentes de la población agrícola (Hernández, 1985).

1.6 Proceso de domesticación en plantas

La domesticación es un proceso continuo, que implica la selección de plantas con ciertas características deseables (Raya-Pérez *et al.*, 2010). Por lo que, las plantas domesticadas tienen cambios morfológicos y genéticos en sus poblaciones, muy diferentes de las silvestres (Fuller y Allaby, 2009). Los primeros agricultores seleccionaron de la diversidad existente en la naturaleza, las plantas que satisfacían mejor sus necesidades, con lo que obtuvieron, a través del tiempo, la domesticación de una gran diversidad de plantas cultivables (Frankel *et al.*, 1995). Las cuales son diferentes y distinguibles unas de otras, por lo que es posible caracterizarlas morfológica y genéticamente (CONABIO, 2011).

La domesticación muestra las relaciones presentes entre los humanos y las plantas, es un proceso en el cual el hombre realiza cambios fundamentales en el genotipo y

fenotipo de ellas (Evans, 1993). Las características distintivas que diferencian a las plantas domesticadas de las silvestres son genéticas, morfológicas y fisiológicas:

Morfológicas: desarrollo mayor de frutos o estructuras vegetativas de importancia económica, aumento en el número de granos, el no desgrane y el retraso o detención en la apertura de las vainas y modificación en la dispersión de semillas (Fuller y Allaby, 2009).

Fisiológicas: crecimiento en diferentes latitudes y altitudes, modificación del fotoperiodo y adaptación a climas (Fuller y Allaby, 2009).

Genéticas: supresión de locus que controlan ciertos caracteres, como la prevalencia de genes controladores de la abscisión de espigas, el no desgrane influenciado por diferentes locus (Fuller y Allaby, 2009), y diferencias morfológicas en estructuras reproductivas femeninas (Ennequin *et al.*, 1999).

Disminución de la selección natural; por características y uso. En la mayoría de los casos, se seleccionan las plantas que, a juicio de los usuarios, les brindan más beneficios para la alimentación, por ejemplo en plantas como el trigo, se identifican y seleccionan las que retienen las semillas por más tiempo y son éstas las que se siembran. La selección de semillas grandes o con mayor número de ellas en la planta original, propicia que las semillas de éstas sean preferidas para su siembra con relación a sus parientes silvestres (Evans 1993).

La participación activa del hombre en el uso de los recursos naturales, en función de sus intereses, ha contribuido a modificar el efecto de la selección natural. La selección artificial modifica algunas características como la de dispersión, aumento en el número de granos, control y disminución en el desgrane de semillas (Fuller y Allaby 2009).

También puede aumentar la variación en otros caracteres de importancia para los agricultores pero, al mismo tiempo, puede ocasionar una disminución en la diversidad (Raya-Pérez *et al.* 2010).

Nueva selección (selección dirigida). El último paso en la domesticación de una planta se da en la selección artificial de las plantas ya cultivadas, aquellas que tienen características sobresalientes o que se adaptan mejor a ambientes diferentes y climas nuevos, son seleccionadas para su reproducción (Fuller y Allaby 2009).

El aislamiento reproductivo que tienen las plantas cultivadas con respecto a sus parientes más cercanos, junto con las presiones de selección artificial, provocan cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos en las mismas. Los principales son: retención de semillas, modificación de glumas y espinas, adelgazamiento de la cubierta de semillas, aumento en el tamaño de los órganos que se cosechan, presencia de poliploidía, cambios en la forma (alometría y condensación), geminación homogénea y más rápida, sincronización de la floración y maduración, modificación de ciclos de vida, pérdida de sustancias tóxicas y sabor amargo, y modificaciones genéticas debido a la supresión de locus que controlan los caracteres antes mencionados (Evans, 1993; Fuller y Allaby, 2009; Miller y Gross, 2011).

Con base en Vodouhè *et al.* (2011) el proceso de domesticación se divide en 7 etapas: Las especies son enteramente silvestres y solamente se colectan si son necesarias.

Las especies silvestres son mantenidas en los campos en el momento en que son preparadas para siembra (aclareo, roza tumba y quema), debido a que se utilizan regularmente, son escasas cerca de las viviendas y hay dificultades para ocuparlas a

tiempo, en cantidad y calidad. Estas plantas preservadas son objeto de observaciones regulares para comprender su biología reproductiva.

Los agricultores ponen más atención a la preservación de las plantas (deshierbe, protección contra herbívoros) y mantener su crecimiento normal para su supervivencia. Además de que empieza un sentimiento de propiedad sobre las plantas.

La biología reproductiva de las especies es conocida y su multiplicación y cultivo en traspatios o en áreas seleccionadas de los terrenos de cultivo son utilizados por los agricultores. En esta etapa, los agricultores tienden a realizar diversos experimentos (fecha de plantación, siembra o densidad de plantas, manejo de plagas y enfermedades, etc.) para incrementar la producción de las especies en el futuro. El sentimiento de propiedad es más riguroso.

Las especies son cultivadas y cosechadas con el uso de prácticas tradicionales.

Para implementar la calidad del producto, los agricultores adoptan criterios específicos para seleccionar las mejores plantas que satisfagan las necesidades del mercado. Los mejores cultivares/plantas (buenos granos/calidad de frutos, resistencia/tolerancia a enfermedades y plaga) son conocidas y es adoptado un paquete tecnológico para su desarrollo y multiplicación. En esta etapa el acceso al mercado es considerado y algunas especies tienen métodos post-cosecha tradicionales (método de procesamiento, cocinado o conservación, etc.) en base a las necesidades de los consumidores.

La selección se realiza por la calidad de cocimiento, protección contra plagas y enfermedades en cultivo y almacenamiento, etc. Para incrementar los ingresos se

toman más en cuenta los cuidados: mercado, demanda (calidad y cantidad), además, se consideran las variedades que prefieren los consumidores para reproducirlas.

El conocimiento tradicional en el cultivo de la vainilla

La región del Totonacapan es la más estudiada en cuanto al manejo que se tiene de *Vanilla planifolia* en un sistema tradicional. Baltazar-Nieto (2010) identifica los caracteres que utilizan los productores para la selección de esquejes en el cultivo de la vainilla, donde considera como factores principales:

Estructura de la planta madre. Como la altura, uso de partes apicales, vigor (calidad de la planta madre y resistencia al corte), sanidad y floración.

Estructura del esqueje. Considera el tamaño, número de entrenudos, color y consistencia del esqueje.

Estructura del fruto. Considera la longitud, color, número de vainas, forma, consistencia del fruto maduro, consistencia del fruto beneficiado, número de semillas por fruto, olor (la vaina beneficiada debe tener un aroma deseado, depende de su uso), sabor (depende del uso que se le da) y peso.

Estructura de la hoja: principalmente forma, tamaño, nervaduras, edad, consistencia, grosor, color y sanidad.

Observaciones astronómicas. Fases de la luna y posición del sol al momento del corte.

Estos factores que se seleccionan para escoger los esquejes adecuados y que puedan sobrevivir, varían dentro de la misma región del Totonacapan, entre los municipios de Veracruz y los de Puebla, debido a las mismas condiciones climáticas existentes en cada zona (Baltazar-Nieto, 2010).

La polinización en la región del Totonacapan en la actualidad es artificial, debido principalmente a la pérdida de polinizadores naturales que realicen este trabajo, muchas flores de vainilla son polinizadas manualmente en cada “maceta” (como llaman los vainilleros a la inflorescencia). Más o menos un mes después se retiran varios frutos jóvenes, de manera que sólo queden de tres a cinco frutos por maceta. Los frutos necesitarán de manera natural casi un año para que por sí solos alcancen la maduración y despidan su aroma (Hágsater *et al.*, 2005).

El cultivo de *V. planifolia* en acahual es uno de los más importantes debido a sus implicaciones ecológicas que conlleva, la producción de la vainilla a pesar de que no es tan grande, permite la utilización de plantas nativas y del mantenimiento de policultivos que preservan la diversidad, a diferencia de los sistemas tecnificados de la vainilla, los cuales emplean tutores inertes (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009).

En el Totonacapan existen cuatro sistemas de producción de vainilla: en acahual, bajo sombra de pichoco (*Eritrina sp.*), naranjo (*Citrus sinensis* L.) y malla sombra (con 50% de luminosidad), cada uno de ellos muestra un nivel de tecnificación y uso de conocimiento tradicional en el manejo del cultivo (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009).

Los sistemas tradicionales usan plantas nativas de la región que forman bosques secundarios (Hágsater *et al.*, 2005). El acahual es un estado de transición de la vegetación alterada en una sucesión intermedia hacia la regeneración del ecosistema “clímax” de bosque tropical (López-Méndez y Mata-García, 2007). Cada uno de los árboles que se localizan dentro del acahual (chaca, laurel, alzaprima, cedro, ramón, raspasombrero, jonote, zapotes, guásima, chijol, chilismín, cojón de gato, chalahuite, jobo, ciruelo, cocuitle, quebrache, frijolillo, y sangre de grado que se encuentra a mayor

altura sobre el nivel de mar), contribuyen con hojas, ramas, flores y frutos, además de los animales dentro del vainillal, realizan un ciclo completo que permite la deposición de materia orgánica suficiente para que la vainilla y otras plantas puedan aprovecharla. El acahual es el depositario de los recursos que protegen la economía campesina, obtienen leña, fibras, plantas medicinales, madera para construcción de viviendas, animales de cacería, frutas y hongos comestibles. El acahual desempeña la función de una reserva forestal, y la vainilla forma parte de este mismo espacio donde se recolectan los frutos (López-Méndez y Mata-García, 2007).

El cultivo de *V. planifolia* asociado a cafetales se realiza en los municipios de Puebla, pertenecientes al Totonacapan. También el cultivo de vainilla se asocia con chalahuite, zapote mamey, zapote negro, aguacate criollo, pimienta y especies que proporcionan sombra y, a la vez, aportan fuentes de combustible a la mayoría de las familias (López-Méndez y Mata-García, 2007).

Con el tutor de pichoco (gásparo o colorín), que es una leguminosa arbustiva de fácil enraizamiento, los vainilleros la han empleado en las regiones con potencialidades vainilleras debido a que se adapta a suelos ácidos y alcalinos, pero en laderas con poca fertilidad no se emplean mucho, debido a que no crecen muy bien. La forma en que realizan el cultivo los productores del Totonacapan es la siguiente: la plantación de los tutores antecede a la plantación de la vainilla, porque ellos saben que si se siembra al mismo tiempo, existen pérdidas por quemaduras de sol, ya que los tutores carecen de follaje para proporcionar la sombra requerida por la vainilla, por lo que, al menos, debe de haber una diferencia de cuatro meses entre siembra del tutor y esquejes; plantándose los tutores en enero, para que en mayo se siembre la vainilla, además se

dejan algunos árboles silvestres que den sombra a los pichocos en la época de seca (López-Méndez y Mata-García, 2007).

En la región del Totonacapan, los agricultores han seleccionado la vainilla en base al aroma de los frutos beneficiados. Al respecto Salazar-Rojas *et al.* (2011) señalan que mediante esta selección, se preservan en la región seis variedades aromáticas o quimiotipos diferentes, las cuales se relacionan con el uso que se les da. También mencionan que la variedad más empleada en la elaboración de productos alimenticios y más cultivada en la región, coincide con la de mayor concentración de vainillina, lo que sugiere un proceso de selección-domesticación (Salazar-Rojas *et al.* 2011).

Herrera-Cabrera *et al.* (2012) mencionan que la conservación de la vainilla se ha dado por parte de los productores en la región del Totonacapan, mediante una conservación *circa situm* en sistemas productivos tradicionales, en donde las especies se localizan fuera de su hábitat de origen pero en un rango de distribución natural; en el caso de la región del Totonacapan, su cultivo se remonta al menos 250 años atrás, y sugiere que durante este periodo ha ocurrido un proceso de domesticación basado en el aroma, lo que resultó en los seis quimiotipos reconocidos por Salazar-Rojas *et al.* (2011), por lo que en la actualidad, se considera que la región del Totonacapan es un centro de diversificación de esta especie (Herrera-Cabrera *et al.* 2012).

Desafortunadamente, no existen estudios sobre el conocimiento tradicional en la región de la Huasteca Hidalguense, a pesar de que se tiene un conocimiento tradicional diferente a la región del Totonacapan, por lo tanto, es importante recuperarlo y documentarlo, porque ha sido y es una constante en la generación de sabiduría local, que si no se preserva, simplemente desaparecerá.

1.7 Literatura citada

Altieri AM, Merrick LC. (1987). In situ conservation of group genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*. 41:86-96.

Avedaño JL, Pacón AM, Ruiz G, Venero B. (2000) Propuesta de régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas (y algunas reflexiones sobre la regulación del acceso a los recursos genéticos). *Documento de Trabajo No. 010-2000, Área de Estudios Económicos del Indecopi*. Perú. 101 p.

Baltazar-Nieto, P. (2010) Caracteres morfológicos de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) utilizados por el agricultor en la selección de material reproductivo en cuatro municipios del Totonacapan, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. 145 p.

Bartlett PF. 1980. Adaptation Strategies in Peasant Agricultural Production. *Annual Review of Anthropology*. 9:545-573.

Barrera-Rodríguez A, Herrera-Cabrera BE, Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido JS, Bustamante-González A. (2009) Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(2):199-212.

Bellon MR, Barriento-Priego A, Colunga-García P, Perales H, Reyes JA, Rosales R, Zizumbo D. (2009) Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, Capital natural de México, II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, 355-382 p.

Bory S, Grisoni M, Marie-France D, Besse P. (2008) Biodiversity and preservation of *Vanilla*: present state of knowledge. *Genet Resource and Crop Evolution*. 55:551-571.

Cabrera T. (1999) Orquídeas de Chiapas, Libros de Chiapas, México, 194 p.

Casazza G, Zappa E, Mariotti MG, Médail F, Minuto L. (2008) Ecological and historical factors affecting distribution pattern and richness of endemic plant species: the case of the Maritime and Ligurian Alps hotspot, *Diversity and Distributions*, 14:47-58.

Catling PM. (1990) *Malaxis salazarii*, a new species from Mexico and northern Mesoamerica, *Orquidea*. 12(1):93-104.

Clawson L. (1985) Harvest Security and Intraspecific Diversity in Traditional Tropical Agriculture. *Economic Botany*. 39:56-67.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2011) La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 440 p.

Condit R, Ashton PS, Baker P, Bunyavejchewin S, Gunatilleke S, Gunatilleke N, Hubbell SP, Foster RB, Itoh A, LaFrankie JV, Lee HS, Losos E, Manokaran N, Sukumar R, Yakamura T. (2000) Spatial patterns in the distributions of tropical tree species. *Science*, 288:1414-1418.

Díaz-Bautista M, Herrera-Cabrera E, Ramírez-Juárez J, Aliphat-Fernández M, Delgado-Alvarado A. (2008) Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la Sierra Norte de Puebla, México. *Interciencia*. 33(8): 110-115.

Dickinson T, Parker WH, Strauss RE. (1987). Another approach to leaf shape comparisons, *Taxon*. 36(1):1-20.

Ennequin M, Toupance B, Robert T, Godelle B, Gouyom PH. (1999) Plant domestication: a model for studying the selection of linkage. *Journal of Evolutionary Biology*. 12:1138-1147.

Evans LT. (1993) Crop, evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press, Cambridge. 500 p.

Franco TL, Hidalgo R. (2003) Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos, Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, (IPGRI), Colombia. 89 p.

Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ. (1995) The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge. 299 p.

Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA. (2002) Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press. United Kingdom. 617 p.

Fuller DQ, Allaby R. (2009) Seed dispersal and crop domestication shattering, germination and seasonality in evolution under cultivation. *Annual Plant Reviews*. 38: 238-295.

González-Andrés F, Ortiz JM. (1996) Morphometric characterization of *Cytisus* and allies (Genistaceae: Leguminosae) as an aid in taxonomic discrimination. *Israel Journal of Plant Sciences*. 44:95-114.

Hágsater E, Soto-Arenas MÁ, Salazar-Chávez GA, Jiménez-Machorro R, López-Rosas MA, Dressler RL. (2005) Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, A.C. México, DF. 304 p.

Halffter G, Ezcurra E. (1992) ¿Qué es la biodiversidad? En Halffter G. (Comp.) La diversidad biológica de Iberoamérica I. Act Zoológica Mexicana. Volumen Especial. México. 204 p.

Henderson A. (2006) Traditional morphometrics in plant systematics and its role in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 151:103-111.

Hernández XE. (1985) Agricultura Tradicional y Desarrollo. En: Xolocotzi: Revista de Geografía Agrícola. Tomo I. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 419-422 p.

Herrera-Cabrera BE, Castillo-González F, Ortega-Pazkca RA, Sánchez-González JJ, Goodman MM. (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 BE, Miranda-Trejo J, Delgado-Alvarado A. (2010) Conocimiento tradicional, predictores climáticos y diversidad genética. Lambert Academic Publishing, Germany, 54 p.

Herrera-Cabrera BE, Salazar-Rojas VM, Delgado-Alvarado A, Campos-Contreras JE, Cervantes-Vargas J. (2012) Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region. México. *European Journal of Environmental Sciences*. 2(1):37-44.

Instituto Nacional de Ecología (INE) (2002). Documento Base para el tema XX de la Agenda. Conocimiento Tradicional Asociado a la biodiversidad, conservación, uso sustentable y reparto de beneficios. Reunión de Países Mega diversos, Cancún, México. Febrero de 2002. [Base de datos]. Disponible en: <http://www.semarnat.go.mx/internacionales/reunion/doc/Conocimientotradicional-espanol.doc>.

Hodgins KA, Barrett SCH. (2008) Geographic variation in floral morphology and style-morph ratios in a sexually polymorphic daffodil, *American Journal of Botany*. 95:185-195.

Jalife DMC. (2004) Patentes de conocimiento tradicional. *Diario Monitor. Economía*. 11 p.

Jiménez P, Collada C. (2000) Técnicas para la evaluación de la diversidad genética y su uso en los programas de conservación, *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. 2:237-248.

Levin D. (2009) Flowering-time plasticity facilitates niche shifts in adjacent populations, *New Phytologist*, 183:661-666.

López-Méndez S, Mata-García B. (2007). Consideraciones socio-culturales y técnicas para la recuperación del cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En Mata-García B, López-Méndez S, González-Santiago MV, Almaguer-Vargas G, Espinosa-Espinosa R, Badillo-Ortiz KV, Fajardo-Franco ML. (2012) Agricultura con sabor a cítrico y aroma de vainilla en la región del Totonacapan. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 288 p.

Lubinsky P, Bory S, Hernández J, Seung K, Gómez A. (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]), *Economy Botany*. 62(2):127-138.

Mazzola MB, Kin AG, Morici EF, Babinec FJ, Tamborini G. (2008) Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Boll. Sociedad Argentina de Botánica*. 43:103-109.

- Miller AJ, Gross BL. (2011) From forest to field: perennial fruit crop domestication. *American Journal of Botany*. 98(9): 1389-1414.
- Niet T, Zollikofer CPE, Ponce de León M, Jhonson SD, Linder HP. (2010) Three-dimensional geometric morphometrics for studying floral shape variation. *Trends in Plant Science*. 15(8):423-426.
- Noguera-Solano R, Hernández-Marroquín V. (2009) Variación: El universo infinito de las entidades biológicas. *DGSCA-UNAM*. 10 (6): 1-12.
- Ordano M, Fornoni J, Boege K, Domínguez CA. (2008) The adaptative value of phenotypic floral integration. *New Phytologist*. 179:1183-1192.
- Pedroso HL, Rocha-Filho LC; Lomônaco C. (2010) Variación fenotípica de plantas del Cerrado (*Sabana brasileña*) frente a la heterogeneidad ambiental. *Ecosistemas*, 19(1):24-36.
- Pizarro-Araya J, Jerez V. (2004) Distribución geográfica del género *Gyrinosomus* Guérin-Ménéville, 1834 (Coleoptera: Tenebrionidae): una aproximación biogeográfica. *Revista Chilena de Historia Natural*. 77:491-500.
- Ramírez N, Nassar JM, Valera L, Garay V, Briceño H, Quijada M, Moret YA, Montilla J. (2010) Variación morfométrica floral en *Pachira quinata* (Jacq.) W. Alverson (Bombacaceae). *Acta Botánica Venezuelica*. 33(1):83-102.
- Rao VR, Hodgkin T. (2002) Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 68:1-19.
- Raya-Pérez JC, Aguirre-Mancilla CL, Gil-Vega K, Simpson J. (2010) La domesticación de plantas en México: Comparación de la forma cultivada y silvestre de *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae). *Polibotánica*. 30:239-256.
- Salazar G, Reyes J, Brachet C, Pérez J. (2006) Orquídeas y otras plantas nativas de la cañada Cuicatlán, Oaxaca, México. UNAM, México. 175 p.
- Salazar VM (2007) Variación morfológica de *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas Orchidaceae en solares tradicionales de Chilapa Guerrero. Colegio de Postgraduados Campus Puebla, México.

- Salazar-Rojas MV, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M. (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59:875-887.
- Shlüter PM, Soto-Arenas MA, Harris S. (2007) Genetic Variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae), *Economic Botany*, 61(4):328-336.
- Sobel JM, Streisfeld MA. (2013) Flower color as a model system for studies of plant evo-devo. *Frontiers in Plant Science*. 4:1-17.
- Strauss RE, Bookstein FL. (1982). The Truss: Body form reconstructions in Morphometrics, *Systematic Zoology*. 31(2):113-135.
- Toledo VM. (1985). Las eco-comunidades: un diseño ecológico para el desarrollo rural de México. *Ciencia y Desarrollo*. 62:25-32.
- Toledo VM. (1991) El juego de la supervivencia. CLADES. Centro de Ecología. Universidad Autónoma de México. Berkeley California. 66 p.
- Toro MV, Manríquez G, Suazo I. (2010) Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*. 28(4):977-990.
- Vargas-Amado G, Castro-Castro A, Harker M, Villaseñor JL, Ortiz E, Rodríguez A. (2013) Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84:536-555.
- Villarreal H. (2013) Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*. 2(3): 113-118.
- Vodouhè R, Dansi A, Avohou HT, Kpeki B, Azihou F. (2011) Pant domestication and its contributions to *in situ* conservation of genetic resources in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 3(2):40-56.

CAPÍTULO II

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Vanilla planifolia* G. JACK. (ORCHIDACEAE) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO

Resumen

Vanilla planifolia se encuentra sujeta a protección especial bajo la norma 059 de Semarnat, porque se considera en peligro de extinción de forma natural debido a que es susceptible a la fragmentación del hábitat. El objetivo del presente estudio fue ubicar la distribución potencial y definir los factores ambientales que influyen en la distribución de *V. planifolia* en la región de la Huasteca Hidalguense, México. El trabajo consistió en la búsqueda sistemática de individuos *in situ* de vainilla y su ubicación, mediante GPS Garmin, en ocho municipios de la Huasteca. Posteriormente con la utilización de 21 variables bioclimáticas se realizó el modelaje de la distribución potencial de la especie con el programa Maxent y se validó el modelo mediante el área bajo la curva (AUC). Por último mediante la prueba Jackknife se identificaron las variables que afectan en mayor medida el modelo de distribución. Los resultados de la búsqueda ubicaron 22 poblaciones de *V. planifolia* en los municipios Atlapexco, Jaltocán y Huejutla de Reyes; este último con el mayor número de poblaciones (63.3%). El rango de altura sobre el nivel del mar de las poblaciones va de 273-545m, se localizan principalmente en clima semicálido-templado húmedo (45.5%) y cálido húmedo (31.8%), en vegetación predominante de uso agrícola y bosques de latifoliadas perennifolio tropical y subtropical. El modelo de distribución potencial se validó con un valor de AUC de 0.985 y presentó tres áreas de probabilidad de encontrar poblaciones de *V. planifolia* que coinciden con las poblaciones muestreadas: GI con mayor probabilidad (67-100%), GII con probabilidad media (51-67%) y GIII con menor probabilidad (34-50%). La precipitación del mes más seco, altitud y cobertura vegetal son las principales variables ambientales que delimitan el área de distribución de *V. planifolia* J. en la Huasteca del estado de Hidalgo, México

Palabras clave: Estado de Hidalgo, hábitat, Maxent, modelado espacial, prueba Jackknife, vainilla.

2.1 Introducción

La distribución geográfica de las plantas está influida por la altitud y el clima, principales factores ambientales que permiten saber si los individuos están agregados o dispersos, y el tamaño del área que habitan (Condit *et al.*, 2000; Casazza *et al.*, 2008). Debido a que las especies vegetales en general, responden a las variaciones de las condiciones ambientales (Cortéz *et al.*, 2005; Mazzola *et al.*, 2008; Levin, 2009), con cambios significativos en la composición y estructura de las poblaciones, pueden existir en una distribución amplia o restringida (Pedroso *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2013).

El uso de modelos predictivos computacionales puede identificar la distribución de las poblaciones de especies vegetales, con base en el análisis de las condiciones ambientales de los sitios donde se distribuyen o en donde fueron colectadas (Domínguez y Schwartz, 2005), por lo que estos modelos constituyen una técnica importante en la biología analítica, orientada principalmente a la conservación y manejo de las especies (Faleiro *et al.*, 2013; Padalia *et al.*, 2014; Wan *et al.*, 2014).

Los sistemas de información geográfica (SIG) permiten el modelaje de nichos ecológicos para evaluar el potencial de distribución geográfica de diferentes especies vegetales (Peterson *et al.*, 2007; Kozak *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2009), principalmente para aquellas que se encuentran en peligro de extinción o amenazadas (Kumar y Stohlgren, 2009), y de las cuales es necesaria la creación de áreas prioritarias de conservación (Lehtimäki y Moilanen, 2013; Xue-Qing *et al.*, 2013). Mediante la obtención de la distribución potencial de una especie, se puede determinar si entre poblaciones existe flujo génico o se encuentran aisladas mediante barreras geográficas

(Kolanowska y Szlachetko, 2014). Una población separada de las demás evolucionará de manera independiente por procesos de especiación, dirigidos por las condiciones bióticas y abióticas en las que se encuentra (Bertolini *et al.*, 2012; Kalkvik *et al.*, 2012).

Uno de los modelos más utilizados para la identificación de la distribución potencial de las especies es Maxent (Máxima entropía), con el que se delimita la distribución de las poblaciones e identifica las interacciones con respecto a las condiciones ambientales (Fandohan *et al.*, 2010). Además, se predice la densidad y distribución de la especie, y muestra todos los posibles píxeles donde existe una mayor entropía de distribución (Wan *et al.*, 2014).

Maxent para predecir la distribución de las especies, utiliza únicamente la presencia de los individuos sobre el territorio modelado, y estima la distribución al encontrar la probabilidad de distribución de máxima entropía mediante la correlación entre la presencia de los individuos de una especie, con los patrones dentro de las condiciones ambientales (Phillips *et al.*, 2006; Phillips y Dudík, 2008). Emplea datos continuos y categóricos e incorpora interacciones entre diferentes variables, puede modelar y crear la distribución potencial, incluso con muestras pequeñas (York *et al.*, 2011). Las variables que toma en cuenta principalmente son temperatura, precipitación, altitud, categoría del suelo y tipo de vegetación (Phillips *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2010). Por lo que es una herramienta útil en la identificación de la distribución potencial y la interacción con los factores ambientales de la zona de especies como *Vanilla planifolia*, la que actualmente se encuentra sujeta a Protección especial (Pr) bajo la norma 059 de SEMARNAT (2010), debido a que de manera silvestre sólo existen 30 colectas

registradas y es susceptible a la fragmentación de su hábitat y cambios drásticos del medio (Soto, 2006; Soto-Arenas y Dressler, 2010).

Vanilla planifolia se distribuye del Centro de México a Costa Rica (Schlüter *et al.*, 2007); en México, los estados donde se localiza son Veracruz, Oaxaca, Puebla, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, San Luis Potosí, Guerrero y probablemente Yucatán (Bory *et al.*, 2008; Grisoni *et al.*, 2008), pero no se tienen registros en herbarios sobre la presencia de *V. planifolia* en el Estado de Hidalgo a pesar de que colinda con los estados de San Luis Potosí, Puebla y Veracruz y forma parte de las Huastecas de México.

El conocimiento de la distribución geográfica de *V. planifolia* permitirá estudiar la forma en que las poblaciones se distribuyen y la interacción con las condiciones ambientales que influyen en el desarrollo de las plantas y que le proporcionan características propias (Cortéz *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2007b). Esto con la finalidad de identificar la distribución potencial de *V. planifolia*, que pueda servir como zona de conservación del germoplasma (Pedroso *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2013).

Por tal razón, el objetivo del presente estudio fue determinar la distribución geográfica de *V. planifolia* y los factores ambientales que influyen en dicha distribución en la región de la Huasteca Hidalguense, México.

2.2 Materiales y métodos

Área de estudio

El Estado de Hidalgo está ubicado entre los 19°35'52" y 21°25'00" N y los 97°57'27" y 99°51'51" W. Limita al norte con el Estado de San Luis Potosí, noreste y este con Veracruz, este y sureste con Puebla, al sur con Tlaxcala y México y al oeste con Querétaro (INEGI, 2005; Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista, 2013). La región de estudio fue la Huasteca Hidalguense conformada por los municipios de Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica (Villavicencio y Pérez, 2010; Martínez, 2013). Presenta climas cálidos y semicálidos húmedos, dentro de la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, cubierto principalmente por bosque mesófilo de montaña, la selva alta ha sido desplazada por vegetación secundaria, además de que presenta diversos tipos de cultivos y pastizales inducidos (Ceja-Romero *et al.*, 2010).

Especie de estudio

Vanilla planifolia G. Jack es una planta hemiepipífita o rupícola que se desarrolla en bosques tropicales siempre verdes o casi siempre verdes, en vegetación primaria o secundaria a una altura entre de 150 a 900 msnm, (Soto-Arenas y Cribb, 2010; Soto-Arenas y Dressler, 2010). Crece en vegetación alta perennifolia o subperennifolia, con lluvia en primavera sobre suelos calcáreos. En las áreas más húmedas se puede encontrar en bosques secundarios jóvenes. Florea de marzo a abril, y la floración se activa debido a las bajas temperaturas invernales, seguidas de temperaturas cálidas en los inicios de la primavera (Soto-Arenas y Dressler, 2010).

Ubicación de poblaciones y variables ambientales

Debido a que no existe información sobre poblaciones o colectas de *V. planifolia* en Hidalgo, tanto en los herbarios y colecciones científicas, durante el año 2013 se

realizaron visitas a los ocho municipios pertenecientes a la Huasteca Hidalguense para la ubicación de poblaciones de *V. planifolia*, mediante observación directa en campo con ayuda de los pobladores de la zona. Su localización se registró mediante un GPS Garmin Montana 650.

Para el modelaje de la distribución potencial de *V. planifolia*, se emplearon un total de 21 variables climáticas para el análisis de las poblaciones localizadas, veinte variables de 30 segundos de resolución espacial fueron obtenidas de la base de datos WorldClim (www.worldclim.org) (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014; Drake y Beier, 2014) y una variable de cobertura vegetal se obtuvo de la base de datos de CONABIO (2012) (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables ambientales empleadas para obtener la distribución potencial de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense, México.

Código	Variables ambientales	Unidades*
Bio1	Temperatura media anual	°C
Bio2	Rango de temperatura diurno medio	°C
Bio3	Isotermalidad	Dimensionalidad
Bio4	Estacionalidad de temperatura	CV
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	°C
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	°C
Bio7	Rango de temperatura anual	°C
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo	°C
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco	°C
Bio10	Temperatura media del trimestre más caliente	°C
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	°C
Bio12	Precipitación total anual	mm
Bio13	Precipitación del mes más húmedo	mm
Bio14	Precipitación del mes más seco	mm
Bio15	Estacionalidad de la precipitación	CV
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	mm
Bio17	Precipitación del trimestre más seco	mm
Bio18	Precipitación del trimestre más caliente	mm

Bio19	Precipitación del trimestre más frío	mm
Cob	Cobertura vegetal	16 tipos
Alt	Altitud	m

* °C= grados centígrados, CV=Coeficiente de variación, mm=milímetros, m=metros.

Modelaje de la distribución potencial

Se modeló la distribución potencial de *V. planifolia* usando el programa Maxent (3.3.3k <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) (Phillips *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2014). Se empleó el formato de salida logístico para visualizar el hábitat idóneo (probabilidad de presencia) de *V. planifolia* con relación a las diferentes variables ambientales (Jaryan *et al.*, 2013). Los pixeles combinados en el modelo se registraron como el posible espacio de distribución de máxima entropía dado por Maxent; por lo que cada celda del mapa da un estimado del valor del hábitat idóneo en una escala que va de 0 (menos idóneo) a 1 (más idóneo) (Phillips *et al.*, 2006; Warren y Seifert, 2011).

La precisión del modelo se evaluó calculando el área bajo la curva (AUC) ROC (Característica Operativa del Receptor) el cual considera cada valor del resultado de la predicción como un posible umbral de discriminación y luego calcula la sensibilidad y la especificidad correspondiente de cada valor. La sensibilidad es la proporción de las localidades del test que el modelo correctamente predice para estar presentes (tasa de omisión 1-estrínico). La cantidad (1 - especificidad) es la proporción de todos los pixeles del mapa que predicen si existen condiciones idóneas para la especie (Phillips *et al.*, 2006), por lo que basado en el valor AUC, el modelo puede ser considerado como pobre (AUC<0.8), justo (0.8≤AUC<0.9), bueno (0.9≤AUC<0.95), o muy bueno (0.95≤AUC<1.0) (Wan *et al.*, 2014).

Posteriormente se hizo una prueba de Jackknife (Yost *et al.*, 2008), que permite analizar la contribución de cada variable de manera individual y de forma conjunta, a la formación del modelo de distribución de *V. planifolia*, (Padalia *et al.*, 2014). Por lo que mediante esta prueba y el porcentaje de contribución de la especie, se determinaron las variables que ubican la distribución potencial de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense, México.

2.3 Resultados

Ubicación de las poblaciones de *V. planifolia*

En la región de la Huasteca Hidalguense se identificaron 22 poblaciones de *V. planifolia* en los municipios de Atlapexco, Jaltocán y Huejutla de Reyes (Cuadro 2). Al identificar que no hay registros de colectas en los herbarios de la AMO, MEXU, XAL, AMES, y que únicamente Lubinsky *et al.* (2008) mencionan que se realizaron tres colectas en el Estado de Hidalgo, pero no colocan su ubicación ni procedencia de las mismas, conviene resaltar que este estudio es el primero en ubicar e identificar poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense, México.

El Municipio de Huejutla es el que presenta el mayor número de poblaciones de *V. planifolia* con 63.6% del total, mientras que Atlapexco solo tiene 27.2% y Jaltocán 9.2% (Figura 2). La altitud en la que se localizan las poblaciones está en un rango de los 273 a los 545 msnm, que es muy similar a lo que se ha reportado para otras poblaciones de *V. planifolia*, como lo mencionan Soto-Arenas y Cribb (2010) y Soto-Arenas y Dressler

(2010), donde se tienen individuos que están en altitudes que van de los 150 hasta los 800 msnm.

En cuanto a clima, 31.8% de las poblaciones se localizan en clima Cálido húmedo, 45.4% en clima Semicálido-templado húmedo, 9.1% en Cálido húmedo del mes más frío menor a 18° y, por último, 13.7 en clima Semicálido húmedo del grupo C (Cuadro 2). El clima en que se presentan las poblaciones de la Huasteca Hidalguense es similar al que se presenta en la región del Totonacapan (Puebla-Veracruz), donde hay poblaciones en Clima cálido húmedo, cálido sub-húmedo y semicálido húmedo del grupo C (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Ubicación de poblaciones de *V. planifolia*, altitud, clima y vegetación en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	Localidad	Sitio	Longitud	Latitud	Altitud	Clima	Vegetación
Atlapexco	Itzocal	S1	-98.4	21.02	370		
Atlapexco	Itzocal	S2	-98.4	21.02	382		
Atlapexco	Huizotlaco	S3	-98.38	21.05	285	Am(f)	Uso agrícola
Atlapexco	Huizotlaco	S4	-98.38	21.05	273	Cálido húmedo	
Atlapexco	San Isidro	S5	-98.44	21.01	394		
Atlapexco	San Isidro	S6	-98.43	21.02	350		
Huejutla	Contepec	S7	-98.49	21.14	406		Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical
Huejutla	Contepec	S8	-98.49	21.14	352		
Huejutla	Tezahual	S9	-98.5	21.12	414		
Huejutla	Xocotitla	S10	-98.5	21.12	391	(A)C(m)(f)	
Huejutla	Poxtla	S11	-98.49	21.08	312	Semicálido-templado húmedo	
Huejutla	Poxtla	S12	-98.48	21.09	367		
Huejutla	Poxtla	S13	-98.48	21.09	331		
Huejutla	Pahuatlán	S14	-98.51	21.09	381		
Huejutla	Ichcatepec	S15	-98.52	21.1	545		Uso agrícola
Jaltocán	Tlanepantla	S16	-98.56	21.11	482		
Jaltocán	Mirador	S17	-98.54	21.13	316	Am(f)	
Huejutla	Coacuilco	S18	-98.6	21.12	420	A(f) Cálido húmedo mes más frío menor a 18°	
Huejutla	Coacuilco	S19	-98.6	21.11	400		
Huejutla	Coacuilco	S20	-98.59	21.08	473	(A)C(fm)	Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical
Huejutla	Coacuilco	S21	-98.59	21.08	398	Semicálido húmedo del grupo C	
Huejutla	Coacuilco	S22	-98.57	21.1	423		

Tomado de datos de CONABIO, 2012

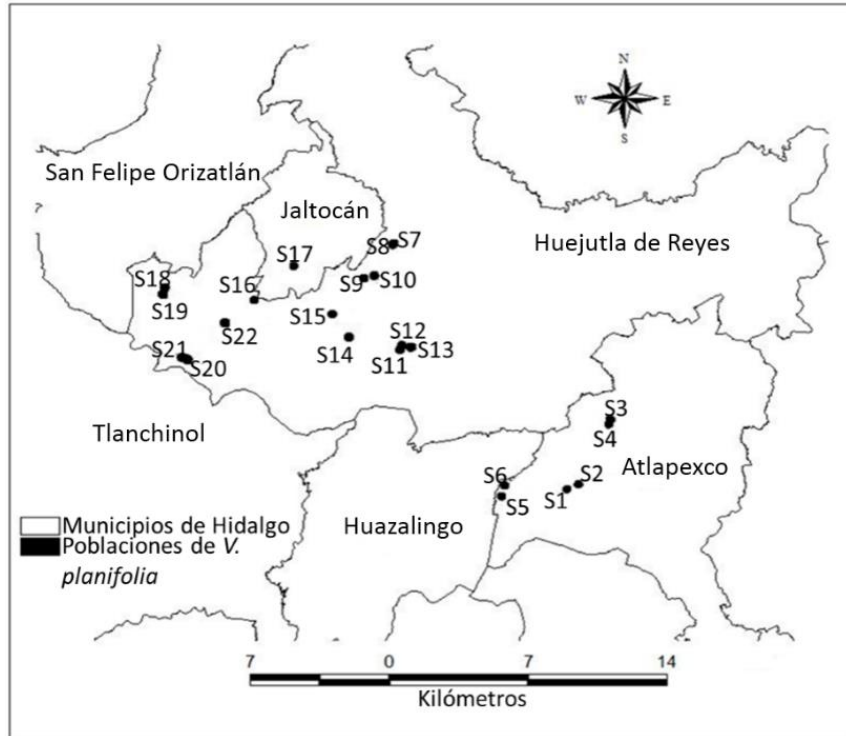


Figura 2. Localización de las 22 poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

El tipo de vegetación que predomina es de uso agrícola, por lo que *V. planifolia* se localiza en vegetación secundaria, conformada por acahuales maderables o cafetales, similar a lo reportado por Barrera-Rodríguez *et al.* (2009) en las zonas de Veracruz y parte de Puebla; mientras que 31.9% está asociado a Bosques de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical (Cuadro 2).

Distribución Potencial

El modelo de Maxent con el uso de 21 variables ambientales predijo la distribución potencial de *V. planifolia* con un valor AUC (área bajo la curva) de 0.985 (Figura 3A), lo que significa que la predicción del modelo de la distribución potencial de *V. planifolia* es muy buena ($0.95 \leq \text{AUC} < 1.0$) (Wan *et al.*, 2014), debido a que se ajustan los datos del

test actual (test data) con la formación de datos (training data) (Wan *et al.*, 2014). El valor de AUC es muy elevado debido a que *V. planifolia* se localiza en condiciones ambientales específicas (Soto-Arenas y Cribb, 2010), mientras que en especies que se ubican en diferentes ambientes el valor de AUC tiende a ser menor (Mcperson y Jetz, 2007; Evangelista *et al.*, 2008; Xue-Qing *et al.*, 2013).

La evaluación del modelo permite saber la utilidad del mismo, por lo que se debe validar para conocer si los resultados son significativos, para lo cual se emplea la tasa de omisión (o comisión), que es una prueba binomial dependiente de un umbral basado en la omisión y el área prevista (Phillips *et al.*, 2006; Jaryan *et al.*, 2013; Shcheglovitova y Anderson, 2013). La tasa de omisión es la fracción de las localidades de prueba que caen en los píxeles no previstos como adecuados para *V. planifolia*; el área prevista es la fracción de todos los píxeles que se predicen como adecuados para la especie (Wan *et al.*, 2014).

En la Figura 3B se aprecia que la omisión en los ejemplos del test está ajustada a la tasa de omisión predicha, que es la tasa de omisión para los datos del test modelados a partir de la distribución dada por Maxent (la tasa de omisión predicha es una línea recta por definición debido al formato de salida acumulativo), por lo que se valida la distribución potencial modelada por Maxent debido a que la omisión de los datos del test es cercana a la omisión predicha (Phillips *et al.*, 2006; Jaryan *et al.*, 2013; Wan *et al.*, 2014).

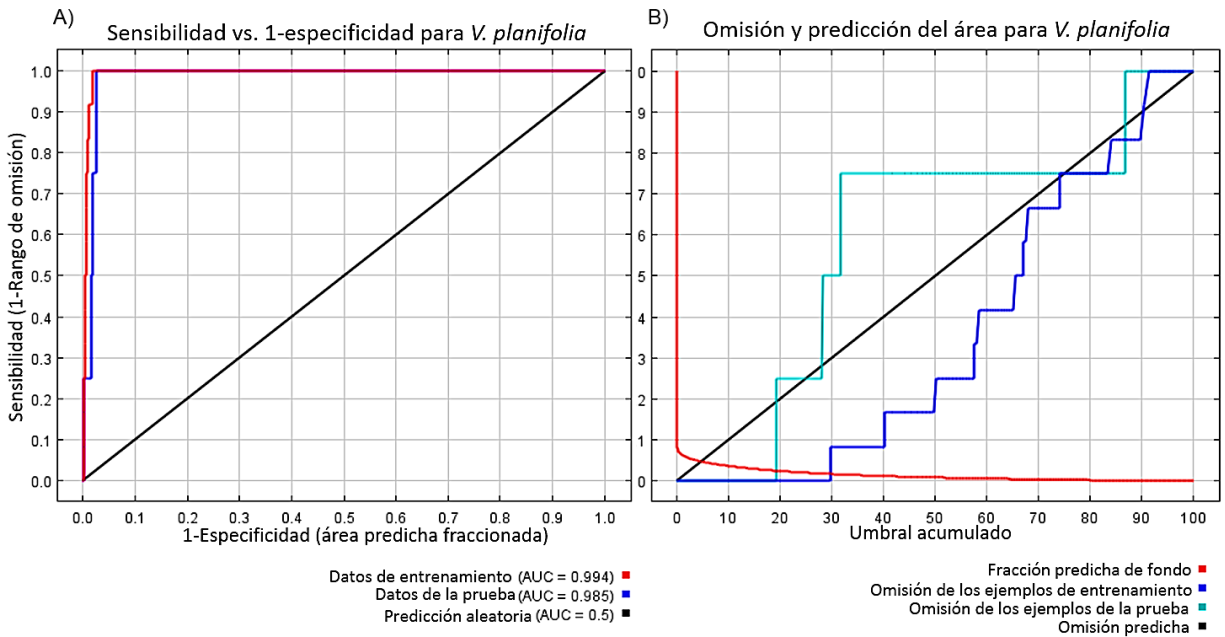


Figura 3. Validación del modelo de distribución potencial de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense. A) La curva roja representa el ajuste del modelo a los datos del muestreo. La curva azul indica el grado de ajuste del modelo a los datos del test, supone el test real del poder predictivo del modelo. La línea negra representa la línea esperada si el modelo no fuese mejor que por azar. B) Muestra la tasa de omisión del modelo creado por Maxent y el umbral acumulativo del área predicha. La tasa es calculada sobre los registros de presencia sobre el registro de prueba. Si la omisión de las muestras del test está próxima a la omisión prevista, se considera que el modelo de distribución para *V. planifolia* es el adecuado.

Una vez que se validó el modelaje realizado por Maxent, se obtuvo la distribución potencial de *V. planifolia* (Figura 4), donde se aprecian la presencia de las 22 poblaciones, únicamente en la parte norte y noroeste de Hidalgo que pertenecen a la región de la Huasteca Hidalguense.

Las áreas en rojo muestran la mayor probabilidad de presentar poblaciones de *V. planifolia*, debido a que tienen el hábitat óptimo para su permanencia al agruparse en torno a un área en específico; por el contrario, las áreas verdes son los lugares donde hay pocas probabilidades de encontrar una población o individuo de *V. planifolia* (Figura 4).

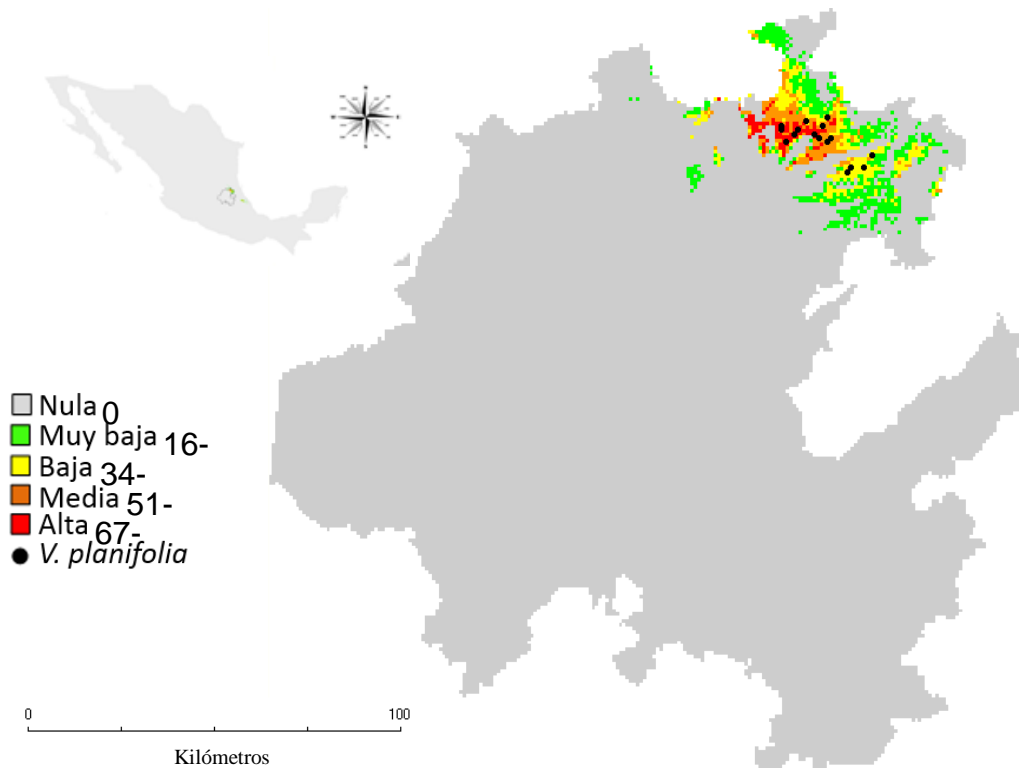


Figura 4. Distribución potencial de *V. planifolia* en la región de la Huasteca hidalguense. La variación de colores muestra la probabilidad de encontrar poblaciones o individuos de dicha especie.

Las poblaciones marcadas mediante GPS se dividen en tres grupos que se diferencian por la probabilidad de encontrar a *V. planifolia*. El Grupo I (GI) es donde se presenta el mayor número de poblaciones y se localiza en el área roja (67-100%), por lo que es la

zona donde están las mejores condiciones ambientales para el desarrollo de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

El Grupo II (GII) se encuentra en el área naranja donde hay una probabilidad de 51-66% de que se distribuyan las poblaciones de *V. planifolia*, y presenta condiciones no tan apropiadas para su distribución.

Por último, el Grupo III (GIII) está separado GI por una franja donde las condiciones ambientales son adversas para la presencia de *V. planifolia*, y está en un área donde las probabilidades de encontrar poblaciones son bajas (34-50%) (Figura 4).

La identificación de estos tres Grupos es muy importante para proponer a futuro áreas de conservación de germoplasma, presente en la región de la Huasteca Hidalguense (Fandohan *et al.*, 2010; Lehtomäki y Moilanen, 2013).

Efecto de las variables ambientales

Las variables que contribuyen en mayor medida al modelo de distribución potencial generado por Maxent, son la Precipitación del mes más seco (Bio14) con 43% de contribución, por lo que es la variable más importante en el modelo, seguido de Cobertura vegetal (Cober) con 14.9% de contribución. Por lo que las dos variables Bio14 y cobertura son las determinantes para generar el modelo de distribución potencial de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense (Cuadro 3).

Las variables ambientales que son más importantes de manera individual para la distribución potencial de *V. planifolia* son: Precipitación del mes más seco (Bio14) que, además, aporta información al análisis en conjunto de las variables, debido a que si se elimina, la distribución potencial se afectaría; Estacionalidad de la precipitación (Bio15);

Precipitación del trimestre más frío (Bio19); Altitud; Precipitación del trimestre más seco (Bio17) y Estacionalidad de la temperatura (Bio4) (Figura 5). Las variables menos importantes de manera individual para la distribución potencial de *V. planifolia* fueron: Rango de temperatura anual (Bio7), que es la variable que tiene un efecto nulo en la distribución potencial; Cobertura vegetal (Cober), que de forma individual no presenta un efecto directo, pero si es eliminada, afecta levemente la distribución del modelo cuando se analiza en conjunto a las demás variables, y Rango de temperatura diurno medio (Bio 2) (Figura 5).

Cuadro 3. Porcentaje de contribución de las variables al modelo de distribución potencial generado por Maxent.

Variable	Contribución (%)
Precipitación del mes más seco (bio14)	43
Cobertura vegetal (cober)	14.9
Precipitación del trimestre más seco (bio17)	7.2
Estacionalidad de temperatura (bio4)	7
Estacionalidad de la precipitación (bio15)	6.5
Temperatura media del trimestre más húmedo (bio8)	5.8
Temperatura media del trimestre más seco (bio9)	5.3
Temperatura media anual (bio1)	4.9
Rango de temperatura diurno medio (bio2)	2.7
Altitud	1.3
Precipitación del trimestre más húmedo (bio16)	0.7
Rango de temperatura anual (bio7)	0.6

El factor que define principalmente la distribución de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense es la precipitación en época de sequía (Bio14), por lo que la abundancia de lluvia en los meses de abril son determinantes para el establecimiento de poblaciones en la zona (Figura 6A), lo que difiere con lo reportado por Soto-Arenas y

Cribb (2010), quienes mencionan que *V. planifolia* prefiere condiciones secas en los meses de primavera.

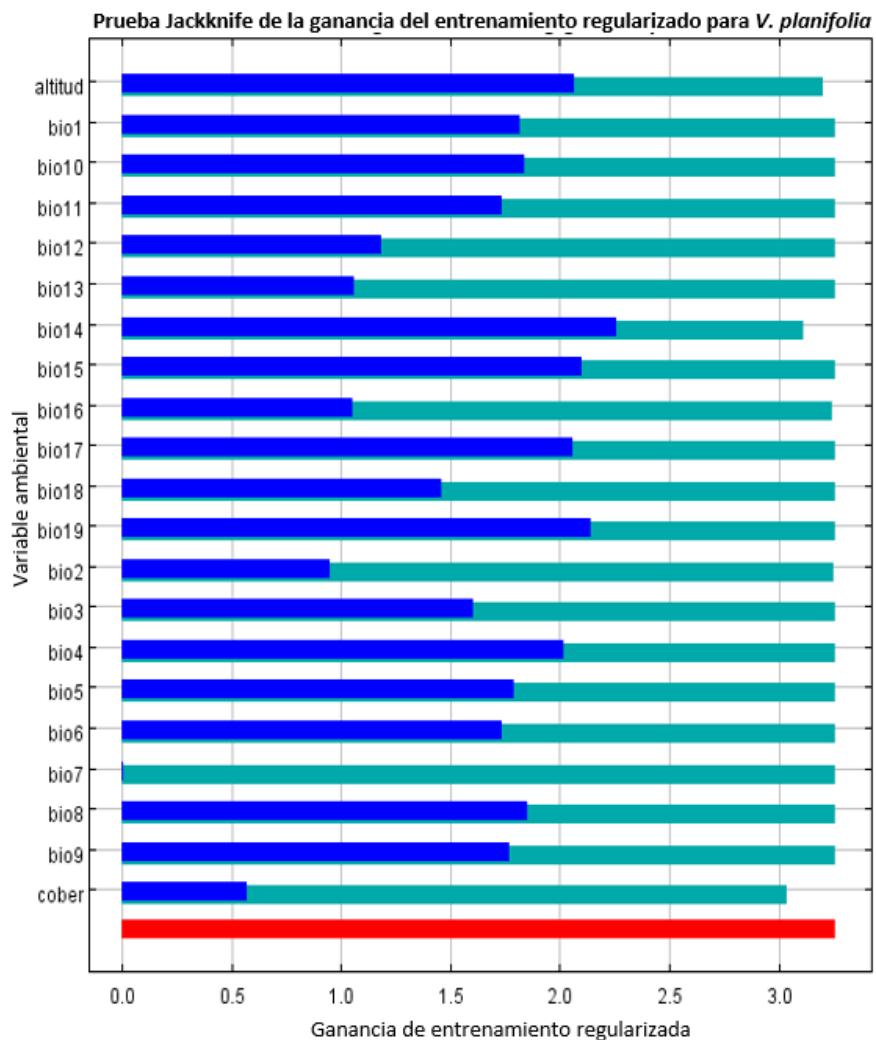


Figura 5. Test de Jackknife. La importancia de las variables ambientales individuales está representada por las barras azul marino, las barras turquesas representan la información que expresan las variables cuando son eliminadas del conjunto, mientras más corta es la barra, más informativa es la variable. La barra roja muestra la información expresada por todo el conjunto de variables.

Para el caso de la altitud, existe una mayor probabilidad de encontrar poblaciones de *V. planifolia* a altitudes más bajas que a altitudes más altas en la región de la Huasteca Hidalguense (Figura 6B); aun así, entran dentro del rango que se tiene para otras poblaciones de *V. planifolia* registradas en otros estados (Soto-Arenas y Cribb, 2010).

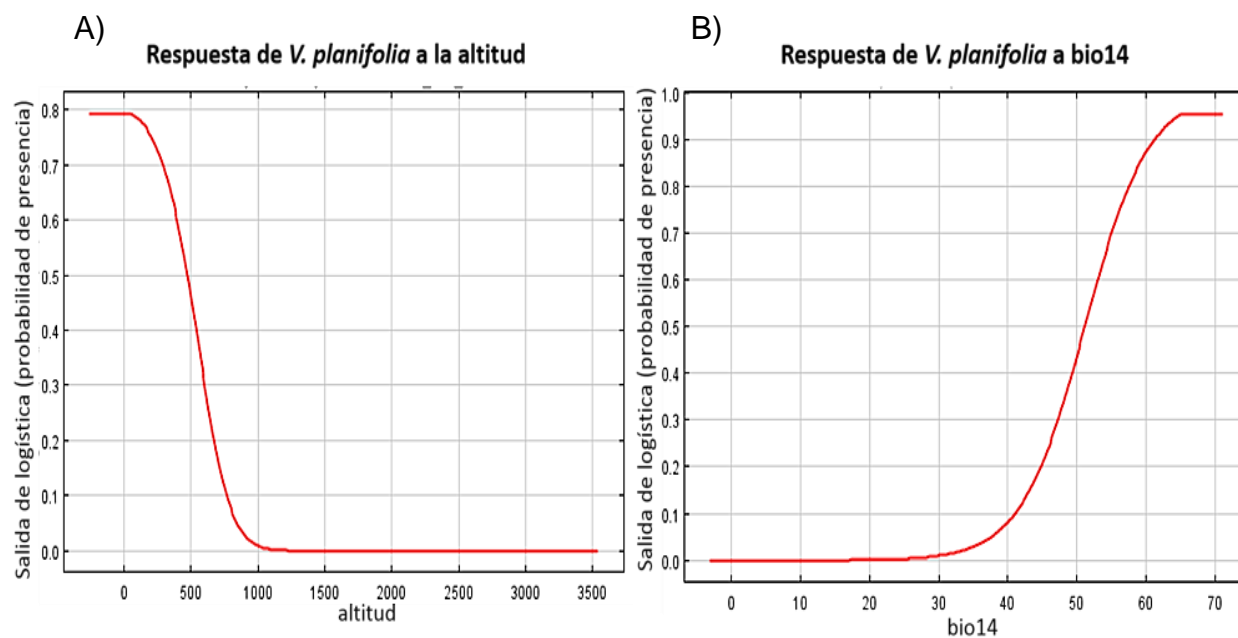


Figura 6. Respuesta de *V. planifolia* a las variables de altitud y precipitación del mes más seco (bio14). A) En esta gráfica se observa que mientras más aumenta la altitud, es menor la probabilidad de encontrar poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense. B) Representa la probabilidad de encontrar poblaciones de *V. planifolia* con base en la cantidad de lluvia en el mes más seco del año (bio14), a mayor precipitación mayor probabilidad de encontrar poblaciones.

La cobertura vegetal aunque individualmente no afecta la distribución, en conjunto con las demás variables, aporta información en la construcción del modelo; el mayor número de poblaciones (63.6%) se localiza en tipo de cobertura de Uso agrícola, el cual está sometido a un uso principalmente de cafetal que se encuentra asociado con

V. planifolia; esta condición es similar a la registrada en la Sierra Norte de Puebla (Martínez *et al.*, 2007^b), mientras que 36.4% se localiza en Bosque de latifoliadas tropical o subtropical, que se ocupan principalmente como acahuales y recursos maderables en la región, lo que también ocurre en Veracruz, registrado por Barrera-Rodríguez *et al.* (2009). Es importante hacer notar que los sistemas de cultivos de cafetales sirven como reservorio de especies nativas, principalmente para las orquídeas (Espejo-Serna *et al.* 2005; Moorhead *et al.*, 2009; Rasmussen, 2009).

La precipitación del mes más seco, altitud y cobertura, son las principales características ambientales que, tanto individual como en grupo, delimitan el área de distribución potencial de poblaciones de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

2.4 Conclusiones

Dentro de la huasteca Hidalguense se localizaron 22 poblaciones de *V. planifolia* que representan el primer registro formal de esta especie para el Estado de Hidalgo, ya que no existen registros para esta entidad en las colectas de herbarios nacionales. Las poblaciones identificadas se localizan principalmente en el clima cálido húmedo y semicálido-templado húmedo, en vegetación de uso agrícola y de bosques de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical.

La distribución potencial realizada por Maxent, se validó con un valor de AUC (área bajo la curva) de 0.985 y una tasa de omisión que se ajusta a la omisión de los ejemplos de la prueba.

El mapa de distribución potencial muestra que, con base en la probabilidad de presencia, las poblaciones de *V. planifolia* se localizan en tres grupos: GI es donde hay mayor posibilidad de localizar a la especie, GII se ubica en el área donde hay una probabilidad media de encontrar más poblaciones, y GIII se ubica en un área con menor probabilidad de localizar poblaciones.

Las variables que delimitan la distribución potencial de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense están relacionadas con la precipitación, altitud y cobertura vegetal.

2.5 Literatura citada

Barrera-Rodríguez A, Herrera-Cabrera BE, Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido S, Bustamante-González A. (2009) Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2):199-212.

Bertolini V, Damon A, Valle J, Rojas AN. (2012) Distribution and ecological patterns of orchids in Monte Pellegrino Reserve, Palermo (Sicily, Italy) *Biodiversity Journal*, 3(4):375-384.

Bory S, Catrice O, Bown S, Leitch IJ, Gigant R, Chiroleu F, Grisoni M, Duval MF, Besse P. (2008) Natural polyploidy in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae), *Genome*, 51:816-826.

Casazza G, Zappa E, Mariotti MG, Médail F, Minuto L. (2008) Ecological and historical factors affecting distribution pattern and richness of endemic plant species: the case of the Maritime and Ligurian Alps hotspot, *Diversity and Distributions* 14:47-58.

Ceja-Romero J, Mendoza-Ruiz A, López-Ferrari AR, Espejo-Serna A, Pérez-García B, García-Cruz J. (2010) Las epífitas vasculares del Estado de Hidalgo, México: Diversidad y Distribución. *Acta Botánica Mexicana*, 93:1-39.

Chen G, Kéry M, Zhang J, Ma K. (2009) Factors affecting detection probability in plant distribution studies. *Journal of Ecology*, 97:1383-1389.

Cohen L, Manion L. (1990) Métodos de Investigación Educativa, La Muralla, Madrid. 504 p.

CONABIO (2012) portal de Geoinformación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
Fecha de consulta: enero 2014.

Condit, R.; Ashton, PS., Baker, P.; Bunyavejchewin, S.; Gunatilleke, S.; Gunatilleke, N.; Hubbell, SP., Foster, RB.; Itoh, A.; LaFrankie, JV.; Lee, HS.; Losos, E., Manokaran, N.; Sukumar, R.; Yakamura, T. (2000) Spatial patterns in the distributions of tropical tree species. *Science*, 288:1414-1418.

- Cortéz AL, Aceves L, Arteaga R, Vázquez MA. (2005) Zonificación agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela, *TERRA Latinoamericana*, 23(2):159-166.
- Cruz-Cárdenas G, López-Mata L, Villaseñor JL, Ortiz E. (2014) Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:189-199.
- Domínguez F, Schwartz MW. (2005) Patterns of rarity and taxonomic group size in plants. *Biological Conservation*. 126:146-154.
- Drake JM, Beier JC. (2014) Ecological niche and potential distribution of *Anopheles arabiensis* in Africa in 2050. *Malaria Journal*, 13:213-224.
- Espejo-Serna A, López-Ferrari AR, Jiménez-Machorro R, Sánchez-Saldaña L. (2005) Las orquídeas de los cafetales en México: una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 53(1-2):73-84.
- Evangelista PH, Kumar S, Stohlgren TJ, Jarnevich CS, Crall AW, Norman JB, Barnett DT. (2008) Modelling invasión for a hábitat generalist and specialist plant species. *Diversity and Distributions*, 14:808-817.
- Faleiro FV, Machado RB, Loyola RD. (2013) Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. *Biological Conservation*, 158:248-257.
- Fandohan B, Assogbadjo AE, Romain A, Kakaï G, Sinsin B. (2010) Effectiveness of a protected áreas network in the conservation of *Tamarindus indica* (Leguminosea-Caesalpinioideae) in Benin. *African Journal of Ecology*. 49:40-50.
- Grisoni M, Duval MF, Besse P. (2008) Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean), *American Journal of Botany*, 95(7):805-815.
- Jaryan V, Datta A, Uniyal SK, Kumar A, Gupta RC, Singh RD. (2013) Modelling potential distribution of *Sapium sebiferum* – an invasive tree species in western Himalaya. *Current Science*, 105(9):1282-1288.

- Kalvik HM, Stout IJ, Doonan TJ, Parkinson CL. (2012) Investigating niche and lineage diversification in widely distributed taxa: phylogeography and ecological niche modeling the *peromyscus maniculatus* species group. *Ecography*. 35:54-64.
- Khanum R, Mumtaz AS, Kumar S. (2013) Predicting impacts of climatic change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecológica*, 49:23-31.
- Kolanoswka M, Szlachetko DL. (2014) Niche conservatism of *Eulophia alta*, a trans-Atlantic orchid species. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 83(1):51-57.
- Kosak KH, Graham CH, Wiens JJ. (2008) Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23:141-148.
- Kumar S, Stohlgren TJ. (2009) Maxent modeling for predicting suitable hábitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*, 1(4):94-98.
- Kumar S, Graham J, West AM, Evangelista PH. (2014) Using district-level occurrences in MaxEnt for predicting the invasion potential of an exotic insect pest in India. *Computers and Electronics in Agriculture*, 103:55-62.
- Lethomäki J, Moilanen A. (2013) Methods and workflow for spatial conservation prioritization using Zonation. *Environmental Modelling & Software*. 47:128-137.
- Levin D. (2009) Flowering-time plasticity facilitates niche shifts in adjacent populations, *New Phytologist*, 183:661-666.
- Lubinsky P, Séverine B, Hernández-Hernández J, Seung-Chul K, Gómez-Pompa A. (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]), *Economic Botany*, 62(2):127-138.
- Martínez JL, Tijerina L, Arteaga R, Vázquez MA, Becerril AE. (2007^a) Determinación de zonas agroclimáticas, para la producción de mango (*Mangifera indica* L. "Manila") en Veracruz, México, *Investigaciones Geográficas*, 63:17-35.
- Martínez MA, Evangelista V, Basurto F, Mendoza M, Cruz-Rivas A. (2007) Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78:15-40.

- Martínez JL. (2013) Lucha campesina en la Huasteca Hidalguense. Un estudio regional. *Revista Estudios Agrarios*, 53-54:17-89
- Mazzola MB, Kin AG, Morici EF, Babinec FJ, Tamborini G. (2008) Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 43:103-109.
- Mcperson JM, Jetz W. (2007) Effects of species' ecology on the accuracy of distribution models. *Ecography*, 30:135-151.
- Morhead L, Philpott SM, Bichier P. (2009) Epiphyte biodiversity in the coffee Agricultural Matrix: Canopy Stratification and distance from forest fragments. *Conservation Biology*, 24(3):737-746.
- Murray-Smith C, Brummitt NA, Oliveira-Filho AT, Bachman S, Moat J, Lughandha EMN, Lucas EJ. (2008) Plant diversity hotspots in the Atlantic Coastal Forest of Brazil. *Conservation Biology*, 23(1):151-163.
- Padalia H, Srivastava V, Kushwaha SPS. (2014) Modeling potential invasión range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. in India: Comparison of MaxEnt and GARP. *Ecological Informatics*, 22:36-43.
- Pedroso HL, Rocha-Filho LC, Lomônaco C. (2010) Variación fenotípica de plantas del Cerrado (*Sabana brasileña*) frente a la heterogeneidad ambiental. *Ecosistemas*, 19(1):24-36.
- Peterson AT, Papes M, Eaton M. (2007) Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, 30:550-560.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190:231-259.
- Phillips SJ, Dudík M. (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31:161-175.
- Rasmussen C. (2009) Diversity and abundance of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in Tropical Rainforest Succession. *Ecology, behavior and Bionomics*, 38(1):66-73.

- Shcheglovitova M, Anderson RP. (2013) Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small samples sizes. *Ecological Modelling*, 269:9-17.
- Soto-Arenas MA, Cribb P. (2010) A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae:Vanillinae). *Lankesteriana*, 9(3):355-398.
- Soto-Arenas MA, Dressler RL. (2010) A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier ex Miller with a characterization of their its regions of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana*, 9(3):285-354.
- Tsiftsis S, Tsiripidis I, Trigas P. (2011) Identifying important areas for orchid conservation in Crete. *European Journal of Enviromental Sciences*, 1(2):28-37.
- Vargas-Amado G, Castro-Castro A, Harker M, Villaseñor JL, Ortíz E, Rodríguez, A. (2013) Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84:536-555.
- Villavicencio MA, Pérez BE. (2010) Vegetación e inventario de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua de Hidalgo. *Ciencia Universitaria*, 1:23-33
- Wan J, Chunjing W, Han S, Yu J. (2014) Planning the priority protected areas of endangered orchid species in northeastern China. *Biodiversity and Conservation*. 23:1395-1409.
- Wang XY, Huang XL, Jiang LY, Qiao GX. (2010) Predicting potential distribution of chestnut phyloxerid (Hemiptera: Phylloxeridae) base don GARP and Maxent ecological niche models. *Journal of Applied Entomology*, 134:45-54.
- Warren DL, Seifert SN. (2011) Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 21(2):335-342.
- Xue-Qing Y, Kushwaha SPS, Saran S, Xu J, Roy PS. (2013) Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51:83-87.

York P, Evangelista P, Kumar S, Graham J, Ftaher C, Stohlgren T. (2011) A hábitat overlap analysis derived from Maxent for Tamarisk and the South-western Willow Flycatcher. *Frontiers in Earth Science*. 5(2):120-129.

Yost AC, Petersen SL, Gregg M, Miller R. (2008) Predictive modeling and maping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics*, 3:375-386.

CAPÍTULO III

VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN EL LABELO DE POBLACIONES DE *V. planifolia* (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA, HIDALGO, MÉXICO.

Resumen

En la región de la Huasteca Hidalguense no existen estudios sobre la variación morfológica de *Vanilla planifolia*, por lo que no se conoce el germoplasma existente en la región. El labelo es la principal estructura para caracterizar este germoplasma debido a la estabilidad ante factores ambientales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es identificar la variación morfológica y los factores que inciden en ella. En el mes de abril se colectaron en promedio 17 flores de 22 poblaciones presentes en los municipios de Huejutla, Atlapexco y Jaltocán. Se diseccionó la flor y se separó el labelo para trazar 57 líneas y 7 ángulos, con lo que se realizó la caracterización. Como resultado se obtuvo que existen diferencias significativas entre las poblaciones de *V. planifolia*; los tres primeros Componentes Principales representan el 79% de la variación; el CP1 representa la región media basal de la flor; el CP2 la región media basal, media y la amplitud del labelo en la parte basal; y el CP3 la región media, media apical y amplitud del labelo en la parte media. Se obtuvieron cinco morfotipos de los cuales el Morfotipo I y V tienen la mayor distribución, además, de que los Morfotipo I y II son los de mayor amplitud y tamaño de labelo, mientras que el Morfotipo III es el de menor tamaño y amplitud. La forma de los labelos no se debe a los factores climáticos debido a que no hay un patrón espacial, pero se explica mediante el efecto de los polinizadores, por lo que la caracterización muestra la variación infraespecífica de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

Palabras clave: labelo, morfometría, polinización, germoplasma, Huasteca Hidalguense

3.1 Introducción

Vanilla planifolia es una planta nativa de Mesoamérica que crece principalmente en zonas tropicales (Hágsater *et al.* 2005). Debido a su reproducción clonal, la variación genética que presenta es muy reducida (Bory *et al.* 2008), por lo que mediante marcadores moleculares, se han identificado dos grupos importantes,; uno que abarca la región del Totonacapan en Veracruz-Puebla, el cual presenta baja variación genética y la polinización natural es casi nula; y el segundo grupo está en la región Norte de Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo, donde hay plantaciones recientes cuyas plantas se extrajeron de poblaciones silvestres, donde la polinización natural aún persiste (Soto-Arenas 1999, Lubinsky *et al.* 2008, Soto-Arenas y Dressler 2010).

En la región de la Huasteca Hidalguense no se ha estudiado el germoplasma de *V. planifolia* por lo que, mediante la caracterización morfológica del labelo, se puede identificar la variación infraespecífica de las poblaciones que están en constante presión de selección natural (Shipunov y Bateman 2005, Niet *et al.* 2010).

Los principales factores bióticos y abióticos influyen en la variación morfológica de los caracteres vegetativos y reproductivos (Paiaro *et al.* 2012). Dentro de los caracteres reproductivos, las flores presentan variación cuantitativa en las poblaciones de una misma especie, y esta variación representa la base de la selección natural que eventualmente puede resultar en la diversificación y especiación (Herrera 2005, Pigliucci 2005).

Las flores son órganos con poca variación infraespecífica (Herrera 2001, Brock y Weining 2007); generalmente presentan una morfología constante asociado

principalmente al genotipo y no al efecto ambiental, por lo que los datos morfológicos se han usado para la delimitación de diferentes especies (Herrera 2005, Chiron *et al.* 2010),

Es decir, los caracteres reproductivos generalmente muestran cierto grado de variación morfológica, producto de la variabilidad genética de cada especie y sobre la cual actúa la selección natural como principal fuerza de especiación.

En situaciones donde la variación morfológica está asociada a factores ambientales, se ha documentado que ésta se expresa por lo general como patrones, graduales o en forma de mosaicos, a lo largo de un paisaje o un área geográfica (Paiaro *et al.* 2012). De manera que cuando el fenotipo de una planta es afectado por alguno de esos factores, los patrones ambientales pueden ser tratados como patrones geográficos de variación fenotípica (Blinova 2012; Paiaro *et al.* 2012). Particularmente este tipo de variación se relaciona con especies de amplia distribución geográfica, las cuales ocupan territorios discontinuos a manera de mosaicos (Ramírez *et al.* 2010).

El tamaño de la flor también responde a una variación ambiental en ocasiones fuertemente marcada, por lo que llegan a ser más largas a altitudes altas, temperatura fría y humedad elevada; y más cortas a altitudes bajas, temperatura cálida y condiciones secas (Herrera 2005, Hodgins y Barrett 2008, Pélabon *et al.* 2013); sin embargo, estas variaciones se dan más debido a la plasticidad que presentan los individuos ante las diferentes condiciones ambientales (Givnish 2002, Pigliucci 2005), como se reporta para *Arabidopsis thaliana* (Brock y Weining 2007), *Narcissus triandus* (Hodgins y Barrett 2008) y *Campanula rotundifolia* (Pélabon *et al.* 2013).

El labelo, en particular, es una estructura fundamental en la biología y ecología floral de las orquídeas, debido a que está estrechamente relacionada con el polinizador, principalmente la región más gruesa que actúa como atrayente visual y zona de aterrizaje para los polinizadores, por lo que es un valioso carácter de diagnóstico de la variación de una especie (Shipunov y Bateman 2005, Bateman y Rudall 2006).

Por lo tanto, para identificar la variación genética, se puede conocer la variación infraespecífica mediante el análisis del labelo, al ser un órgano estable pero en constante presión y selección por parte de los polinizadores y el ambiente (Sobel y Streisfeld 2013). Identificar la variación infraespecífica permite conocer el germoplasma existente y proponer programas de mejoramiento y preservación (Frankham *et al.* 2002).

Debido a que en la región de la Huasteca Hidalguense no se ha estudiado el germoplasma de *V. planifolia*, así como el nivel de variación infraespecífica que existe en sus poblaciones, el objetivo del presente trabajo fue identificar la variación morfológica existente de *V. planifolia* y su distribución en la huasteca Hidalguense, mediante análisis multivariado del labelo, y determinar los posibles efectos abióticos o bióticos que causan la variación del germoplasma.

3.2 Materiales y métodos

Ubicación geográfica

La zona de estudio forma parte de la Región cultural de la Huasteca Hidalguense que está conformada por los municipios de Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla,

Jaltocan, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica (Villavicencio y Pérez 2010). Limita al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con Veracruz, al sur con Veracruz y el municipio de Calnali del Estado de Hidalgo, al oeste con el Estado de San Luis Potosí y los municipios de Tlanchinol y Lolotla, del Estado de Hidalgo (Martínez 2013). La Huasteca Hidalguense presenta climas cálidos y semicálidos húmedos, dentro de la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, cubierto principalmente por bosque mesófilo de montaña, la selva alta ha sido desplazada por vegetación secundaria, diversos tipos de cultivos y pastizales inducidos (Ceja-Romero *et al.* 2010).

Material biológico

Vanilla planifolia G. Jack pertenece a la familia Orchidaceae, es una planta hemiepipíta o rupícola que crece en bosques tropicales siempre verdes o casi siempre verdes, de 150 a 900msnm, en vegetación primaria o secundaria. Crece en vegetación alta perennifolia o subperennifolia, con lluvia en primavera sobre suelos calcáreos. En las áreas más húmedas se puede encontrar en bosques secundarios jóvenes. Florea de marzo a abril, y la floración se activa debido a las bajas temperaturas invernales, seguidas de temperaturas cálidas en los inicios de la primavera (Soto-Arenas y Dressler 2010). Se distribuye en los estados de Veracruz, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Oaxaca e Hidalgo, pero hasta la actualidad no se han hecho estudios del germoplasma presente en este último Estado (Bory *et al.* 2008).

Durante el mes de Abril en la época de floración, se colectaron las flores más turgentes con polinios y sin daños aparentes en la estructura floral; se cortaron desde la base del pedicelo y se almacenaron en una solución preservativa (etanol 27%, ácido láctico 4%,

ácido benzoico 3%, glicerina 3% y agua destilada 63%) dentro de frascos de 220ml con su respectivo rótulo de colecta (Cuadro 4) (Figura 7).

Cuadro 4. Tabla de colectas del Estado de Hidalgo

Municipio	Localidad	Colectas	Flores
Atlapexco	Itzocal	S1	20
Atlapexco	Itzocal	S2	13
Atlapexco	Huizotlaco	S3	1
Atlapexco	Huizotlaco	S4	7
Atlapexco	San Isidro	S5	27
Atlapexco	San Isidro	S6	26
Huejutla	Contepec	S7	19
Huejutla	Contepec	S8	18
Huejutla	Tezahual	S9	20
Huejutla	Xocotitla	S10	12
Huejutla	Poxtla	S11	5
Huejutla	Poxtla	S12	9
Huejutla	Poxtla	S13	3
Huejutla	Pahuatlán	S14	30
Huejutla	Ichcatepec	S15	20
Jaltocán	Tlanepantla	S16	20
Jaltocán	Mirador	S17	16
Huejutla	Coacuilco	S18	17
Huejutla	Coacuilco	S19	10
Huejutla	Coacuilco	S20	14
Huejutla	Coacuilco	S21	11
Huejutla	Coacuilco	S22	10

Caracteres evaluados

Para identificar la variación morfométrica, el trabajo se basó en la morfometría geométrica de contornos que se emplea en el análisis de estructuras anatómicas, por lo que se entiende a la forma como un todo más que como un análisis fragmentario de la estructura, lo que permite la construcción de la forma (Shipunov y Bateman 2005).

Para la toma de datos se colocan puntos, los cuales deben encontrarse equidistantes o bien aumentar su densidad en aquellas zonas donde la curvatura del contorno sufra cambios más bruscos, sin sobrecargar de coordenadas el contorno a fin de no generar información redundante, los datos obtenidos se caracterizan mediante análisis multivariados (Toro-Ibacache *et al.* 2010).

Por lo que una vez que se colectaron las flores, se diseccionaron para separar el labelo y obtener una imagen digital (Figura 7).

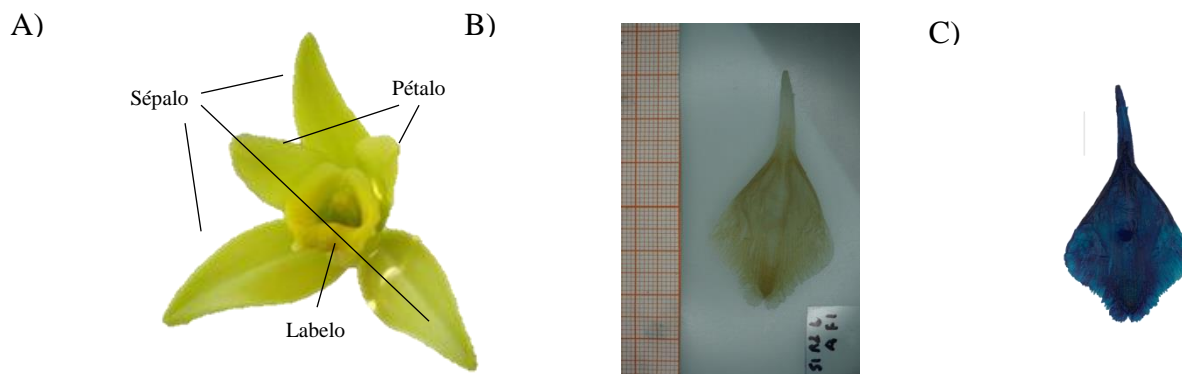


Figura 7. A) Disección del labelo, B) tinción e C) imagen digital.

Un vez tomada la imagen digital, se divide el labelo en siete partes (A, B, C, D, E, F, G), posteriormente se trazaron cincuenta y siete líneas y siete ángulos (Figura 8).

Análisis estadístico y numérico

Se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA, para determinar si existían diferencias significativas entre las colectas. Posteriormente, se realizó un análisis multivariado mediante Componentes Principales y Cluster, para identificar la variación infraespecífica en el labelo de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

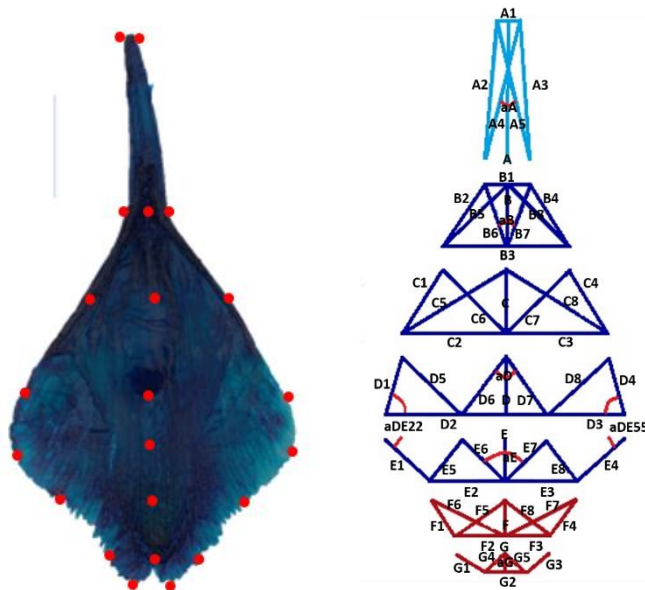


Figura 8. Trazos y ángulos del labelo de *V. planifolia*

Por último, se analizó la distribución de los morfotipos en base a clima, altitud y tipo de vegetación mediante el uso de mapas de CONABIO (2012), para identificar los factores que influyen en los morfotipos.

3.3 Resultados y discusión

Análisis de la varianza

Las sesenta y cuatro variables analizadas presentaron coeficientes de variación bajos (3-10%). Se observaron diferencias altamente significativas entre las colectas para cada una de las variables (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de Varianza para las 22 colectas

Variable	Media	Coef. De variación	Cuadrados de la media	
			Colectas	Error
A1	2.56	10.15	0.52***	0.06
A2	16.76	3.46	4.08***	0.33
A3	16.85	3.65	3.52***	0.37
A4	17	3.60	4.70***	0.37
A5	17.33	4.04	3.39***	0.49
A	16.77	3.51	3.84***	0.34
B1	2.38	5.07	0.16***	0.01
B2	9.4	4.06	2.21***	0.14
B3	6.87	6.08	2.14***	0.17
B4	9.57	4.12	1.37***	0.15
B5	10.71	4.21	2.96***	0.20
B6	8.93	5.28	5.14***	0.22
B7	8.83	5.70	6.12***	0.25
B8	10.94	4.20	1.81***	0.21
B	8.36	3.49	1.02***	0.08
C1	9.58	5.10	2.65***	0.23
C2	11.87	5.82	6.83***	0.47
C3	11.45	5.39	7.56***	0.38
C4	9.69	5.32	2.11***	0.26
C5	14.24	5.12	7.31***	0.53
C6	11.06	5.76	2.60***	0.40
C7	10.63	4.53	2.71***	0.23
C8	14.43	4.99	6.26***	0.51
C	8.37	3.60	1.01***	0.09
D1	7.74	10.80	5.30***	0.70
D2	12.2	10.07	8.31***	1.51
D3	10.83	10.98	8.29***	1.41
D4	8.31	10.61	2.93***	0.77
D5	10.84	6.81	4.96***	0.54
D6	8.97	4.73	2.86***	0.18
D7	8.99	4.87	2.70***	0.19
D8	10.94	6.56	4.17***	0.51
D	7.93	6.05	2.52***	0.23
E1	7.1	11.70	3.18***	0.69
E2	6.81	11.04	4.47***	0.56
E3	6.23	9.27	5.70***	0.33

E4	6.3	12.62	3.08***	0.63
E5	5.04	8.37	1.51***	0.17
E6	6.29	8.62	2.07***	0.29
E7	5.9	7.60	2.95***	0.20
E8	4.94	7.40	2.01***	0.13
E	4.4	6.48	1.17***	0.08
F1	3.32	14.37	1.21***	0.22
F2	4.94	7.64	2.53***	0.14
F3	4.77	7.01	2.25***	0.11
F4	2.91	13.36	1.49***	0.15
F5	5.57	6.85	2.76***	0.14
F6	7.34	10.84	4.89***	0.63
F7	6.7	9.38	6.02***	0.39
F8	5.42	6.30	2.56***	0.11
F	2.56	7.25	0.49***	0.03
G1	3.58	13.40	1.94***	0.23
G2	4.45	14.89	2.06***	0.43
G3	3.51	13.60	2.03***	0.22
G4	3.35	11.29	1.15***	0.14
G5	3.13	11.68	0.86***	0.13
G	2.35	10.09	0.75***	0.05
aA	24.59	5.30	17.64***	1.69
aB	31.86	5.32	35.28***	2.88
aD	55.82	6.78	162.33***	14.36
aE	86.62	3.96	122.95***	11.80
aDE22	127.87	8.16	972.33***	109.06
aDE55	137.05	8.56	967.25***	137.88
aG	86.31	13.18	679.38***	129.45

Distribución de la diversidad

Mediante análisis de Componentes Principales se observó que la distribución espacial de las 22 colectas, representadas por los tres primeros componentes principales (CP), explicaron en conjunto 79% de la variación total (Cuadro 6).

El CP1 explicó 57.13% de toda la variación, el CP2 13.26% y el CP3 8.76% de la variación total. El CP1 está determinado en mayor medida por las variables A4, B2, B4,

B8, C1, C4, C5, C8 y C que conforman principalmente las regiones medias basales de la flor. CP2 está definido principalmente por variables de la región media basal (B1, B6, B7), media (D1 y D2), y de la amplitud de labelo (aA y aB) (Cuadro 6). El CP3 está representado por variables de la región media (D3, D4, D8, D), de la media apical (E1 y E4) y una de la amplitud del labelo (aD) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Vectores, valores propios y proporción acumulada de la variación explicada por cada variable, en los tres primeros CP*

Variable	CP1	CP2	CP3
A1	0.094	0.103	-0.062
A2	0.149	-0.071	0.040
A3	0.145	-0.069	0.048
A4	0.151	-0.062	0.033
A5	0.141	-0.040	0.044
A	0.148	-0.069	0.039
B1	0.066	0.217	0.140
B2	0.150	-0.077	0.058
B3	0.118	0.078	0.092
B4	0.159	-0.008	0.040
B5	0.147	-0.039	0.081
B6	0.105	-0.214	-0.015
B7	0.104	-0.231	-0.006
B8	0.157	0.054	0.062
B	0.147	-0.075	0.030
C1	0.157	-0.070	0.018
C2	0.147	0.080	0.061
C3	0.147	-0.001	-0.002
C4	0.154	-0.020	-0.007
C5	0.156	-0.005	0.033
C6	0.132	0.092	0.122
C7	0.148	-0.066	0.052
C8	0.155	0.041	0.024
C	0.150	-0.068	0.035
D1	0.096	-0.243	-0.048
D2	0.044	0.245	0.156
D3	0.112	-0.017	-0.246

D4	0.028	-0.052	0.392
D5	0.130	-0.132	0.098
D6	0.138	-0.141	0.119
D7	0.119	-0.141	0.211
D8	0.108	-0.079	0.269
D	0.081	-0.207	0.236
E1	-0.034	0.104	0.261
E2	0.125	0.197	-0.010
E3	0.146	-0.011	-0.176
E4	0.079	-0.100	-0.216
E5	0.137	0.020	-0.053
E6	0.132	0.122	0.084
E7	0.145	-0.073	-0.157
E8	0.147	-0.043	-0.090
E	0.139	-0.080	-0.023
F1	0.084	0.182	0.096
F2	0.138	0.175	0.010
F3	0.146	0.091	-0.108
F4	0.121	-0.127	-0.196
F5	0.142	0.152	0.010
F6	0.125	0.191	0.018
F7	0.146	-0.014	-0.179
F8	0.148	0.080	-0.089
F	0.132	0.020	0.001
G1	0.140	0.114	-0.092
G2	0.092	0.124	0.104
G3	0.137	0.049	-0.121
G4	0.121	0.183	0.053
G5	0.140	0.105	-0.060
G	0.133	0.085	-0.034
aA	-0.010	0.249	-0.020
aB	-0.046	0.226	0.096
aD	0.089	0.202	-0.224
aE	0.067	0.196	-0.099
aDE22	0.104	-0.150	-0.071
aDE55	0.063	-0.015	0.186
aG	-0.063	0.017	0.205
Valores propios	36.56	8.48	5.6
Proporción variación total	57.13	13.26	8.76
Variación acumulada	57.13	70.4	79.15

* Los valores en negritas representan las variables con mayor impacto en la variación de cada Componente Principal

Mediante la gráfica de los Componentes Principales, se identificaron cinco morfotipos de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense (Figura 9).

En base al CP1, se observa que los morfotipos que se ubican en el lado positivo son más alargados y amplios en la región media basal y basal de los labelos (Morfo I, Morfo II), mientras que en la parte negativa son más angostos en esta región (Morfo III; Morfo IV, Morfo V) (Figura 9).

En el CP2, en la parte negativa se localizan los morfotipos que son delgados en la parte izquierda de la región media del labelo (D2) y en la región apical (B1, aA, aB), pero largos en la región media basal y en la parte izquierda de la región media del labelo (B6, B7, D1) (Morfo II, Morfo III, Morfo IV), por lo que en la parte negativa es lo contrario; en la parte media de CP2 se encuentra el Morfo I y Morfo V (Figura 9).

Para CP3, los labelos de los Morfotipos que se encuentran en la parte positiva, es más larga la parte derecha de la región media (D, D4, D8) y de la parte izquierda de la región media apical del labelo (E1), pero es más angosto en la parte derecha de la región media (D3, aD) y corto en la parte derecha de la región media apical (E4); sin embargo, sólo el Morfo III se encuentra en la parte positiva, mientras que los demás morfos están en medio del CP3, por lo que tienen en promedio medidas similares en estas variables (Figura 9).

Agrupamiento de la diversidad

Con base en una distancia euclidiana de 0.831 en el dendograma de la figura 10, se identificaron cinco morfotipos en las colectas de *V. planifolia* de la región Huasteca Hidalguense.

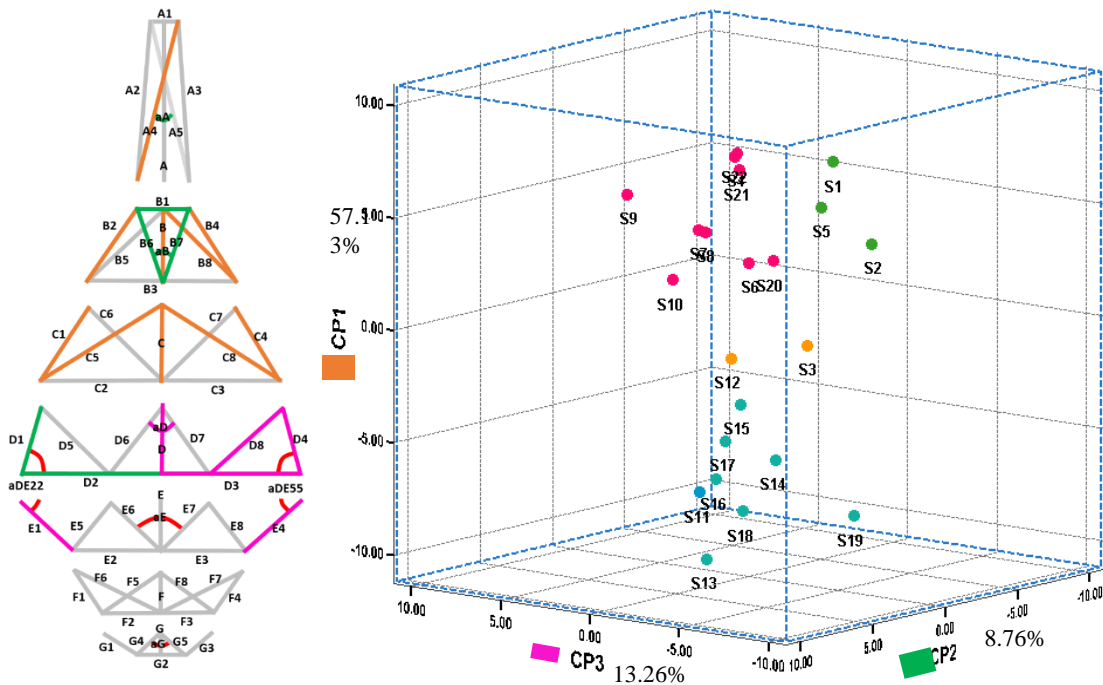


Figura 9. Dispersión de las 22 colectas de *V. planifolia* realizadas en la Huasteca Hidalguense (derecha) y las variables que más afectan los Componentes Principales (izquierda)

El Morfotipo I y II se diferencia del Morfotipo III, IV y V a una distancia de 1.008 debido a que las variables que representan la forma de la región media apical y media basal son las que principalmente presentan la mayor información, para poder diferenciar los dos morfotipos en el dendograma. Posteriormente, el Morfotipo I se separa del Morfotipo II principalmente por los ángulos del labelo (aA, aB, aD, aE y aG); y los Morfotipos III, IV y V, por los ángulos del labelo y la región basal (aA, aB, aD, aE, aG, A2, A3, A4 y A5) (Figura 10).

Comportamiento de las Variables

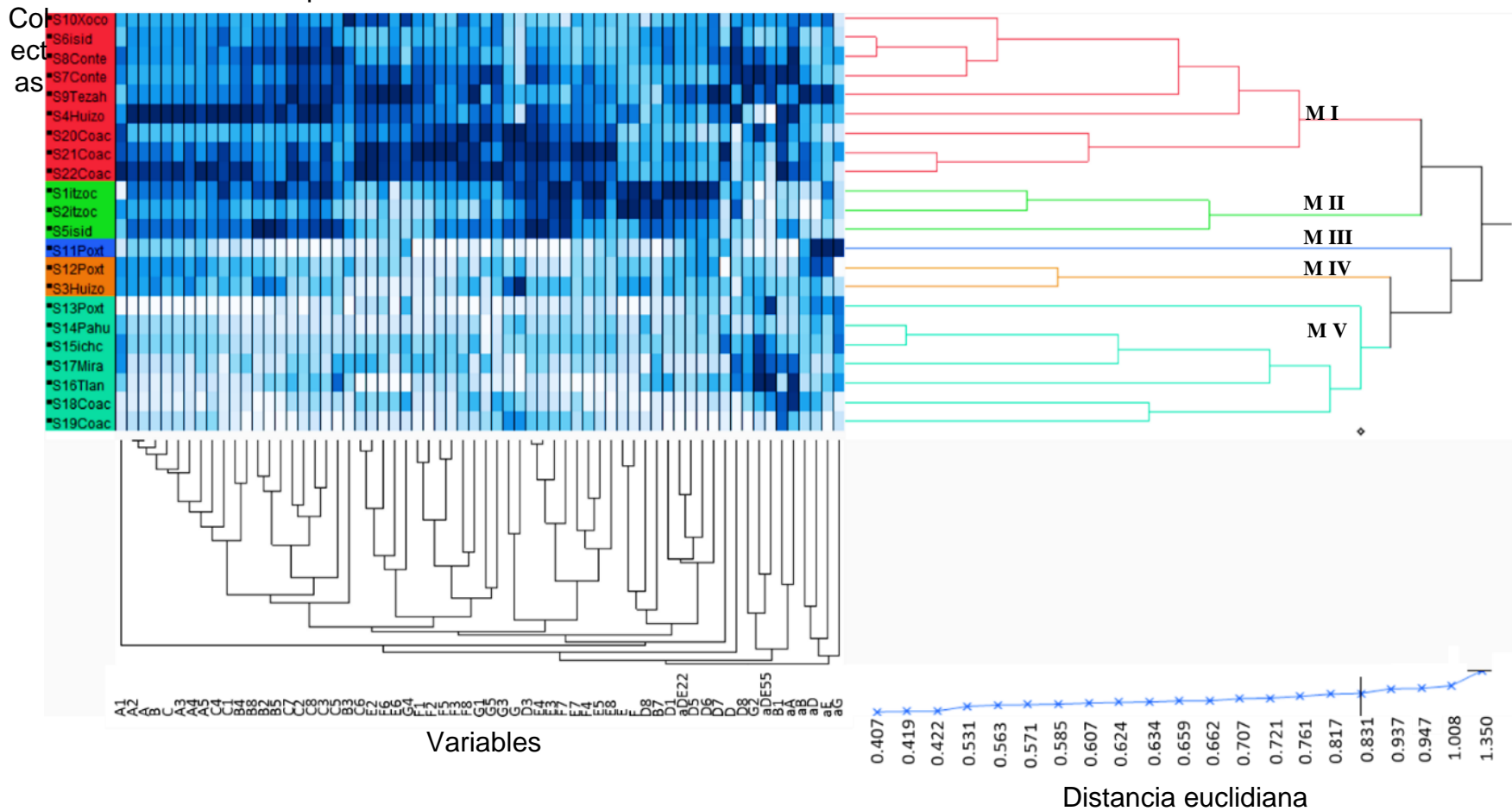


Figura 10. Dendrograma de las 22 colectas de *V. planifolia* en la región de la Huasteca Hidalguense, en base a 64 variables y agrupamiento de similitud. Las diferencias en intensidad del color azul en la figura 10, denotan las diferencias en el comportamiento de las 64 variables analizadas de manera multivariada. La escala muestra los valores de la distancia euclidiana que representan los puntos donde se separan las colectas hasta formar los cinco morfotipos.

Mediante un perfil de expresión morfológica del labelo de *V. planifolia*, se confirmó el comportamiento del valor de cada variable y su efecto en la estructuración de los cinco grupos morfológicos del dendograma de la Figura 10.

V. planifolia Morfotipo I. Representado por nueve colectas, se define por tener un labelo que en la región basal y medio basal es amplio (A1=2.67, B1=2.45, B3=7.10), alargado de la parte derecha (B4=9.81, B8=11.23, C4=9.96, C8=14.93), amplio de la parte izquierda de la región media y media apical (D2=12.77, E2=7.35) y de mayor tamaño en la región de los lóbulos apicales (F1=3.57, F2=5.37, F5=6.01, F6=7.92, F=2.69, G1=3.88, G2=4.07, G3=3.78, G4=3.63, G5=3.34, G=2.53) con respecto a los demás Morfotipos (Figura 11, Anexo 1).

V. planifolia Morfotipo II. Presenta 3 colectas, la característica principal que permite diferenciar a este Morfotipo con respecto de los demás, es que la región basal donde se une el labelo con la base de la columna, es de mayor tamaño (A2=17.16, A3=17.22, A4=17.41), para la región media basal la estructura es más alargada (B5=11.05, B6=9.96, B7=10.03, B=8.56, C1=10, C5=14.81, C7=11.10, C=8.58) de manera similar a la región media (D3=11.52, D5=11.56, D6=9.56, D7=9.51, D8=11.35, D=8.49) y media apical (E3=6.93, E4=6.81, E5=5.30) del labelo (Figura 11, Anexo 1). Estos dos Morfotipos son los que presentan el mayor tamaño del labelo.

V. planifolia Morfotipo III. Con sólo una colecta, presenta el menor tamaño de labelo, principalmente en la región media basal (B1=2.22, B3=6.08, B5=10.01, B8=10.49, C1=9.05, C2=10.34, C3=9.63, C5=12.80, C6=10.58, C7=9.92, C8=13.10), media apical (E2=6.06, E3=4.55, E4=5.74, F2=4.24, F3=3.88, F4=2.38, F5=4.94) y de los lóbulos apicales (G1=2.69, G3=2.96, G5=2.67 (Figura 11, Anexo 1).

V. planifolia Morfotipo IV. Con sólo dos colectas, tiene el tercer tamaño de labelo y está intermedio entre los Morfotipos I y II (de mayor tamaño) y los Morfotipos III y V (de menor tamaño de labelo) (Figura 11, Anexo 1).

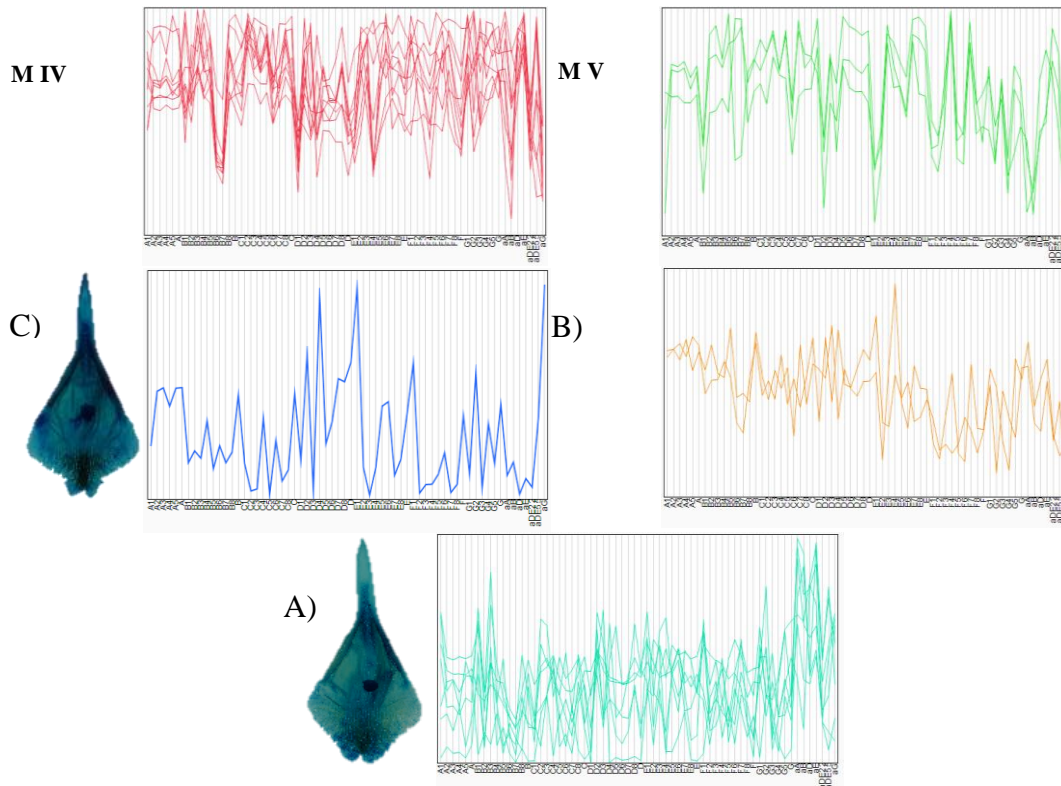


Figura 11. Perfil de expresión morfológica del estandarte de cada Morfotipo, basado en el comportamiento de las variables con respecto a la estructuración del dendograma. El número de trazos depende del número de colectas que se incluye en cada Morfotipo, por lo que los Morfotipos I y V tienen el mayor número de trazos.

V. planifolia Morfotipo V. Representado por siete colectas, tiene un labelo pequeño (sólo superado por el Morfotipo III) en la región basal (A2=16.03, A3=16.18, A4=16.23, A5=16.69, A=16.06) y en la región media (D2=12.07, D4=8.13, D6=8.52, D7=8.59, D8=10.54, D=7.62) (Figura 11, Anexo 1).

Distribución geográfica de los Morfotipos

Se observó que la distribución de los cinco morfotipos no está asociada a factores abióticos. Los cinco morfotipos se distribuyen dentro del mismo régimen de humedad del suelo (Údico de 270 a 330 días de humedad), en una misma cota que va de los 250 a 556 msnm, con precipitaciones totales anuales de 1150-1250mm, y una temperatura promedio de 21-23°C, no existe un patrón climático ya que un mismo morfotipo se distribuye en varios tipos de clima, y el tipo de vegetación en los que se presentan son de Bosque de encino, Selva mediana perennifolia y subperennifolia y Manejo agrícola y forestal (Figura 12) (CONABIO 2012).

En la Figura 12 se puede observar que las poblaciones de los Morfotipo I de mayor tamaño y Morfotipo V de menor tamaño de labelo, son los que tienen la mayor distribución dentro de la región, por lo que pueden ser los labelos más homogéneos; además, de que en su mayoría están dentro de los relictos de Bosque de encinos y de Selva perennifolia y subperennifolia presentes al Noroeste; mientras que los Morfotipos II, III y IV de tamaños intermedios son heterogéneos de distribución restringida y se localizan mayoritariamente en las zonas perturbadas con cafetales. Al respecto, McComirck y Jacquemyn (2014), sugieren que los micro factores como micorrizas, tutores y polinizadores son micro factores que pueden afectar y modificar la distribución espacial de las orquídeas en general. Particularmente Damon *et al.* (2012) señalan que la distribución de las abejas euglosinas en los agroecosistemas y fragmentos forestales del sur de México, se encuentra asociada tanto a los relictos forestales como a las plantaciones de café, donde son incluso más abundantes debido a las condiciones de luminosidad y humedad, situación similar a la que se presenta en la Región de la

Huasteca Hidalguense, donde predominan los cafetales de sombra y terrenos maderables.

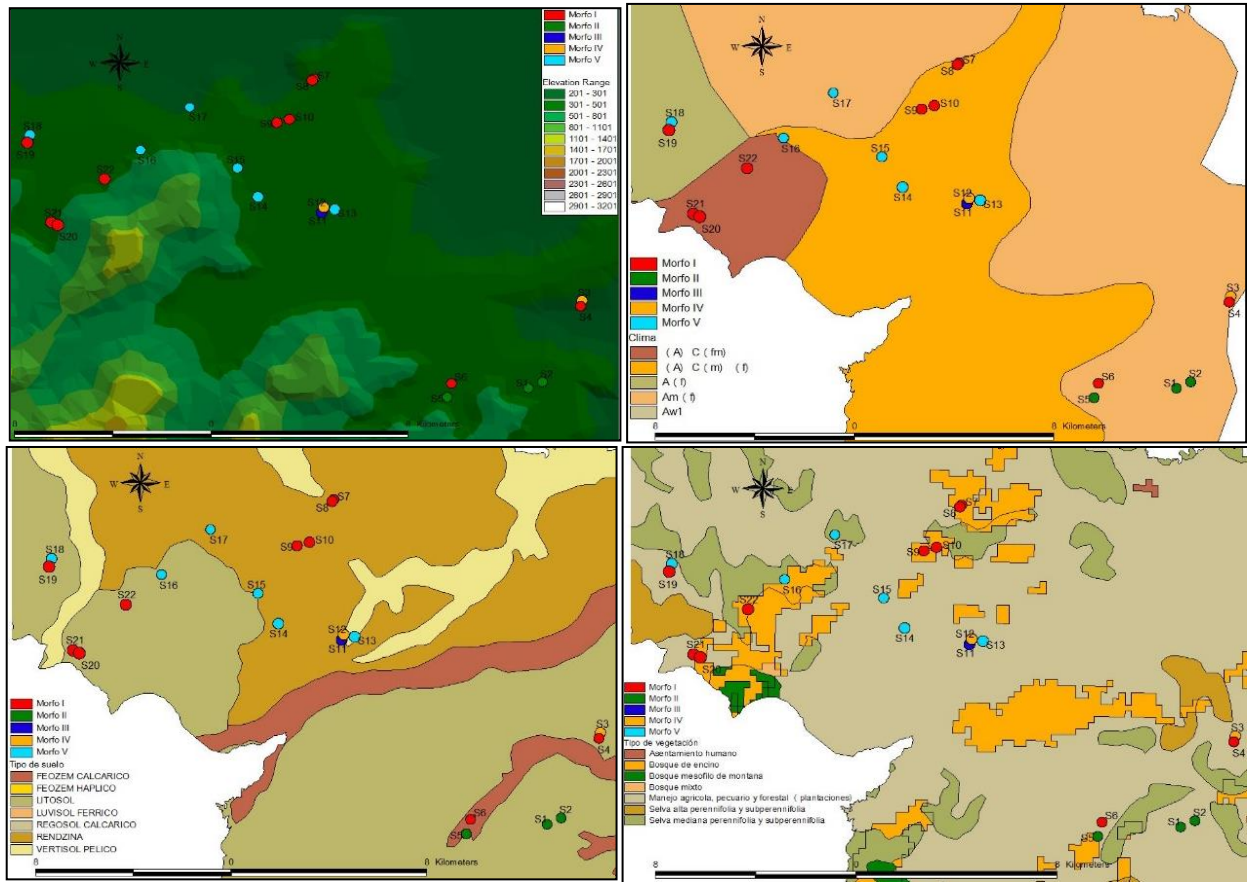


Figura 12. Principales factores ambientales (de izquierda a derecha y de arriba abajo: altitud, clima, tipo de suelo y vegetación) donde se distribuyen los cinco Morfotipos, se aprecia que no existe un patrón de distribución con respecto a estos factores ambientales.

Shipunov y Bateman (2005) señalan que el tamaño del labelo y del espolón de la flor son factores importantes para su reproducción, debido a la selección que tienen las diferentes especies de polinizadores; de manera similar, Benítez-Vieyra *et al.* (2009), obtienen que para la orquídea *Geoblasta pennicillata*, el tamaño y la forma del labelo es

muy importante debido a que atrae a su polinizador mediante engaño al parecerse a las avispas hembras de la especie *Campsomeris bistrimaculata*, por lo que el labelo está en constante presión de selección, muy similar a lo que reporta Gaskett (2012) para las orquídeas del género *Cryptostylis*, donde el labelo de mayor tamaño funciona como estimulante para las avispas polinizadoras.

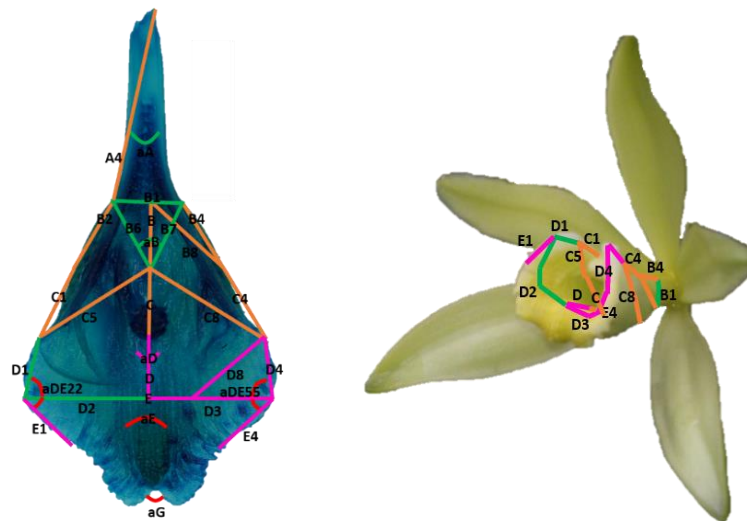


Figura 13. Variables de labelo asociadas a la entrada del polinizador

Las diferencias entre morfotipos de *V. planifolia* se concentraron en la forma de la zona de atracción del labelo, expuesta a selección por parte de los polinizadores (Figura 13). En la región de la Huasteca Hidalguense existe un alto porcentaje de frutos obtenidos por polinización natural, donde se observaron visitas de los géneros *Melipona*, *Euglosa* y *Eulaema*, los cuales están registrados como posibles polinizadores (Lubinsky *et al.* 2006, Bory *et al.* 2008, Lubinsky *et al.* 2008), aunque no fue posible observar la entrada de alguno de ellos en las flores, se sugiere la posibilidad de que la variación morfológica observada esté asociada a procesos de ecología floral.

Los polinizadores juegan un papel importante en la variación de la flor, debido a que son los principales causantes de la evolución floral (Berg 1960, Herrera 2005, Brock y Weining 2007), tienen efectos principalmente en el tamaño, forma y color; además de que al existir diferentes tipos de polinizadores, éstos también pueden variar en tamaño y comportamiento (Herrera *et al.* 2003, Bateman y Rudall 2006, Savriama *et al.* 2012). Por lo tanto, la variación morfológica de las flores, depende del nivel de especialización que tienen con el polinizador (Herrera 1993, Guerrero *et al.* 2010), así que en especies con polinizadores específicos (como en las orquídeas), la variación en el tamaño de la flor es poca debido a que existe una fuerte relación entre polinizador y flor, por lo que se puede mantener estable incluso ante la variación climática (Berg 1959, Berg 1960, Brock y Weinig 2007, Ordano *et al.* 2008, Yan-Bing y Shuan-Quan 2009, Gaskett 2012).

El labelo es un órgano muy importante, no solo para identificar y diferenciar entidades taxonómicas altamente relacionadas (Borba *et al.* 2002), sino para estudiar los procesos y mecanismos que generan variación y adaptación dentro y entre poblaciones de *Vanilla planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

3.4 Conclusiones

Existe variación morfológica en el germoplasma de *V. planifolia* presente en la Huasteca Hidalguense, agrupada en cinco morfotipos.

El tamaño y la forma del labelo no están influenciados por características ambientales.

La variación observada parece presentar mayor relación con factores de interacción planta-polinizador, por lo que es necesario profundizar en el estudio de la morfología asociada a la ecología floral del germoplasma de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

3.5 Literatura citada

- Bateman, RM.; Rudall, PJ (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.
- Benitez-Vieyra, S., Medina, AM.; Cocucci, AA. (2009) Variable selection patterns on the labellum shape of *Geoblasta pennicillata*, a sexually deceptive orchid. *Journal of Evolutionary Biology*, 22:2354-2362.
- Berg, RL. (1959) A general evolutionary principle underlying the origin of developmental homeostasis. *The American Naturalist*. 93:103-105.
- Berg, RL. (1960) The ecological significance of correlation pleiades. *Evolution*, 14:171-180.
- Blinova, I (2012) The intra- and interspecific morphological variation of some European terrestrial orchids along a latitudinal gradient. *Russian Journal of Ecology*, 43(2):111-116.
- Bory, S.; Grisoni, M.; Marie-France, D.; Besse, P (2008) Biodiversity and preservation of *Vanilla*: present state of knowledge. *Genetic of Resources Crop Evolution*, 55:551-571
- Brock, MT.; Weining, C. (2007) Plasticity and environment-specific covariances: and investigation of floral-vegetative and within flower correlations. *Evolution*, 61(12):2913-2924.
- Catling, PM. (1990) *Malaxis salazarii*, a new species from Mexico and northern Mesoamerica, *Orquidea*, 12(1):93-104.
- Ceja-Romero, J.; Mendoza-Ruiz, A.; López-Ferrari, AR.; Espejo-Serna, A.; Pérez-García, B., García-Cruz, J (2010) Las epífitas vasculares del Estado de Hidalgo, México: Diversidad y Distribución. *Acta Botánica Mexicana*, 93:1-39.
- Chiron, GR.; Guinard, G.; Barale, G. (2010) Contribution of morphometry to the taxonomy of *Baptistonia* Barb. Rodr. (Orchidaceae). *Candollea*, 65(1):45-62.
- CONABIO (2012) portal de Geoinformación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
Fecha de consulta: enero 2014.

- Damon, A.; Hernández-Ramírez, F.; Riggi, L. Verspoor, R., Bertolini, V.; Lennartz-Walker, M.; Wiles, A.; Burns, A (2012) Pollination of euglossinophilic epiphytic orchids in agroecosystems and forests fragments in southeast Mexico. *European Journal of Environmental Sciences*, 2(1):5-14.
- Frankham, R.; Ballou, JD.; Briscoe, DA. (2002) Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press. United Kingdom. 617 p.
- Gaskett, AC (2012) Floral shape mimicry and variation in sexually deceptive orchids with a shared pollinator. *Biological Journal of the Linnean Society*, 106:469-481.
- Givnish, TJ (2002) Ecological constraints on the evolution of plasticity in plants. *Evolutionary Ecology*, 16:213-242.
- Hágsater, E.; Soto-Arenas M. Á.; Salazar-Chávez, G. A.; Jiménez-Machorro, R.; López-Rosas-M.A.; Dressler, R. L. (2005) Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, México, DF. 304 p.
- Herrera, J. (2001) The variability of organs differentially involved in pollination, and correlations of traits in Genisteeae (*Leguminosae: Papilionoideae*). *Annals of Botany*, 88:1027-1037.
- Herrera, CM.; Cerdá, X.; García, MB.; Guitán, J.; Medrano, M.; Rey, PJ.; Sánchez-Lafuente, AM (2003) Floral integration, phenotypic covariance structure and pollinator variation in bumblebee-pollinated *Helleborus foetidus*. *Journal of Evolutionary Biology*, 15:108-121.
- Herrera, J. (2005) Flower size variation in *Rosmarinus officinalis*: Individuals, populations and habitats. *Annals of Botany*, 95:431-437.
- Hodgins, KA.; Barrett, SCH. (2008) Geographic variation in floral morphology and style-morph ratios in a sexually polymorphic daffodil, *Amer. J. Bot.* 95:185-195.
- Lubinsky, P.; Van Dam, M.; Van Dam, A (2006) Pollination of *Vanilla* and evolution in Orchidaceae. *Orchids*, 75(12):926-929.
- Lubinsky, P.; Bory, S.; Hernández, J.; Seung, K.; Gómez, A. (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]), *Economy Botany*, 62(2):127-138.
- Martínez, JL (2013) Lucha campesina en la Huasteca Hidalguense. Un estudio regional. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*. 53-54:17-89.

McCormick, MK.; Jacquemyn, H (2014) What constrains the distribution of orchid populations? *New Phytologist*, 202:392-400.

Niet, T.; Zollikofer, CPE.; Ponce de León, M.; Jhonson, SD.; Linder, HP.; Three-dimensional geometric morphometrics for studying floral shape variation. *Trends in Plant Science*, 15(8):423-426.

Ordano, M.; Fornoni, J.; Boege, K.; Domínguez, CA. (2008) The adaptative value of phenotypic floral integration. *New Phytologist*, 179:1183-1192.

Paiaro, V.; Oliva, GE.; Cocucci AA.; Sérsic AN (2012) Geographic patterns and environmental drivers of flower and leaf variation in an endemic legume of Douthern Patagonia. *Plant Ecology & Diversity*, 5:13-25.

Pélabon, C.; Osler, NC., Diekmann, M.; Graae, BJ (2013) Decoupled phenotypic variation between floral and vegetative traits: distinguishing between developmental and environmental correlations. *Annals of Botany*, 111:935-944.

Pigliucci, M. (2005) Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends in Ecology and Evolution*. 20(9):481-486.

Ramírez, N.; Nassar, JM.; Valera, L.; Garay, V.; Briceño, H.; Quijada, M.; Moret, YA.; Montilla, J. (2010) Variación morfométrica floral en *Pachira quinata* (Jacq.) W. Alverson (Bombacaceae). *Acta Botánica. Venezuela*. 33(1):83-102.

Salazar-Rojas, VM.; Herrera-Cabrera, BE.; Soto-Arenas, MA.; Castillo-González, F. (2009) Morphological variation in *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas Orchidaceae in traditional home gardens of Chilapa, Guerrero, México. *Genet Resour Crop Evol*. 57(4): 543-552.

Salazar-Rojas, MV.; Herrera-Cabrera, BE.; Delgado-Alvarado, A.; Soto-Hernández, M.; Castillo-González, F.; Cobos-Peralta, M. (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59:875-887.

Savriama, Y.; Gómez, JM.; Perfectti, F.; Klingenberg, CP (2012) Geometric morphometrics of corolla shape: dissecting components of symmetric and asymmetric variation in *Erysium medihispanicum* (Brassicaceae). *New Phytologist*, 196:945-954.

Shipunov, AB.; Bateman, RM (2005) Geometric morphometrics as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85:1-12.

Sobel, JM.; Streisfeld, MA. (2013) Flower color as a model system for studies of plant evo-devo. *Frontiers in Plant Science*, 4:1-17.

Soto-Arenas, MA (1999) Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ101.pdf>

Soto-Arenas, MA.; Cribb, P. (2010) A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae:Vanillinae). *Lankesteriana*, 9(3):355-398.

Soto-Arenas, MA.; Dressler, RL. (2010) A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier ex Miller with a characterization of their its regions of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana*, 9(3):285-35.

Toro-Ibacache, MV., Manriquez-Soto, G.; Suazo-Galdames, I (2010) Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfometría descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4):977-990.

Villavicencio, MA.; Pérez, BE (2010) Vegetación e inventario de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua de Hidalgo. *Ciencia Universitaria*, 1:23-33.

Yang-Bing, G.; Shuan-Quan, H (2009) Floral symmetry:pollinator-mediated stabilizing selection on flower size in bilateral species. *Proceedings the Royal Society B*, 1-9 p.

3.6 Anexo

Cuadro 7. Promedios de los Morfotipo para cada una de las variables

Colecta	Morfo1	Morfo2	Morfo3	Morfo4	Morfo5
A1	2.68	2.46	2.31	2.66	2.48
A2	17.12	17.17	16.55	17.03	16.04
A3	17.16	17.23	16.72	17.09	16.18
A4	17.41	17.41	16.62	17.29	16.23
A5	17.64	17.60	17.22	17.57	16.70
A	17.11	17.16	16.59	17.04	16.07
b1	2.46	2.30	2.22	2.38	2.38
b2	9.64	9.77	8.94	9.54	8.94
b3	7.11	7.01	6.09	6.65	6.67
b4	9.82	9.79	9.28	9.58	9.20
b5	10.99	11.06	10.01	10.81	10.22
b6	9.00	9.97	8.65	9.05	8.43
b7	8.89	10.04	8.44	9.01	8.28
b8	11.24	11.08	10.49	10.86	10.57
B	8.53	8.57	8.25	8.54	8.00
c1	9.88	10.00	9.05	9.58	9.05
c2	12.41	12.07	10.34	11.42	11.26
c3	11.94	12.07	9.64	10.98	10.76
c4	9.97	9.94	9.21	9.60	9.15
c5	14.77	14.81	12.80	13.97	13.51
c6	11.43	11.10	10.58	10.88	10.65
c7	10.92	11.11	9.93	10.65	10.20
c8	14.93	14.75	13.11	14.04	13.68
C	8.55	8.59	8.26	8.47	8.01
d1	7.69	8.83	7.17	7.86	7.22
d2	12.77	11.23	12.55	12.44	12.07
d3	11.12	11.53	9.12	11.04	10.13
d4	8.47	8.41	9.26	8.46	8.14
d5	11.02	11.57	10.11	10.82	10.29
d6	9.15	9.56	8.68	8.96	8.52

d7	9.16	9.51	9.06	9.01	8.60
d8	11.20	11.36	10.79	10.94	10.54
D	7.97	8.49	8.20	8.11	7.63
e1	7.25	6.55	8.32	7.68	7.18
e2	7.36	6.63	6.07	6.30	6.47
e3	6.62	6.94	4.55	5.71	5.58
e4	6.33	6.81	5.75	6.78	5.94
e5	5.26	5.31	4.85	4.88	4.78
e6	6.64	6.34	6.08	6.05	6.02
e7	6.12	6.54	4.96	5.66	5.42
e8	5.18	5.34	4.45	4.78	4.56
E	4.55	4.74	4.25	4.34	4.13
f1	3.57	3.20	3.42	3.05	3.23
f2	5.38	4.80	4.24	4.50	4.63
f3	5.10	4.91	3.88	4.34	4.43
f4	2.98	3.46	2.38	2.74	2.64
f5	6.01	5.49	4.94	5.12	5.23
f6	7.92	7.16	6.71	6.82	6.97
f7	7.08	7.42	5.08	6.20	6.03
f8	5.77	5.59	4.63	4.99	5.04
F	2.69	2.65	2.53	2.47	2.41
g1	3.88	3.61	2.69	3.42	3.19
g2	4.71	4.20	4.49	4.07	4.30
g3	3.79	3.75	2.96	3.36	3.18
g4	3.64	3.16	3.23	3.13	3.11
g5	3.34	3.14	2.67	2.98	2.88
G	2.54	2.38	2.22	2.34	2.09
aA	24.90	23.16	22.42	24.50	25.21
aB	32.09	29.98	29.98	31.16	33.11
aD	58.30	54.31	46.36	52.44	54.58
aE	88.17	84.65	77.28	83.78	86.17
aDE22	127.81	141.76	112.12	120.28	122.50
aDE55	140.41	139.10	130.68	129.01	134.54
aG	85.75	81.11	105.52	79.48	90.47

CAPÍTULO IV

EL PROCESO DE DOMESTICACIÓN Y CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE *Vanilla planifolia* EN LA HUASTECA HIDALGUENSE, MÉXICO

Resumen

V. planifolia es una especie agrícola de importancia económica y cultural debido al uso que se le da a las vainas, sin embargo, es poco lo que se sabe sobre el conocimiento tradicional y el proceso de domesticación en México, y es nula la información para la región de la Huasteca Hidalguense. El objetivo de este trabajo fue conocer el manejo tradicional, e identificar la etapa en que se encuentra el proceso de domesticación de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense en México. La investigación se desarrolló con la aplicación de una encuesta, mediante la técnica de bola de nieve, que permitiera identificar la etapa de domesticación y el manejo tradicional que realizan los productores de los municipios de Huejutla de Reyes, Atlapexco y Jaltocán, pertenecientes a la región de la Huasteca Hidalguense. Las etapas de domesticación se identificaron mediante la escala propuesta por Vodouhè *et al.* (2011). Los resultados muestran que la edad máxima de las poblaciones de *V. planifolia* es de 70 años, además de que las plantas que se siembran proceden de localidades presentes en la misma región; 86.6% de los productores mantienen sus plantas de vainilla en cafetal y los cuidados que se realizan son principalmente el chapoleo y acumulación de hojarasca (46.7%); la polinización es predominantemente natural (80%) y la mayoría de los productores cosechan y venden las vainas verdes (60%), mientras que el 20% las ocupa para autoconsumo, especialmente en la preparación de aguardiente. Los productores están en las primeras etapas de domesticación, debido a que 46.76% están en la etapa 1 (especies silvestres mantenidas en terrenos de cultivo), 33.3% en la etapa dos (cuidados de las plantas en el terreno), 13.3% está en la etapa 3 (cultivo y multiplicación en traspatios) y 6.7% en la etapa 4 (aplicación de prácticas tradicionales); por lo que no hay una presión de selección fuerte sobre *V. planifolia* y existe la posibilidad de que haya variación genética por selección natural, por lo que se hace primordial continuar con el estudio de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense en México.

Palabras clave: manejo tradicional, técnica bola de nieve, encuestas, cuidados, vainilla.

4.1 Introducción

México es considerado centro de origen de *V. planifolia* J. (Hágsater *et al.*, 2005), el cultivo de esta especie tiene efectos sociales, económicos y ecológicos, debido a la fuerte influencia cultural en las tradiciones y costumbres que se preservan en la actualidad, principalmente en el Totonacapan; además, el sistema de cultivo tradicional realizado en acahuales, permite mantener zonas naturales sin modificar de manera drástica el ambiente (Sánchez-Morales *et al.*, 2001; Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009).

A través del tiempo, los agricultores han desempeñado un papel esencial en la conservación y generación de variación genética de los cultivos, por la utilización del germoplasma por medio de la domesticación. Esta forma de conservación mediante el uso y aprovechamiento de una planta, ha sido la principal forma de conservación de los recursos genéticos de México (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012). El proceso inició en algún momento de la historia, pero no ha terminado y es practicado hoy en día por muchos grupos campesinos, que han establecido una relación estrecha con su entorno natural. Para estas comunidades la integración hombre-planta-medio, ha sido la base de su desarrollo cultural (Herrera-Cabrera *et al.*, 2010).

De esta interrelación se han generado sistemas complejos de conocimiento tradicional, que han configurado gran parte de la diversidad de los recursos genéticos de México, entre ellos *V. planifolia* (Challenger, 1998; Herrera-Cabrera *et al.*, 2012). De manera que en un contexto mesoamericano, podemos decir que la domesticación de las

plantas en los sistemas tradicionales de producción ha funcionado como un modelo de conservación muy particular para numerosos recursos genéticos, durante cientos de años (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012).

La domesticación es un proceso continuo, que implica la selección de plantas con ciertas características deseables (Raya-Pérez *et al.*, 2010), por lo que se generan cambios morfológicos y genéticos en sus poblaciones, muy diferentes de las silvestres, mediante una selección que puede ser consciente e inconsciente (Fuller y Allaby, 2009; Vodohuè *et al.*, 2011). La selección artificial (efectuado por los agricultores) provoca que las poblaciones cultivadas se separen morfológica y genéticamente de sus progenitores silvestres (Díaz *et al.* 2008; Miller y Gross, 2011; Vodouhè y Dansi, 2012), el ser humano aumenta directamente la frecuencia de aquellos fenotipos deseables, por lo que se modifica el genotipo a largo plazo (Bautista-Lozada *et al.*, 2012; Chabi *et al.*, 2013). Bajo domesticación, muchos parámetros fisiológicos y morfológicos en las plantas cultivadas se modifican con el tiempo, esto debido a la diferente influencia que existe entre la selección artificial y la selección natural (Abbo *et al.*, 2012).

En el proceso de selección artificial en la agricultura tradicional, confluyen diversos factores: criterios personales de selección de los productores (que son cambiantes en el tiempo) y la variabilidad ambiental que también influye en la expresión fenotípica (Bautista-Lozada *et al.*, 2012). Los principales efectos de la domesticación en las plantas son, para el caso de plantas de reproducción sexual, la pérdida de dispersión de semillas, modificación de los mecanismos de dormancia en semillas, y pérdida de mecanismos químicos y mecánicos de protección contra herbívoros (Frankel *et al.*,

1995). Para el caso de las plantas clonales, la reducción de la fertilidad y su rápida adaptación a diferentes condiciones ambientales, es lo que facilita la propagación clonal, incluso se llega a perder la capacidad de producción de semillas (Mckey *et al.*, 2010). Desafortunadamente, la selección de sólo algunos individuos de una población, puede provocar que algunos clones se pierdan con el tiempo (Ross-Ibarra, 2003).

Por lo tanto, el proceso de domesticación puede durar desde décadas hasta cientos o miles de años, inicia con un período de pre domesticación donde los cazadores recolectores conocen, identifican y seleccionan las especies que satisfacen sus necesidades, para, posteriormente, reforzar este comportamiento mediante el cultivo (Bellon, 2009; Fuller y Allaby, 2009), con lo que promueven la selección de ciertos individuos que culmina gradualmente en plantas domesticadas (Abbo *et al.*, 2012).

A la par de la domesticación, el humano también modifica el ecosistema para el desarrollo de una o varias especies. Los sistemas de cultivo son modificaciones de los ecosistemas naturales, que permiten la creación de un hábitat de las especies domesticadas (Guglielmini *et al.*, 2007). La tierra y la vegetación son periódicamente modificadas mediante la quema, roza y remoción de tierra, por lo que se crean los agroecosistemas. La agricultura tiende a producir el colapso de las plantas nativas, con el consecuente decrecimiento en el número de especies de un ecosistema natural, como pastizales o bosques, por lo que el humano construye un nicho ecológico artificial que permite el desarrollo de especies de importancia alimenticia, económica o cultural (Smith, 2007).

Durante el proceso de domesticación se genera un conocimiento tradicional que se compone principalmente de tres elementos (Toledo, 1991; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010; Yusuf *et al.*, 2013): Conocimiento histórico acumulado a lo largo de las generaciones, que se incrementa constantemente (se trasmite principalmente de padres a hijos); Conocimiento socialmente compartido, formado cuando se comparte la información generacional en una comunidad (experiencias generadas en grupos no necesariamente familiares); por último, conocimiento personal y particular, que son las experiencias que tiene cada individuo y complementan el conocimiento adquirido de manera grupal o generacional.

El conocimiento tradicional se considera como el cuerpo de conocimiento que evoluciona, interactúa y crea relaciones a lo largo del tiempo entre plantas y humanos (Farooque *et al.*, 2004; Shrestha y Dhillon, 2006; Louis Dos Santos *et al.*, 2009); surge, por lo tanto, de la interacción entre agricultores, ambiente y especies de plantas que utilizan para su beneficio (Laroche y Berkes, 2003; Antons, 2010; Osawaru y Dania-Ogbe, 2010), lo que da origen a los recursos fitogenéticos (que son las plantas con valor actual o potencial alimenticio, agrícola y forestal) (Allem, 2000; Herrera-Cabrera *et al.*, 2010), por lo que es muy importante el reconocer su valor para que a la par de conocer el germoplasma de cierta especie, se puedan establecer sistemas de conservación *in situ* o *circa situ* (Fandohan *et al.*, 2010; Liu y Gu, 2011; Bürgi y Stuber, 2013).

Para el caso de *V. planifolia* es muy poco lo que se sabe del conocimiento tradicional y nulo sobre el proceso de domesticación. Sobre el primero, Baltazar-Nieto (2010)

menciona que el proceso de selección de esquejes de vainilla ha contribuido a la generación de variación aromática en los frutos de vainilla, cultivados en la zona agroecológica alta y media del Totonacapan. En la zona agroecológica alta el proceso de selección se ha dado bajo un contexto tradicional, por ejemplo, un quimiotipo de vainilla con bajo contenido de vainillina, con aroma dulce, suave, perfumado, con notas florales, de características aromáticas silvestres, está relacionado con material no domesticado y comercialmente poco atractivo. Mientras que en la zona media se ha seleccionado otro quimiotipo de vainilla de alto contenido de vainillina, con aroma suave aunque predominante a vainillina, comercialmente atractivo. De esta manera, la selección de características de esqueje en *V. planifolia*, satisface las necesidades socioculturales, aromáticas, ambientales y morfológicas de los productores y usuarios de vainilla de la región Totonacapan, México.

En cuanto al cultivo, existen cinco sistemas de producción de vainilla: acahual, cafetal, bajo sombra de pichoco (*Eritrina sp.*), naranjo (*Citrus sinensis* L.) y malla sombra, cada uno de ellos muestra un nivel de tecnificación y uso de conocimiento tradicional en el manejo del cultivo (López-Méndez y Mata-García, 2007; Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). Los sistemas de acahual y cafetal son de los más importantes biológicamente, por sus implicaciones ecológicas que conllevan, debido a que permiten la utilización de plantas nativas y el mantenimiento de policultivos que preservan la diversidad, por lo que desempeñan la función de reserva forestal (Hágsater *et al.*, 2005; López-Méndez y Mata-García, 2007; Barrera-Rodríguez, 2009).

Por otro lado, los agricultores han seleccionado la vainilla con base en el aroma de los frutos beneficiados; Salazar-Rojas *et al.* (2011) identificaron que se preservan en la región del Totonacapan seis quimiotipos aromáticos diferentes y que se relacionan con el uso que se les da, debido a que el quimiotipo más empleado en la elaboración de productos alimenticios y más cultivado en la región, es el que presenta la mayor concentración de vainillina, lo que implica un proceso de selección-domesticación, que confirman Herrera-Cabrera *et al.* (2012) al mencionar que la conservación de la vainilla se ha dado por parte de los productores en la región del Totonacapan, mediante una conservación *circa situm* en sistemas productivos tradicionales.

Actualmente, dentro de la región de la Huasteca Hidalguense no existe información acerca del cultivo de *V. planifolia*, a pesar de que se localizan poblaciones en la zona. Es importante conocer de qué manera se influye en la domesticación de *V. planifolia*, además de comprender el conocimiento tradicional de la gente, porque ha sido y es un constante generador de sabiduría, que si no se preserva desaparecerá con el tiempo. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron conocer el manejo tradicional de *V. planifolia*, e identificar la etapa en que se encuentra la especie dentro del proceso de domesticación en la región de la Huasteca Hidalguense, México.

4.2 Materiales y Métodos

Área de estudio

La Región de la Huasteca Hidalguense limita al norte con los estados de San Luis Potosí y Veracruz, al este con Veracruz, al sur con Veracruz y el Municipio de Calnali del Estado de Hidalgo, al oeste con el Estado de San Luis Potosí y los municipios de Tlanchinol y Lolotla, del Estado de Hidalgo (Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista, 2013; Martínez, 2013). Está conformada por los municipios: Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica (Villavicencio y Pérez, 2010).

De manera general la Huasteca Hidalguense presenta climas cálidos y semicálidos húmedos, dentro de la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, cubierto principalmente por bosque mesófilo de montaña, la selva alta ha sido desplazada por vegetación secundaria, diversos tipos de cultivos y pastizales inducidos (Ceja-Romero *et al.*, 2010).

Se denomina Huasteca debido a la prevalencia de los grupos indígenas descendientes de la cultura Huasteca, se estima que la población indígena es del 72%, por lo que prevalecen su cultura y tradiciones (Duquesnoy, 2010; Villavicencio y Pérez, 2010; Martínez, 2013).

Especie de estudio

Vanilla planifolia G. Jack es una planta hemiepífita o rupícola que crece en bosques tropicales siempre verdes o casi siempre verdes, de 150 a 900 msnm, en vegetación primaria o secundaria; mide más de 10 metros de altura, con presencia de raíces terrestres pubescentes y raíces aéreas, hojas sub sésiles elíptico-oblongas usualmente

con márgenes paralelos, frutos de 10-30 cm de largo, el cual es utilizado para consumo principalmente (Soto-Arenas y Cribb 2010; Soto-Arenas y Dressler 2010). Crece en vegetación alta perennifolia o subperennifolia, con lluvia en primavera sobre suelos calcáreos. Florece de marzo a abril, y la floración se activa debido a las bajas temperaturas invernales seguidas de temperaturas cálidas en los inicios de la primavera (Soto-Arenas y Dressler 2010).

Etapas de domesticación y análisis descriptivo

La domesticación siempre se ha asociado con el cultivo de plantas en condiciones controladas fuera de las poblaciones silvestres, aunque la gente también ha practicado diferentes formas de manipulación de poblaciones de plantas silvestres (Casas *et al.*, 1999; Oaxaca-Villa *et al.*, 2006). Por lo que se elaboró una entrevista que abarcaba cuatro puntos esenciales: especie (*V. planifolia*), ambiente, cultivo y uso; lo que nos permitió identificar el grado de domesticación de *V. planifolia* de manera similar a Vodouhè *et al.* (2011; 2012), quienes dividen el proceso de domesticación en diferentes etapas: 0. Las especies son completamente silvestres y son colectadas cuando se necesitan. 1. Las especies silvestres son mantenidas en los campos cuando se encuentran durante la preparación de la tierra, se tienen regulares observaciones para entender su reproducción. 2. Los agricultores ponen más atención en el cuidado de las plantas silvestres (desyerbar, herbívoros, abono) para su desarrollo y crecimiento. 3. La biología reproductiva de la planta silvestre es conocida, se multiplica y cultiva en traspatios o cultivos, se realizan experimentos (fecha de siembra, corte y densidad de las plantas) para incrementar la producción. 4. Las especies son cultivadas y

cosechadas mediante prácticas tradicionales. 5. Para incrementar la calidad se seleccionan plantas que satisfacen diferentes necesidades (mayor producción, frutos grandes y resistencia a plagas). 6. Selección de variedades en base a calidad en producción y post cosecha (almacenamiento y consumo), se basa más en la demanda del mercado.

De esta forma se identificaron las etapas del proceso de domesticación de *V. planifolia*, y el manejo tradicional que se tiene en la región de la Huasteca Hidalguense.

La encuesta se realizó mediante la técnica de bola de nieve, la cual permite identificar y comprender las realidades culturales o personales que no se conocen o se mantienen en el anonimato (Sandoval, 1996; López y Deslauriers, 2011); mediante un muestreo no probabilístico, se identifican a los individuos que tienen características necesarias, quienes, a su vez, operan como informantes para identificar a otros que califican en la inclusión (Cohen y Manion, 1990); ya que no existen registros de productores de vainilla en la Huasteca hidalguense, se ubicaron a representantes o líderes de diferentes comunidades, los que, a su vez, nos llevaron con productores que tenían poblaciones de vainilla.

4.3 Resultados

Mediante la técnica bola de nieve, se identificaron a 15 agricultores que conocen y ubican a *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense, lo que fue muy significativo, ya que no existe información, ni se tienen ubicadas poblaciones de *V. planifolia* en Hidalgo.

Únicamente Lubinsky *et al.*, (2008) hacen referencia a tres colectas, pero sin dar más detalles de su ubicación.

Las encuestas se llevaron a cabo en tres municipios y ocho localidades (Cuadro 8), donde el mayor número de productores se localizó en la comunidad de Coacuilco, por lo que es la zona más representativa del lugar.

Cuadro 8. Entrevistas realizadas a 15 productores de la Huasteca Hidalguense

Entrevistados (no.)	Localidad	Mpo.	Edad (productor)	Edad vainilla (años)	Procedencia planta
1	Itzocal	Atlapexco	42	10	Poxtla
2	Itzocal	Atlapexco	77	10	Coacuilco
3	Itzocal	Atlapexco	45	21	Manantiales, Ver.
4	San Isidro	Atlapexco	47	10	San Isidro
5	Huizotlaco	Atlapexco	72	60	Huizotlaco
6	Huizotlaco	Atlapexco	70	60	Huizotlaco
7	Coacuilco	Huejutla	38	21	Coacuilco
8	Coacuilco	Huejutla	60	Siempre	Coacuilco
9	Tlanepantla	Jaltocán	76	Siempre	Tlanepantla
10	Tezohual	Huejutla	64	55	Tezohual
11	Poxtla	Huejutla	61	20	Poxtla
12	Ichcatepec	Huejutla	80	70	Ichcatepec
13	Coacuilco	Huejutla	47	15	Coacuilco
14	Coacuilco	Huejutla	73	50	Coacuilco
15	Coacuilco	Huejutla	57	Siempre	Coacuilco

Con base en la información se puede afirmar que las plantas de vainilla de los 15 productores tienen una antigüedad mínima de más de 10 años, las más antiguas son de 70 y 60 años, mientras que 20% no saben la edad, debido a que son plantas que mantenían los padres y abuelos de los productores entrevistados, es decir desde

siempre han estado con ellos (Cuadro 8), y que los terrenos han pasado de generación en generación, por lo que las poblaciones de plantas podrían tener más de cien años.

La procedencia de las plantas que recién se han sembrado, son de localidades de la misma región de la Huasteca Hidalguense, sólo en un sitio se tiene registrado que sus plantas proceden de Manantiales, Veracruz, que pertenece a la región del Totonacapan. Además, comentan los productores que en los últimos tres años, se han introducido, mediante programas gubernamentales, plantas de Papantla, pero la mayoría no ha sobrevivido el primer año, por lo que prefieren resembrar con plantas de la región.

Esto difiere con lo obtenido por Lubinsky *et al.* (2008) quienes mencionan tres colectas de vainilla en Hidalgo procedentes de Papantla. Sin embargo, mediante las entrevistas se ubicaron poblaciones de *V. planifolia* que han existido en la región desde hace de 70 años o más antigüedad (Cuadro 8).

Manejo tradicional de *V. planifolia*

Entender el conocimiento y manejo tradicional de *V. planifolia* es importante para comprender la manera en que los agricultores de la Huasteca Hidalguense han preservado y seleccionado la vainilla, por lo que, con base en la encuesta realizada, se obtuvo que 86.6% mantiene sus plantas predominantemente en cafetal, y pueden aprovechar el café para venta; en contraste, el 13.4% maneja la vainilla completamente en acahual, debido a que emplean los terrenos como recursos maderables (Cuadro 9).

Cuadro 9. Principales factores de los cuidados y usos que se le da a *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense

Encuesta (no)	Edad vainilla (años)	Terreno	Cuidados	Tutores empleados	Polinización	Uso de la vainilla	Producción (kg)	Etapas de domesticación*
1	10	Cafetal	Chapoleo y hojarasca	Pemúchil, piñón, palo de sol	Natural y artificial	Venta vaina y Autoconsumo	9	3
2	10	Cafetal	Chapoleo y hojarasca	Huazima, cojón de gato, quebrache, naranja, chalahuite, aguacate	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	2	2
3	21	Cafetal y acahual	No	Palos grandes	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	10	1
4	10	Cafetal	Chapoleo y sombra	Chaca, café, cojón de gato, huazima, palo blanco, anonilla, papalote	Natural	Autoconsumo	2	2
5	60	Acahual	Chapoleo y hojarasca	Cojón de gato, naranja, pemúchil, flor de mayo	Natural	Autoconsumo	5	2
6	60	Acahual	No	Jalamate, Huazima, cojón de gato, chijol, ojite	Natural	Venta planta	3	1
7	21	Cafetal	Chapoleo y hojarasca	Chalahuite, pioches, cojón de gato, pemúchil, naranja, artajuda	Natural y artificial	Venta vaina y Autoconsumo	15	4
8	Desde siempre	Cafetal	Chapoleo	Chalahuite, cojón de gato, cuchelente, madero zapote	Natural	Autoconsumo	8	1
9	Desde siempre	Cafetal	Chapoleo	Chalahuite, café,	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	10	1
10	55	Cafetal	Chapoleo	Chalahuite, palo de sol, cojón de gato	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	8.5	1
11	20	Cafetal	Chapoleo y hojarasca	Pioche, chalahuite, cojón de gato, temúchil	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	22	2
12	70	Cafetal	Chapoleo y hojarasca	Chalahuite, cojón de gato	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	8	2
13	15	Cafetal y acahual	Chapoleo	Chalahuite, cojón de gato, palo de sol, cuchelente	Natural y artificial	Venta vaina	23	3
14	50	Cafetal	Chapoleo	Cuchelente, chalahuite, cojón de gato	Natural	Venta vaina	8	1
15	Desde siempre	Cafetal	Chapoleo	Café, chaca, cuchelente, cojón de gato	Natural	Venta vaina y Autoconsumo	15	1

*1. Especies silvestres en terrenos de cultivo; 2. Cuidados de limpieza y agregación de abonos; 3. Cultivo en traspatios y conocimiento de la biología reproductiva; 4. Cultivo y cosecha mediante prácticas tradicionales (beneficiado de la vainilla).

El 80% de la polinización es natural, debido a que no saben de qué forma ellos pueden realizar la polinización, por lo que, las vainas que obtienen se debe a la actividad de los polinizadores que existen en la zona y sólo el 20% de los productores practican la polinización manual (Figura 14) (Cuadro 9), por lo que este reducido grupo tiene un mayor conocimiento de la biología reproductiva de la planta, debido a que la polinización de *V. planifolia* es complicada, ya que los polinios están cubiertos por la antera, por lo que se deben de sacar cuidadosamente para después introducirlos en la cavidad estigmática (Hágsater *et al.*, 2005).



Figura 14. Polinización manual de *V. planifolia* realizada por un productor de la Huasteca Hidalguense.

La producción es muy variable, en promedio se producen 9.4 kilos de vainas verdes por agricultor, mediante polinización natural se obtienen 6.6 kilos y con polinización artificial 15.6 kilos; esto significa que si los productores realizan la polinización manual, se puede conseguir mayor cantidad de vainas (Figura 15).

En cuanto a la agregación de valor, sólo un productor realiza el proceso de beneficiado en las vainas de *V. planifolia*, para poder venderlas a un precio más elevado (Cuadro 9), si se considera que se venden las vainas en verde a un precio de \$40.00, al beneficiar 5 kilos se obtiene un kilo de vainas beneficiadas con un valor de \$1000.00, por lo que la relación costo beneficio es mayor.



Figura 15. Producción de vainas. A) Obtención de frutos mediante polinización manual B) Frutos que se obtuvieron mediante polinización natural. Se puede apreciar que hay un mayor número de frutos polinizados de manera artificial, y un número variable cuando es por polinización natural.

Proceso de domesticación

Los cuidados y el uso que se le da a las plantas de vainilla nos permiten inferir sobre el grado de conocimiento y domesticación que existe de la planta *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

Actualmente no existen estudios que aborden la domesticación de *V. planifolia*, por lo que, para realizar la identificación de las etapas de domesticación, se utilizó lo propuesto por Vodohuè *et al.* (2011), para lo cual se modificó y se enfocó principalmente en el cuidado y conocimiento que tienen los productores de la región de la Huasteca Hidalguense (Cuadro 9).

Las etapas de domesticación propuestas para *V. planifolia* son las siguientes:

1. Las especies silvestres de *V. planifolia* son mantenidas en los terrenos de cultivo o acahual cuando se emplea para otras plantas (chapoleo). En esta etapa está el 46.76% de los agricultores.
2. Los agricultores ponen más atención a *V. planifolia* mediante cuidados como la limpieza de terreno (chapoleo), incorporación de abonos (acumulación de hojarasca en la planta de vainilla) y sombreado con ramas; 33.3% de los agricultores están en esta etapa.
3. Se multiplica y cultiva en traspatios, la biología reproductiva de la planta silvestre es conocida (polinización), lo que incrementa la producción; 13.3% de los agricultores se registraron.
4. Las especies son cultivadas y cosechadas mediante prácticas tradicionales (beneficiado). El 6.7% beneficia las vainas de *V. planifolia*.

La etapa 0, 5 y 6 que mencionan en su estudio Vodohuè *et al.* (2011; 2012) se omitieron, debido a que no se colectan vainillas en terrenos de monte y las etapas 5 y 6 porque no hay una selección fuerte en cuanto a calidad de los frutos, aroma y demanda de mercado que satisfaga las necesidades de los compradores.

El proceso de domesticación de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense se encuentra en las primeras etapas, ya que el 80% se localiza en la primera y segunda, ya están en un proceso de experimentación y conocimiento de la forma en que se cultiva la planta, a diferencia de lo que ocurre con los productores de la región del Totonacapan en donde hay una fuerte presión de selección sobre las plantas, basado principalmente en el aroma (Salazar *et al.*, 2011; Herrera-Cabrera *et al.*, 2012).

Debido a que en la región de la Huasteca Hidalguense aún es poca la presión de selección de *V. planifolia*, existe la posibilidad de que se conserve una mayor diversidad genética, lo que hace primordial continuar el estudio del germoplasma.

4.4 Conclusiones

En la Huasteca Hidalguense la edad de las poblaciones de *V. planifolia* es de más de 10 años, y las más antiguas son de 60 a 70 años, además un 20% no conoce la edad real debido a que fueron heredadas por sus padres y abuelos. La mayoría de las poblaciones de *V. planifolia* se localizan en cafetales (86.7%) bajo sombra de cuatro tipo de árboles principalmente (chalahuite, cojón de gato, pemúchil y café). Los cuidados que se realizan principalmente son el chapoleo y el abonado mediante acumulación de hojarasca (46.7%) sobre la planta de vainilla. En la época de floración 80% de la polinización se da de manera natural y tan sólo 20% realiza polinización artificial; por último, la mayoría de los productores vende las vainas verdes (73.3%) y un 20% las ocupa para autoconsumo.

En las etapas de domesticación debido a que no hay información sobre *V. planifolia*, se proponen cuatro etapas para la región de la Huasteca Hidalguense; la mayoría de las poblaciones de la región están en etapas tempranas de domesticación:

El 46.7% está en la etapa 1 donde se mantienen a los individuos silvestres en acahual, para la etapa 2 el 33.3% de los agricultores realiza actividades de limpieza del terreno y abonado, en la etapa 3 el 13.3% conoce la forma de reproducción de la planta y, para la etapa 4, el 6.7% tiene conocimiento sobre el beneficiado del fruto de *V. planifolia*.

En la actualidad existe una baja presión de selección por parte de los productores, ya que la mayoría está en el proceso de experimentación y generación de conocimiento sobre el manejo y cuidado de *V. planifolia*, a diferencia de la región del Totonacapan donde hay mayor presión de selección y están en las etapas 5 y 6 de domesticación.

4.5 Literatura citada

Abbo S, Lev-Yadun S, Gopher A. (2012) Plant domestication and crop evolution in the Near East: on events and processes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31:241-257.

Allem AC. (2000) Ethnobotanical testimony on the ancestors of cassava (*Manihot esculenta* Crantz. Subsp *esculenta*). *Plant Genetic Resources Newsletter*, 123:19-22.

Antons C. (2010) Sui generis protection for plant varieties and traditional knowledge in biodiversity and agricultura: the international framework and national approaches in the Philippines and India. *Indian Journal of Law and Technology*, 6:89-139.

Baltazar-Nieto P. (2010) Caracteres morfológicos de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) utilizados por el agricultor en la selección de material reproductivo en cuatro municipios del Totonacapan, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. 145 p.

Barrera-Rodríguez A, Herrera-Cabrera BE, Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido JS, Bustamante-González A. (2009) Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2):199-212.

Bautista-Lozada A, Parra-Rondiel F, Espinosa-García J. (2012) Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitquímica. En: Rojas JC, Malo EA. Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. El Colegio de la Frontera Sur. México. 446 p.

Bellon MR (2009) Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, Capital natural de México, II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, 355-382 p.

Bürgi M, Stuber M. (2013) What, how and why? Collecting traditional knowledge on forest uses in Switzerland. *Cultural Severance and the Environment*, 2:123.132.

Casas A, Caballero J, Valiente-Banuet A, Soriano JA, Dávila P. (1999) Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central Mexico. *American Journal of Botany*, 86(4):522-533.

Ceja-Romero J, Mendoza-Ruiz A, López-Ferrari AR, Espejo-Serna A, Pérez-García B, García-Cruz J. (2010) Las epífitas vasculares del Estado de Hidalgo, México: Diversidad y Distribución. *Acta Botánica Mexicana*, 93:1-39.

Chabi SK, Adoukonou-Sagbadja H, Ahoton LE, Adebo I, Adigoun FA, Saidou A, Kotchoni SO, Ahanchede A, Baba-Moussa L. (2013) Indigenous knowledge and traditional management of cashew (*Anacardium occidentale* L) genetic resources in Benin. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 1(5):375-382.

Challenger A. (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento de la

Biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, SC. México. 847 p.

Cohen L, Manion L. (1990) *Métodos de Investigación Educativa*, La Muralla, Madrid. 504 p.

Díaz-Bautista M, Herrera-Cabrera BE, Ramírez-Juárez J, Aliphath-Fernández M, y Delgado-Alvarado A. (2008) Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la Sierra Norte de Puebla México. *Interciencia*. 33(8): 610-615.

Duquesnoy M. (2010) La Huasteca hidalguense, migración y retos locales en una región de fuerte concentración indígena. *Revista Líder*, 12(16):85-103.

Fandohan B, Assogbadjo AE, Kakai RG, Kyndt T, De Caluwé E, Codjia JTC, Sinsin B. (2009) Women's traditional knowledge, use value, and the contribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households cash income in Benin. *Economic Botany*, 64(3):248-259.

Farooquee NA, Majila BS, Kala CP. (2004) Indigenous Knowledge systems and sustainable management of natural resources in high altitude society in Kumaun Himalaya, India. *Journal of Human Ecology*, 16(1):33-42.

Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ (1995) *The conservation of plant biodiversity*. Cambridge University Press, Cambridge. 299 p.

Fuller DQ, Allabay R (2009) Seed dispersal and crop domestication shattering, germination and seasonality in evolution under cultivation. *Annual Plant Reviews*, 38: 238-295.

Guglielmini AC, Ghersa Cm, Satorre EH. (2007) Co-evolution of domesticated crops and associated weeds. *Ecología Austral*, 17:167-178.

Hágsater E, Soto-Arenas MÁ, Salazar-Chávez GA, Jiménez-Machorro R, López-Rosas MA, Dressler RL. (2005) *Las orquídeas de México*. Instituto Chinoín, México, DF. 304 p.

Hernández-Salinas U, Ramírez-Bautista A. (2013) Distribución de la herpetofauna en cuatro tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. En: Pulido-Flores G, Monks S. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. Vol. II. Lincoln, NE:Zea Books. 144 p.

Herrera-Cabrera BE, Miranda-Trejo J, Delgado-Alvarado A. (2010) Conocimiento tradicional, predictores climáticos y diversidad genética. Lambert Academic Publishing, Germany. 54 p.

Herrera-Cabrera BE, Salazar-Rojas VM, Delgado-Alvarado A, Campos-Contreras JE, Cervantes-Vargas J. (2012) Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region. México. *European Journal of Environmental Sciences*, 2(1):37-44.

LaRochelle S, Berkes F. (2003) Traditional Ecological Knowledge and practice for edible wild plants: biodiversity use by the Rarámuri in the Sierra Tarahumara, México. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 10:361-375.

Liu C, Gu M. (2011) Protecting traditional knowledge of Chinese medicine: concepts and proposals. *Frontiers of Medicine*, 5(2):212-218.

López-Méndez S, Mata-García B. (2007). Consideraciones socio-culturales y técnicas para la recuperación del cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En Mata-García B, López-Méndez S, González-Santiago MV, Almaguer-Vargas G, Espinosa-Espinosa R, Badillo-Ortiz KV, Fajardo-Franco ML. (2012) Agricultura con sabor a cítrico y aroma de vainilla en la región del Totonacapan. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 288 p.

López RE, Deslauriers JP. (2011) La entrevista cualitativa como técnica para la investigación en Trabajo Social. *Margen*, 61:1-19.

Louise Dos Santos K, Peroni N, Guries RP, Nodari RO. (2009) Traditional knowledge and management of *Feijoa (Acca sellowiana)* in southern Brazil. *Economic Botany*, 63(2):204-214.

- Lubinsky P, Séverine B, Hernández-Hernández J, Seung-Chul K, Gómez-Pompa A. (2008) Origins and dispersal of cultivated *Vanilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]), *Economic Botany*, 62(2):127-138.
- Martínez JL. (2013) Lucha campesina en la Huasteca Hidalguense. Un estudio regional. *Revista Estudios Agrarios*, 53-54:17-89.
- McKey D, Elias M, Benoît P, Duputié A. (2010) The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants. *New Phytologist*, 186(2):318-332.
- Miller AJ, Gross BL. (2011) From forest to field: Perennial fruit crop domestication. *American Journal of Botany*, 98(9):1389-1414.
- Oaxaca-Villa B, Casas A, Valiente-Banuet A. (2006) Reproductive biology in wild and silvicultural managed populations of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53:277-287.
- Osawaru ME, Dania-Ogbe FM. (2010) Ethnobotanical studies of West African okra [*Abelmoschus caille* (A. Chev) Stevels] from some tribes of south western Nigeria. *Science World Journal*, 5(1):36-41.
- Raya-Pérez JC, Aguirre-Mancilla CL, Gil-Vega K, Simpson J (2010) La domesticación de plantas en México: Comparación de la forma cultivada y silvestre de *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae). *Polibotánica*, 30:239-256.
- Reyes-López D, Rodríguez-Morales B, Kelso-Bucio HA, Huerta-Lara M, Ibáñez-Martínez A. (2008) Beneficiado tradicional de Vainilla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, Puebla. 69 p.
- Ross-Ibarra J. (2003) Origen y domesticación de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill I. M. Johnst): La espinaca Maya. *Estudios Mexicanos*, 19(2):287-302.
- Salazar-Rojas MV, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Soto-Hernández M, Castillo-González F, Cobos-Peralta M. (2011) Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59:875-887.

- Sánchez-Morales S, Becerril-Román AE, Tijerina-Chávez L, Santizo-Rincón JA. (2001) Crecimiento y desarrollo de vainilla en tres sistemas de producción de Papantla, Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1):49-56.
- Sandoval C. (1996) Investigación cualitativa. Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior, Bogotá. 311 p.
- Shrestha PM, Dhillon SS. (2006) Diversity and traditional knowledge concerning wild food species in a locally managed forest in Nepal. *Agroforestry Systems*, 66:55-63.
- Smith BD. (2007) Niche construction and the behavioral context of plant and animal domestication. *Evolutionary Anthropology*, 16:188-199.
- Soto-Arenas MA, Cribb P. (2010) A new infrageneric classification and synopsis of the genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae:Vanillinae). *Lankesteriana*, 9(3):355-398.
- Soto-Arenas MA, Dressler RL. (2010) A revisión of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier ex Miller with a characterization of their its regions of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana*, 9(3):285-354.
- Toledo V. M. 1991. El juego de la supervivencia. CLADES. Centro de Ecología. Universidad Autónoma de México. Berkeley California. 66 p.
- Villavicencio MA, Pérez BE. (2010) Vegetación e inventario de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua de Hidalgo. *Ciencia Universitaria*, 1:23-33.
- Vodouhè R, Dansi A, Avohou HT, Kpeki B, Azihou F. (2011) Plant domestication and its contributions to in situ conservation of genetic resources in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3(2):40-56.
- Vodouhè R, 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. *Scientific World Journal*, doi:10.1100/2012/176939.
- Yusuf M, Teklehamanot Z, Rayment M. (2013) Traditional knowledge and practices on utilisation and marketing of Yeheb (*Cordeauxia edulis*) in Ethiopia. *Agroforestry Systems*, 87:599-609.

CONCLUSIONES GENERALES

La construcción de un recurso genético se da por la interacción de tres factores importantes: el ambiente, la especie y el efecto del manejo humano, lo que permite obtener individuos con características propias e incentivar la conservación *in situ*. Por lo tanto, para comprender el recurso genético de *Vanilla planifolia*, es importante conocer los tres factores: los factores ambientales y la distribución actual en el Estado de Hidalgo, el germoplasma existente analizado mediante la caracterización de la morfometría del labelo de la flor y, por último, el manejo tradicional y la etapa de domesticación en la que se encuentra *V. planifolia* basado en el conocimiento de los agricultores de la Huasteca Hidalguense.

En la actualidad, se registraron por primera vez 22 poblaciones de *V. planifolia* en el Estado de Hidalgo, y la distribución que presentan está limitada a tres condiciones ambientales principalmente: precipitación del mes más seco, altitud (en un rango de 273-545 metros sobre el nivel del mar) y cobertura vegetal (Uso agrícola y bosques de latifoliadas y perennifolio tropical y subtropical). En base a estos factores, se obtiene la distribución potencial, la cual refleja las zonas donde hay mayor probabilidad de encontrar poblaciones de *V. planifolia*, además de que reflejan los sitios más adecuados para su crecimiento y cultivo.

En cuanto a la variación del germoplasma presente en la región, mediante la caracterización de *V. planifolia*, se obtuvieron cinco morfotipos que varían en cuanto el tamaño y la forma, principalmente de la región media del labelo, por lo que el

Morfotipo I es de mayor tamaño y más amplitud en la región media con respecto a los demás morfotipos, mientras que el Morfotipo V es el de menor tamaño y amplitud de los cinco morfotipos registrados, además, estos dos morfotipos presentan la mayor distribución y número de poblaciones presentes en la región de la Huasteca. La forma y el tamaño del labelo no está influenciado por factores ambientales, debido a que no hay un patrón de distribución que permita llegar a esta conclusión; sin embargo, considerando los tres primeros Componentes Principales, las variables que permiten identificar a los morfotipos se localizan en la región media, principalmente la zona de entrada de los polinizadores donde realizan la polinización, lo que significa que los polinizadores son parte esencial en la conservación y preservación del germoplasma de *V. planifolia* en la Huasteca Hidalguense

V. planifolia está en las primeras etapas de domesticación, la mayoría en la primera etapa donde se mantiene a los individuos silvestres en acahual, mientras que sólo un productor se considera en la etapa 4, ya que tiene un conocimiento sobre el manejo y cuidado, además de que le da valor agregado a su vainilla mediante el beneficiado de las mismas. Esto significa que en la actualidad no existe una presión fuerte sobre el germoplasma de *V. planifolia*, únicamente se realizan algunos cuidados como el chapoleo o la acumulación de hojarasca sobre las plantas de vainilla y se preservan las plantas bajo cafetal (la mayoría) o en acahual, pero no se seleccionan vainas o plantas en base a su vigor o calidad, a pesar de que la edad de las plantas de algunas poblaciones sea mayor a 60 años.

La baja presión del hombre sobre *V. planifolia* se ve reflejada en la aparición de cinco morfotipos diferentes, debido a que al no existir una presión fuerte, la variación del

germoplasma aún es elevada si se considera que la reproducción de esta especie es mediante esquejes.

Con base en el análisis de estos tres factores, se puede conocer la forma en que se ha construido y preservado el recurso genético *V. planifolia*, lo que permite a largo plazo generar estrategias de conservación y aprovechamiento, ya que se tienen ubicados los sitios más adecuados para su cultivo en base a los factores ambientales y la distribución potencial, el germoplasma que actualmente existe y la forma en que el hombre lo preserva.